AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENMEDE BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR EĞİTİM CÜZDANI UYGULAMASININ GELİŞTİRİLMESİ

Doktora Tezi

Hakan Yıldırım

Eskişehir 2023

AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENMEDE BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR EĞİTİM CÜZDANI UYGULAMASININ GELİŞTİRİLMESİ

Hakan Yıldırım

DOKTORA TEZİ

Uzaktan Eğitim Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gülsün Kurubacak

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Temmuz 2023

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından kabul edilen 1059B141900042 no.lu 2214/A Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı (2019/1) kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca, TÜBİTAK 1512 Girişimcilik Destek Programı (BİGG) (2020/1) kapsamında 2210250 no.lu proje ile desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hakan Yıldırım'ın "Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisi ile Sürdürülebilir Bir Eğitim Cüzdanı Uygulamasının Geliştirilmesi" başlıklı tezi 12/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"'nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Eğitim Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Gülsün Kurubacak	
Üye	: Prof. Dr. Serhat Çakır	
Üye	: Doç. Dr. Tarkan Gürbüz	
Üye	: Doç. Dr. M. Recep Okur	
Üye	: Doç. Dr. Buket Kip Kayabaş	

Prof. Dr. Saime Önce
Enstitü Müdürü

ÖZET

AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENMEDE BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR BİR EĞİTİM CÜZDANI UYGULAMASININ GELİŞTİRİLMESİ

Blokzincir teknolojisinin ortaya çıkışıyla birlikte Web3 olarak adlandırılan ve İnternetin merkezi olmayan şekilde çalışmasını, kullanıcısının kendi verisine sahipliğini ve yönetimini kontrol altına almasını amaçlayan konsept, eğitim teknolojilerinin de içinde bulunduğu birçok alanı etkilemiştir. Bu çalışma açık ve uzaktan öğrenmede blokzincir teknolojisinin kullanımına yönelik bir model oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, ilgili alanyazın incelemesinin ardından blokzincir ve uzaktan eğitim uzmanlarının görüşlerinden yola çıkarak, "Eğitim Cüzdanı" adı verilen e-öğrenme standartları sayesinde sürdürülebilir ve bu standartlar ile uyumlu, öğrenme yönetim sistemlerine entegre edilebilen bir uygulama geliştirilerek, blokzincir test ağları üzerinde kavram kanıtına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın kuramsal temelini açık ve uzaktan öğrenme ortamlarının boyutları ve sosyoteknik sistem kuramı oluşturmuştur.

Araştırma süreci kuramsal, geliştirme ve uygulama olmak üzere üç aşamadan meydana gelmektedir. Kuramsal aşamada açık ve uzaktan öğrenmede blokzincir teknolojisinin araştırma öncelikleri ve ihtiyaçlarının belirlenmesi, küreyerel (küresel ve yerel) bağlamda gelişmelerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, TÜBİTAK 2214/A doktora sırası araştırma bursu ile Purdue Üniversitesi'nde araştırmalar yürütülmüştür. Geliştirme ve uygulama aşamalarında ise TÜBİTAK 1512 desteği uygulama geliştirilmiş ve son kullanıcıların görüşleri ile uygulama değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonunda araştırmada elde edilen bulgular, bu bulgular ile ulaşılan sonuçlara yer verilmiş ve sonuçlara ilişkin blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanan ya da kullanabilecek paydaşlara önerilerde bulunulmuştur. Araştırma sonuncunda elde edilen bulguların ve sonuçların hem blokzincir teknolojisi hem de açık ve uzaktan öğrenme alanındaki araştırmacılara ve paydaşlara ileride yürütülecek çalışmalar için yol gösterici nitelikte olduğu düşünülmektedir. Blokzincir tabanlı sistemler eğitim kurumlarının dijital dönüşüm süreçlerine katkıda bulunabilir.

Anahtar Sözcükler: Blokzincir teknolojisi, Yaşam boyu öğrenme, Açık ve uzaktan öğrenme, Doğrulanabilir kimlikler, Kendine egemen kimlikler, Önceki öğrenmelerin tanınması, Mikro yeterlilikler

ABSTRACT

DEVELOPING A SUSTAINABLE LEARNING CREDENTIAL WALLET APPLICATION WITH BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN OPEN AND DISTANCE LEARNING

With the emergence of blockchain technology, the concept called Web3, which aims to decentralize the Internet and control the ownership and management of the user's data, has affected many areas, including educational technologies. This study aims to create a model for the use of blockchain technology in open and distance learning. Within the scope of this study, an extensive literature review is conducted and an application called "Learning Credential Wallet", which is sustainable and compatible with e-learning standards and can be integrated into learning management systems, has been developed based on the opinions of blockchain and distance education experts. Moreover, a proof-of-concept study has been carried out on blockchain test networks. The theoretical framework of the study is based on the dimensions of open and distance learning environments and socio-technical system theory.

The research process consists of three stages: theoretical, development, and implementation. In the theoretical stage, it was aimed to determine the research priorities and needs of blockchain technology in open and distance learning and to examine the developments in the glocal (global and local) context. A part of this study was conducted at Purdue University with a TUBITAK 2214/A doctoral fellowship. In the development and implementation stages, an application was developed with TUBITAK 1512 support, and the application was evaluated with the opinions of the end users.

In the last part of the study, the findings obtained in the research and the results obtained in line with these findings are given and suggestions are made to the stakeholders who may use blockchain technology in education. It is believed that the outcomes of this study will guide researchers and stakeholders in the field of both blockchain technology and open and distance learning for future studies. Blockchain-based systems can also contribute to the digital transformation processes of educational institutions.

Keywords: Blockchain technology, Lifelong learning, Open and distance learning, Verifiable credentials, Self-sovereign identity, Recognition of prior learning, Micro-credentials

ÖNSÖZ

Açık ve uzaktan öğrenme alanında blokzincir teknolojisinin kullanım senaryolarını araştıran bu doktora tezi kapsamında, Eğitim Cüzdanı adı verilen blokzincir ağlarına bağlanabilen bir web tabanlı uygulama geliştirilmiştir.

Tez çalışmalarım sırasında bana sürekli rehberlik ve destek sağlayan değerli danışmanım Prof. Dr. Gülsün Kurubacak'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Paylaştığı bilgi birikimi, deneyimleri ve özenli yönlendirmeleri sayesinde bu çalışma boyunca büyük bir ilerleme kaydettim. Beni motive edip cesaretlendiren, yenilikçi fikirlerimi geliştirmemde yardımcı olan ve her adımda beni yönlendiren değerli hocama desteği için minnettarım.

Çalışmanın en başından beri kıymetli bilgilerini esirgemeyen tez izleme komitesi üyeleri Doç. Dr. Tarkan Gürbüz'e ve Doç. Dr. Recep Okur'a çok teşekkür ederim. Ders döneminde birçok bilgiyi paylaşan ve lisansüstü eğitim hayatımda bana katkılar sağlayan tüm uzaktan eğitim bölüm öğretim elemanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım kapsamında TÜBİTAK 2214-A kapsamında ziyaretçi araştırmacı olarak katıldığım Purdue Üniversitesi'ndeki danışmanım Doç. Dr. Muhsin Menekşe'ye ve laboratuvarındaki çalışma arkadaşlarım Zeynep Gonca Akdemir, Ahmed Ashraf Butt ve Alex Struck Jannini'ye teşekkür ederim.

TÜBİTAK 1512 desteği ile kurduğum Asystee Eğitim, Yazılım ve Danışmanlık Ltd. Şti.'nin kurucu ortakları Dr. Öğr. Üyesi Mesut Aydemir'e ve Dr. H. Mustafa Dönmez'e teşekkür ederim. Yılmaz Kadan'a yazılım geliştirme sürecindeki katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarımın bir akademik yıl sürecini Purdue Üniversitesi'nde sürdürmem için 2214-A Doktora Sırası Araştırma Bursu Programı kapsamında araştırmalarımı destekleyen ve ayrıca bu araştırmanın çıktıları arasında yer alan TÜBİTAK 1512 Teknogirişim Sermaye fonu ile sunduğum projeye destek vererek hayallerimin gerçekleşmesine eşsiz katkılar sağlayan TÜBİTAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmamı tamamlamamda büyük bir destek ve motivasyon kaynağı olan aileme en derin teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Annem Naile Yıldırım ve babam Muzaffer Yıldırım'a koşulsuz sevgileri ve sonsuz destekleri için minnettarım. Beni her zaman destekleyen ve motive eden abim Kadir Yıldırım ve değerli ailesine sevgi ve destekleri için teşekkürlerimi sunarım. Son olarak, her zaman yanımda olan ve beni

destekleyerek bu zorlu yolculukta cesaretlendiren ve motive eden sevgili eşim Meltem'e sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım. Sevgili ailem, sizlerin fedakarlıkları ve desteğiniz, benim bu tez çalışmasını başarıyla tamamlamama yardımcı oldu, emekleriniz ve koşulsuz sevginiz için minnettarım.

Hakan Yıldırım

12/07/2023

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan "bilimsel intihal tespit programı"yla tarandığını ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Hakan Yıldırım

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

KISALTMALAR DİZİNİ

API	: Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interface)
AUÖ	: Açık ve Uzaktan Öğrenme
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
DeFi	: Decentralized Finance (Merkeziyetsiz Finans)
KAÇED	: Kitlesel Açık Çevrimiçi Ders (MOOC – Massive Open Online Course)
KÖK	: Kapsamlı Öğrenen Kaydı (CLR – Comprehensive Learner Record)
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
MYK	: Mesleki Yeterlilik Kurumu
ÖKD	: Öğrenme Kayıtları Deposu (LRS – Learning Records Store)
ÖYS	: Öğrenme Yönetim Sistemi (LMS – Learning Management System)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
YÖK	: Yükseköğretim Kurum
YÖKAK	: Yükseköğretim Kalite Kurulu

1. GİRİŞ

Giriş bölümünde sırasıyla araştırmanın ele aldığı sorun, araştırmanın amacı ve araştırmanın önemi, ardından araştırmanın sınırlılıkları, araştırmada kullanılan tanımlar ve kısaltmalar yer almaktadır.

1.1. Sorun

Birleşmiş Milletler üyesi ülkeler tarafından 2030 sonuna kadar ulaşılması hedeflenen *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçların*ın dördüncüsü, nitelikli eğitim çatısı altında kapsayıcı ve eşitlikçi kaliteli eğitim sağlamak ve herkes için yaşam boyu öğrenme fırsatlarını teşvik etmektir (Birleşmiş Milletler, 2016). 2019 yılı sonlarında ortaya çıkan COVID-19 küresel salgını, yüz yüze eğitimi neredeyse imkânsız hale getirmiş ve uzaktan eğitimin geniş çevrelerce deneyimlenmesine sebep olmuştur. Sınıf çatısı altına giremediğimiz bu dönemde mevcut eğitim sistemleri teknoloji yardımıyla dönüşerek pandeminin olumsuz etkilerini hafifletmiştir. Eğitimde yaşanan bu dönüşüm, kitlelerin uzaktan eğitime yönelik bir fikir oluşturması açısından önemli olduğu söylenebilir. Bu bağlamda, eğitimde teknoloji kullanımının önemi bir kez daha gündeme gelmiştir. Blokzincir teknolojisi de potansiyel avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Bu noktada, blokzincir teknolojisinin eğitimdeki potansiyel kullanımının çalışılması için çeşitli teknik, yasal ve pedagojik zorlukların ele alınması gerekmektedir.

Avrupa Komisyonu'nun 2017 yılında yayınladığı Ortak Araştırma Merkezi (JRC – Joint Research Centre) blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı ile ilgili bir rapor yayınlamıştır (Grech & Camilleri, 2017). Bundan bir yıl sonra yayınlanan eğitimde dijital kimlik doğrulama ve tanıma konusundaki zorlukları ele alan UNESCO raporu, evrensel olarak tanınan ve kolaylıkla erişilebilen ortak bir dilde veya formatta öğrenme çıktıları ve yeterliliklerin toplanması, doğrulanması için etkili bir ulusal veya küresel sistemin eksikliğine dikkat çekmiştir (Chakroun & Keevy, 2018). Buna ek olarak, 2022 yılında UNESCO'nun yayınladığı eğitim ve blokzincir başlıklı raporda, teknoloji ve uygulamalardaki mevcut gelişmeler ışığında blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı tartışılmıştır (Grech vd., 2022). Bu tez çalışmasının irdelediği sorunu ele alan ve birçok alan uzmanının katkı sağladığı bu raporlara ve akademik çalışmalara alanyazın bölümünde detaylarıyla yer verilmiştir.

Doğası gereği başlangıcında kullanım alanı yalnızca finansal teknolojiler (fintek) ile sınırlandırılan blokzincir teknolojisi; gelişimi sayesinde sağlık hizmetlerinden (aşı

pasaportu), seçmen kimlik kaydına, merkez bankası dijital para biriminden yüksek öğrenim gibi kamu sektörü hizmetleri dahil olmak üzere birçok farklı alanda bir değişim gücü olarak tanımlanmaktadır (Boucher vd., 2017; A. B. Haque vd., 2021; Kewell & Michael Ward, 2017; Manski, 2017; Marsal-Llacuna, 2017; Swan, 2015a; Tapscott, 2017; Tapscott & Tapscott, 2016, 2017). Blokzincir teknolojisini basitçe sürekli büyüyen dijital veri kayıt listesinin veya bir defterin teknolojik alt yapısı olarak düşünebiliriz; bu liste kronolojik sıraya göre düzenlenmiş, kriptografik kanıtlarla birbirine bağlanmış ve güvence altına alınmış birçok veri bloğundan meydana gelmektedir. Blokzincir teknolojisi hayatımıza girdiğinden bu yana güven olgusunu yeniden tanımlayarak günlük yaşantımızda birçok alanda değişiklikler meydana getirdiği söylenebilir.

Klasik işe alım süreçleri düşünüldüğünde, yaşanan bürokrasi hem işe başvuranlar hem de iş verenler için zaman zaman sorunlar yaratabilmektedir. Başvuru yapanlar belki yıllar önce bitirdikleri okulların ya da tamamladıkları sertifika programlarının belgelerini bulmak ve doğrulamakta zorluk yaşarken, bu belgeleri hazırlamak için yaşadıkları zaman kaybı da cabası; iş verenler de beyan edilen belgelerde yaşanabilecek evrak sahteciliğine karşı çoğu zaman korunmasız durumda olabilmektedirler. Buradaki boşluğu blokzincir tabanlı eğitim teknoloji sistemleri doldurabilirler (Lizcano vd., 2020).

Basına kimi zaman konu olan, “sahte doktor”, “sahte doçent”, “sahte astronot” başlıklı haberler evrak sahteciliğinin önemli bir sorun olduğunu ortaya koymaktadır. Ezell ve Bear (2012) diploma sahteciliği konusunu geniş bir bakış açısıyla kaleme aldıkları kitaplarında bunun milyar dolarlık bir sektör haline geldiğini ve bu sahteciliğin ne şekilde yapıldığını detayları ile anlatmaktadır. Kitapta dünya genelinde 3300’den fazla onaysız üniversite olduğu ve yalnızca Amerika Birleşik Devletleri’nde her yıl 50 binden fazla sahte doktora diploması basıldığı, bu sayının hemen hemen normal doktora diploma sayısına eşit olduğu vurgulanmaktadır. Aynı soruna uzaktan eğitim bakış açısıyla dikkat çeken Piña (2010), bu problemi kalıcı akademik eğitim standartların henüz olgunluğa ulaşmaması, kafa karıştırıcı ve çok katmanlı bir akreditasyon sisteminin olması, yaşam boyu öğrenme ve önceki öğrenme tanımlarında yaşanan sorunlar gibi başlıklar altında değerlendirmektedir. Bu bağlamda, blokzincir teknolojisi destekli eğitim teknolojileri bahsini ettiğimiz sorunlara bir çözüm sunabilir.

Bir uygulama hayal edelim, okul öncesi eğitimden yükseköğretime kadar ve hatta öğretim sistemi dışında elde ettiğiniz tüm öğrenme izlerini tek bir çatı altında merkeziyetsiz biçimde tutabilsin, bunu yaparken de blokzincir teknolojisinin en güçlü

yönlerinden biri olan “güvene olan ihtiyacı ortadan kaldırma” özelliğini kullansın ve tabir-i caizse bir “eğitim cüzdanı” gibi çalışsın. Bu tez çalışmasında, işaret edilen sorunlara ilgili literatür taranarak, ilgili alandaki Türkiye ve dünyadaki uzmanlarla ulaşarak çözüm önerileri sunmak ve bir uygulama geliştirmek hedeflenmiştir. Ayrıca, bu araştırmanın Türkiye’de blokzincir teknolojisinin eğitim alanında uygulanabilirliğini artırmaya yönelik tasarlandığı da söylenebilir. Bu bağlamda, Türkiye’den ve dünyadan ulaşılabilen açık ve uzaktan öğrenme ve blokzincir akademik ekosistemi, TÜBİTAK 2214-A doktora sırası araştırma bursu ile ziyaretçi doktora araştırmacısı olarak gidilen Purdue Üniversitesi’nde ve çevresindeki alan uzmanlarından elde edilen deneyimler ve bu burs programına başvuru esnasında proje çıktılarından yer verilen TÜBİTAK 1512 Teknogirişim Sermaye Fonu ile kurulan eğitim teknolojileri şirketinde projelendirilmiş, blokzincir teknolojisinin açık ve uzaktan öğrenme alanında uygulanabilirliğine yönelik bir uygulama ortaya çıkarılmıştır.

1.2. Amaç

Bu çalışmanın temel amacı, Açık ve Uzaktan Öğrenme (AUÖ) alanında blokzincir teknolojisi destekli sürdürülebilir bir eğitim cüzdanı uygulamasının geliştirilmesidir. Bu bağlamda, ilk aşamada ilgili alanyazın taranmış, TÜBİTAK 2214-A doktora sırası araştırma burs programı desteği ile yurt dışında bir üniversiteye ziyaretçi araştırmacı olarak gidilmiştir ve ülkeye döndükten sonra, blokzincir teknolojisinin AUÖ alanında kullanımı ve TÜBİTAK 1512 Teknogirişim Sermaye Desteği ile hayata geçirilen “Eğitim Cüzdanı” projesi üzerine çalışılmıştır. Bu projede araştırma geliştirmesi yapılan uygulama, blokzincir destekli uluslararası e-öğrenme standartlara uygun öğrenme yönetim sistemleri üzerindeki kayıtları blokzincir ağlarına aktarabilen bir sistemdir, ayrıntılar ilgili bölümlerde verilmektedir. Belirtilen temel amaca yanıt bulabilmek için aşağıdaki alt amaçlar bu çalışma kapsamında sorgulanmıştır:

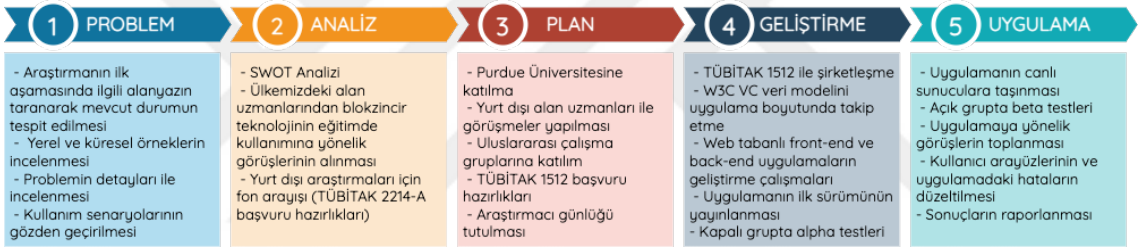
1. AUÖ alanında blokzincir teknolojilerine ilişkin küreyerel (küresel + yerel) bağlamda gelişmelerin incelenmesi
2. AUÖ alanında blokzincir teknolojilerinin araştırma öncelikleri ve ihtiyaçlarının belirlenmesi
3. AUÖ alanında blokzincir teknolojileri bağlamında yurt dışında gidilen üniversitenin akademik ağı aracılığıyla uluslararası eğitim teknolojileri standartları incelenerek alan uzmanları ile görüşmelerin yapılması

4. AUÖ alanında blokzincir teknolojileri kullanılarak geliştirilen Eğitim Cüzdanı Projesi'nin Kavram Kanıtı (PoC) çalışmalarının yapılması ve uygulamanın geliştirilmesi
5. AUÖ alanında blokzincir teknolojileri kullanılarak tasarlanan projenin uygulanması ve uygulamaya yönelik görüşlerin alınması

Yukarıda tanımlanan alt amaçların doğrultusunda bu çalışma 3 temel aşamada yapılandırılmıştır:

1. Kuramsal Aşama (Araştırmanın 1. ve 2. alt amacı sorgulanmıştır)
2. Geliştirme Aşaması (Araştırmanın 3. ve 4. alt amacı sorgulanmıştır)
3. Uygulama Aşaması (Araştırmanın 5. alt amacı sorgulanmıştır)

Çalışmanın ana amacı ve bu amaç doğrultusunda saptanan alt amaçları Şekil 1.1.de araştırmanın gelişim aşamalarıyla ilişkisi gösterilerek özetlenmiştir.



Şekil 1.1. *Araştırmanın aşamaları ve zaman çizelgesi*

Yukarıdaki açıklamalar özetlenecek olursa, bu çalışmayla aşağıdaki alanlara yönelik temeller oluşturulabilecektir:

Ülkemizde ve dünyada eğitim teknolojisi alanında sınırlı sayıda örnekleri olan, ancak giderek yaygınlaşma eğiliminde bulunan blokzincir teknolojilerinin;

1. AUÖ alanında uygulanmasına yönelik sosyal ve teknik gereksinimlerin bütünleştirilmesine yönelik bir zemin oluşturmak,
2. AUÖ alanında uygulanmasının başarılı olma potansiyelini artırmak,
3. AUÖ alanında uygulanmasını hedefleyen teknik çalışmalar için onlara yol gösterici öncü bir çalışma olmak,
4. AUÖ ve blokzincir alan uzmanları ile yapılan görüşmeler sonucunda alanda mevcut olan boşluklar ve araştırma öncelikleri de tespit etmek,
5. AUÖ alanında sürdürülebilir uygulamalar geliştirmeye yardımcı olmak hedeflenmiştir.

1.3. Önem

Bu çalışma blokzincir teknolojisinin AUÖ alanında uygulanmasını hedefleyen çalışmalar için yol gösterebilecek öncü ve özgün bir çalışma olma özelliği taşıdığı düşünülmektedir. Ayrıca alan uzmanları ile yapılan görüşmeler sonucunda alanda mevcut olan boşluklar ve araştırma öncelikleri de tespit edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, bu çalışma ile elde edilen bulguların alanyazındaki boşluğu doldurulması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmanın ***öğrenenler*** açısından önemi şu maddelerle özetlenebilir;

- Gelecekte uygulamaların yaygınlaşması ile blokzincir teknolojisi destekli geliştirilen yaşam boyu öğrenme uygulamaları, öğrenenlerin öğrenme kayıtlarını tek bir çatı altında toplamalarına, saklamalarına ve kanıtlamalarına yardımcı olabilir. Bu bilgiler, öğrenenlerin gelecekteki iş ve eğitim imkanlarının değerlendirilmesinde de kullanılabilir.
- Bu uygulamalar sayesinde sahip oldukları yetenekleri iş başvuruları esnasında merkeziyetsiz uygulamalarla hızlı ve güvenli biçimde kanıtlama imkânı sağlayabilir. Bu sayede, diploma ve sertifika gibi belgelerin kaybolmasından ya da uzun yıllar saklanması gibi sorunlarla başa çıkabilirler.
- Öğrenenler sahip oldukları kayıtları blokzincir teknolojisinin veri güvenliği avantajlarından faydalanarak, istediği kurum ya kuruluşla istediği ölçüde paylaşabilir. Bu sayede, veri mahremiyeti ve etik boyut yeniden gündeme gelebilir.
- Öğrenenlerin kurumlara başvuruları ya da kurumlar arası geçişte kredi transferi sırasında ve akreditasyon aşamasında faydalı olabilir. Diploma, transkript, kimlik, sertifika gibi belgelerin merkeziyetsiz biçimde saklanmasına olanak tanıyabilir.
- Hızlı ve güvenli özgeçmiş oluşturmaya yardımcı olabilir. Öğrenenlerin sahip olduğu yetenekleri ve enformel öğrenmeleri kayıt altına almak, kanıtlamak açısından yardımcı olabilir.
- Öğrenenlerin elde ettikleri başarımları blokzincir tabanlı sistemlerle aracılığıyla ödüllendirilerek onları teşvik edebilir.

Blokzincir teknolojisin eğitimde kullanımı, ***eğitim kurumları açısından***, bürokratik işlemleri en aza indirerek daha hızlı ve güvenli biçimde bireylerin önceki öğrenmelerini

doğrulayabilir, öğrenenlerin kimliklerini merkeziyetsiz biçimde yönetebilir. Ayrıca, eğitim kurumların dijital dönüşümüne katkı vererek birtakım süreçleri daha az maliyetle daha hızlı hale getirebilir. Telif hakkı olan ürünlerin sahipliğini kontrol altına alabilir. Kripto para yönüyle, öğrenme ücretleri ve belirli koşullarda çalışabilen akıllı sözleşmeler türetebilirler. Buna ek olarak, belge sahteciliklerini engelleyebilir. Blokzincir sayesinde kurumların sahip oldukları veriler sürdürülebilir bir platforma sahip olacağından öğrenme analitikleri ile ilgilenen kurumlara yeni fırsatlar sunabilir.

Bu tez çalışmasında elde edilen bulgu ve öneriler YÖK, YÖKAK, MYK ve MEB gibi ülkemizdeki ***eğitim politikaları belirleyen kurumlar*** açısından önemli olabilir. Bu çalışmada uluslararası çalışma gruplarında yürütülen blokzincir teknolojisinin eğitim alanında kullanımını tartışan güncel çalışmalar yerelleştirerek, öneriler sunulmuştur. Bu uluslararası çalışma grupları ve organizasyonlar şunlardır;

- W3C VC-EDU (Verifiable Credentials for Education Task Force)
- EU EBSI (The European Blockchain Services Infrastructure)
- Open Badges v3.0
- DCC (Digital Credentials Consortium)
- JFF (Jobs for the Future)
- DIF (Decentralized Identity Foundation)
- IEEE Integrated Learner Records (ILR)
- Sovrin Network

İlgili alanyazın incelendiğinde, çalışmaların önemli bir bölümünün blokzincir teknolojisinin AUÖ alanında sahip olduğu potansiyele dikkat çektiği gözlenmiştir, bu çalışmalar başarılı teknik bir alt yapı geliştirmek için öncelik olan sosyal gereksinimlere ışık tutmamaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın blokzincir ve AUÖ alanında çalışan araştırmacılara, AUÖ kurumlarına yol gösterici nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma ilk 5 tez izleme komitesi toplantılarında "Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisinin Araştırma Önceliklerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi" başlığıyla çalışılmış olup ardından toplantılarda gelen değerli geri bildirimler, geliştirmeler ve alınan proje destekleri ile uygulama geliştirme boyutunda son haline gelmiştir (EK-1). İlk başlarda yalnızca uzman görüşü toplamayı ve mevcut durumu ortaya koymayı hedefleyen çalışma, ardından uygulama boyutunda da çalışılmıştır.

1.4. Sınırlılıklar

Bu çalışmanın sınırlılıkları çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın kapsamı aşağıda verilmiştir:

- Bu araştırma, araştırma amaçları ve bu amaçlara bağlı alt amaçlar bağlamında veri toplama araçları, toplanan veriler, verilerin nitel analizi, yorumlanması ve değerlendirilmesi ile sınırlıdır.
- Bu araştırma nicel bir durum çalışmasıdır. Bu çalışma nitel araştırma sonucunda elde edilen bulgular, erişilebilen blokzincir teknolojisi ve AUÖ alan uzmanları ve onların görüşleri ile sınırlıdır.
- Bu araştırmanın konusu bağlamında yapılan alanyazın taraması ile sınırlıdır.

2. ALANYAZIN

Bu bölümde, öncelikle blokzincir teknolojisi özetlenerek, bu teknolojideki güncel eğilimlerden bahsedilmiş, teknik ve sosyal boyutta ne gibi etkiler yarattığı tartışılmıştır. Ardından, çalışmanın temel alanı olan açık ve uzaktan öğrenme araştırma (AUÖ) alanı bağlamında alanyazın sunulmuştur. Son olarak, çalışmanın odaklandığı temel konu olan, blokzincir teknolojisinin AUÖ alanında kullanımı, uygulamalar, araştırma toplulukları incelenerek, çalışmanın kuramsal temelleri ve kuramsal dizey ortaya konmuştur.

2.1. Blokzincir Teknolojisi

Alanyazın incelemesine başlamadan önce, bir konuya açıklık getirmek gerekiyor. İlgili alanyazın incelediğin "blockchain" kelimesinin farklı Türkçe çevirileri bulunmaktadır. Dilde ortaklık sağlamak adına bu çalışmada "blokzincir" şeklinde kullanılmıştır, bununla birlikte bu konu yazar tarafından kişisel Medium blog sayfasında tartışılmıştır (Yıldırım, 2019). Ayrıca, çalışmada bazı teknik terimlerin Türkçe çevirileri için, Blockchain Türkiye Platformu çalışma gruplarından biri tarafından hazırlanan terminoloji çalışması raporundan yararlanılmıştır (BCTR, 2019). Buna ek olarak, yazılanların daha iyi anlaşılabilmesi için Türkçesi yazılan bazı ifadelere parantezle İngilizceleri ya da beraberinde aynı ifadeyi karşılayan Türkçeleri de eklenmiştir. Terminolojisi yeni oluşan bir alan olduğu için mümkün olduğunca detaylı aktarılmaya çalışılmıştır. Yine, çalışmada Bitcoin, Ethereum gibi kelimeler projeyi, konsepti, ağı ya da ürünü simgeliyorsa özel isim olarak kabul edilerek baş harfi büyük olarak yazılmış, bitcoin, ether gibi para birimini simgeliyorsa cins isim olarak kabul edilerek baş harfi küçük yazılmıştır (Blockchain.com, 2014).

Blokzincir teknolojisi, en basit haliyle Bitcoin gibi elektronik para transfer sistemlerinin alt yapısı olarak tanımlanabilir. İlerleyen bölümlerde daha detaylı anlatılacak gelişmeler sayesinde bu teknolojinin günlük hayatımıza girdiği söylenebilir. Başlangıcından itibaren gelişerek başta ortaya konulan vizyonun ötesine giden bu teknoloji, bir ağ üzerindeki kullanıcıların uzlaşısına (konsensüs) dayalı, değer atfedilebilecek varlıkların (asset), herhangi bir aracı güven mekanizmasına ihtiyaç duymadan transferine olanak tanıyan dağıtık bir veri tabanı olarak tanımlanabilir (Yıldırım, 2018). Bu teknolojiyi daha basit anlatabilmek için; nasıl ki elektronik posta internet teknolojisinin bir ürünüyse aynı şekilde bitcoin ile blokzincir teknolojisi arasında buna benzer bir ilişki bulunmaktadır (Çarkacıoğlu, 2016). Bitcoin, blokzincir

teknolojisinin ilk ve içinde bulunduğumuz yıl olan 2023 için en bilinen uygulamasıdır. Blokzincir teknolojisinin bitcoinden farklı uygulamaları söz konusudur ve bunlar ilerleyen bölümlerde detayları ile anlatılacaktır. Bitcoin ve bitcoine alternatif tüm ürünler kripto para (cryptocurrency) olarak adlandırılmaktadır. Kripto paralar ve blokzincir teknolojisi birbiriyle ilintili ancak farklı konulardır ve bu iki kavram kimi zaman birbirine karıştırılabilmektedir.

Blokzincir teknolojisinin tanımına dönersek, ilgili alanyazında birçok tanım mevcuttur. Swan (2015a), blokzincir teknolojisini ana bilgisayarlar (mainframes), kişisel bilgisayarlar (PCs), internet teknolojisi ve mobil/sosyal ağlardan sonra beşinci yıkıcı bilişim devrimi olma potansiyeli taşıdığını belirtmiştir. Bu teknolojiyi bitcoin üzerinden teknik olarak şu şekilde tanımlamıştır; bitcoin, blokzincir adı verilen halka açık bir defter kullanılarak, merkeziyetsiz ve güven tesisine ihtiyaç olmayan (trustless- taraflar arası güven ihtiyacını en aza indiren) bir sistemde işlem gören dijital nakittir (digital cash). Ayrıca, daha da önemlisi blokzincir teknolojisinin web teknolojilerinin sahip olmadığı kesintisiz gömülü (seamless embedded) bir ekonomi katmanı haline gelme potansiyeli ile, merkeziyetsiz değiş-tokuş (exchange), para (token) kazanma ve harcama, dijital varlıkların mülkiyet haklarını sahiplenme ve sahipliğini aktarma, akıllı sözleşme düzenleme ve yürütme özellikleri ile teknolojik bir ödeme altyapısı haline gelebileceğini öngörmektedir.

Çarkacıoğlu (2016, s. 42) blokzincir teknolojisini "basit bir veri tabanı" ifadesiyle nitelerken ağdaki tüm kullanıcıların erişebildiği, merkeziyetsiz global bir hesap defteri olarak tanımlamaktadır. Di Pierro (2017) blokzincir teknolojisini, kripto para alım satımı ve akıllı sözleşmelerin yürütülmesi için gerekli platformların temelinde yer alan, kriptolojik özüt fonksiyonlarına dayalı yeni bir teknoloji olarak tanımlamış ve Nakamoto'nun Bitcoinin temellerini oluşturan bu yapı ile çözdüğü sorunun, dağıtık bir sistemde güven oluşturmak olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, bunun yalnızca bir kripto para olarak görülmemesi gerektiği ve geleneksel finans araçlarının ötesinde geniş uygulama alanlarına sahip olduğunu belirtmiştir. Zheng vd. (2017) bitcoinin temeli olan blokzincir, işlemlerin merkezi olmayan bir şekilde gerçekleşmesine izin veren, değişmez bir kayıt defteri (ledger) görevi gören bir teknoloji olarak tanımlamıştır.

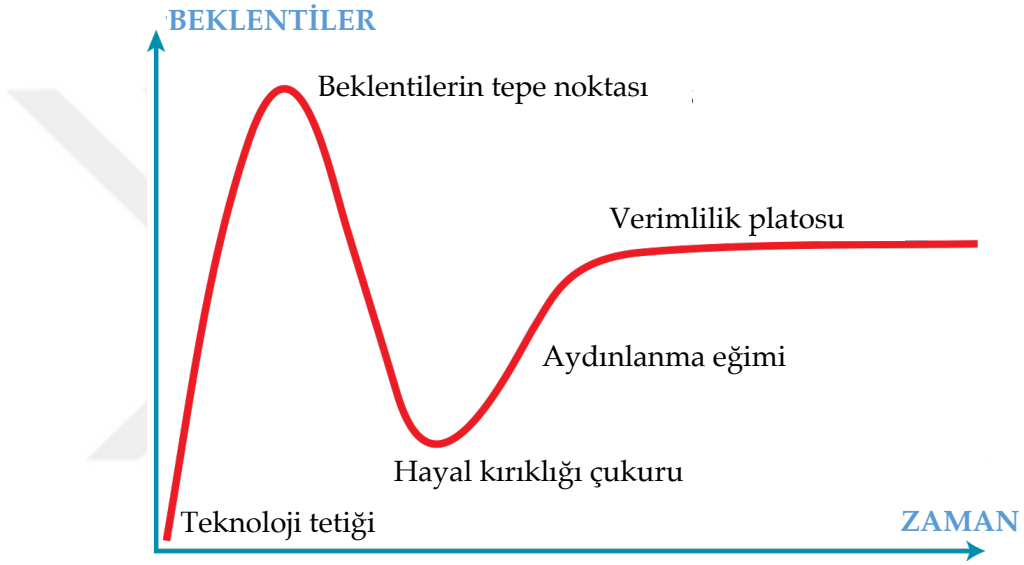
Muneeb (2017) blokzincir teknolojisini, herhangi bir merkezi güven noktasına ihtiyaç duymadan herkesin erişimine ve katılımına açık, verilerin ağa bağlı tüm bilgisayarlarda yedekli olarak depolandığı, yalnızca yeni veri eklenebilen, ağdaki

verilerin değiştirilemez ve tüm düğümlerin aynı veri görünümüne sahip olduğu bir sistem olarak tanımlamıştır. Ayrıca, teknolojinin bazı güncel zorluklarına rağmen güvenli ve merkezi olmayan servisler sunabildiğini belirtmiştir.

TÜSİAD ve Deloitte Türkiye iş birliğiyle yayımlanan raporda (2018, s. 7) blokzincir teknolojisini İnternetin ortaya çıkışından sonraki en yıkıcı ve devrim niteliğinde sayılabilecek gelişmelerden biri olduğu ifadesi kullanılmıştır. Buna ek olarak, her geçen gün iş dünyasında önemli bir yer edinmeye devam ettiği de vurgulanmıştır. Ayrıca raporda Türk iş dünyasının farklı sektörlerinden 155 katılımcının görüşlerine yer verilmiştir. Buna göre, katılımcıların teknoloji konusunda farkındalıklarının olduğu ancak somut uygulamalara yönelik ve iş alanlarına etkileri konusunda yetkin olmadıkları ortaya konulmuştur. Yine raporda, şirketin aynı yıl yaptığı küresel blokzincir anket sonuçlarıyla yerel sonuçları karşılaştırmalarına da yer verilmiştir. Rapora göre, blokzincir uygulamalarının 5 yıl içinde (2018+5=2023) etkili olması beklendiği belirtilmiştir. Bu araştırmanın ülkemizde yapılan geniş kapsamlı ilk çalışmalardan olduğu söylenebilir. Deloitte her yıl küresel çapta bu raporu düzenli olarak yayınlamaktadır. 2021 yılında yayınladığı küresel raporunda, dijital varlıkların önümüzdeki beş ile on yıl içinde itibari para birimlerine güçlü bir alternatif veya yerine geçebileceğine "güçlü bir şekilde" inanan katılımcıların oranı yüzde 33'tür (Deloitte, 2021). Bu oranın azımsanamayacak bir oran olduğu söylenebilir. Ayrıca, ankete katılanlar blokzincir teknolojisinin en önemli üç gerçek yaşam kullanım alanını; güvenli bilgi alışverişi (%45), dijital para birimi (%44) ve dijital kimlik (%40) şeklinde sıralamışlardır.

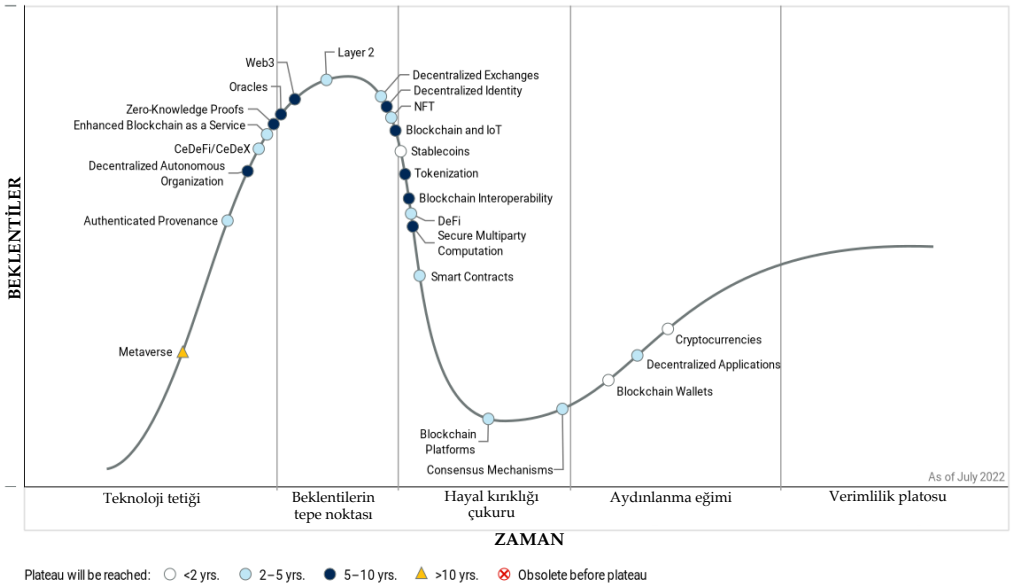
Gartner araştırma şirketi her yıl yakın zamanda ortaya çıkmış teknolojileri "Hype Cycle" adını verdikleri bir grafik ile paylaşmaktadır (Wikipedia, 2023). Şekil 2.1.'de Gartner teknoloji ilerleme döngüsü verilmiştir ve bu grafiğin amacı, uzman görüşlerinden yola çıkarak bu yenilikçi teknolojiler hakkında öngörüleri ve zamanla oluşan ya da oluşacak beklentileri değerlendirmektir. Grafiğin yatay boyutunda zaman, dikey boyutunda beklentiler yer alır. Grafikteki eğride teknolojiler çeşitli renklerle ve şekillerle temsil edilerek toplam 5 bölümden oluşan bölgelerde yerlerini alırlar. İlk bölge yeniliğin tetiklendiği bölgedir ve genellikle bu bölgedeki teknolojilerin kullanılabilir bir ürünü yoktur, ticari uygulanabilirliği henüz kanıtlanmamıştır. İkinci bölge beklentilerin tepe noktası olarak adlandırılır ve bu bölgede teknolojiye yönelik bazı başarı öyküleri üretilirken, bazı şirketler harekete geçerken diğer birçoğu ise henüz harekete geçmemiştir. Üçüncü bölge hayal kırıklığı çukuru olarak adlandırılır ve teknoloji üzerine

yapılan denemeler başarılı olamadıkça teknolojiye olan ilgi giderek azalır. Dördüncü bölge, aydınlanma eğimi ismiyle anılır ve bazı teknolojiler hayal kırıklığı çukurunda ortadan kalkarken, bazıları yeniden yükselişe geçer, insanlar bu teknoloji hakkında daha iyi uygulamalar olabileceğine inanırlar. Beşinci bölge verimlilik platosu olarak adlandırılır ve artık teknolojinin ürün haline dönüştüğü söylenebilir. Son aşamada, teknolojiyi üreten firma için yatırım süreci, kullanan müşteriler için de fayda sağlama süreci başlamıştır denilebilir. Yine son aşamada artık teknoloji olgunlaşmış ve bu döngüden çıkarak kabul gördüğü söylenebilir.



Şekil 2.1. *Gartner teknoloji ilerleme döngüsü*

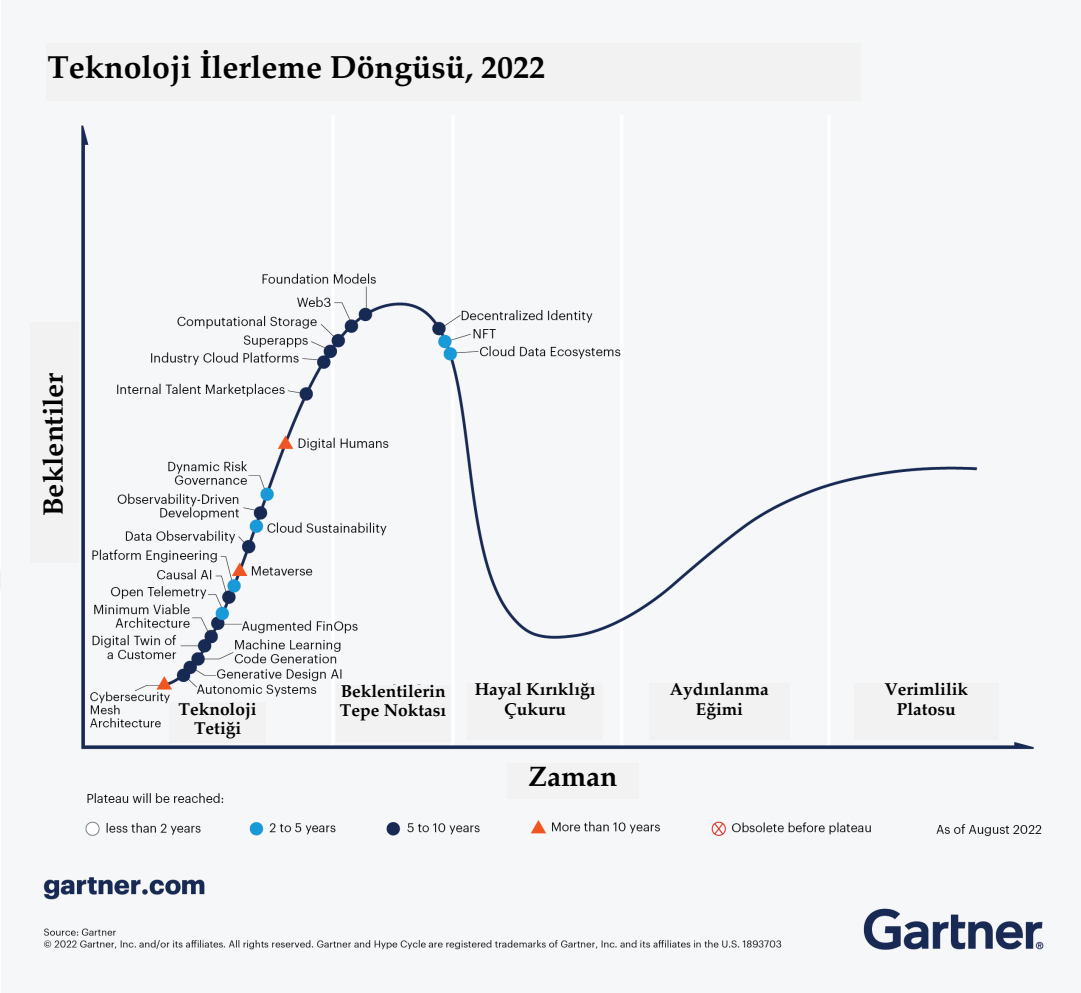
Blokzincir teknolojisi bu raporlarda ilk 2015 yılında kripto para adı altında geçmiştir ve bu yıl hayal kırıklığı çukurunda yer verilmiştir (Gartner Inc., 2015). 2016 ve 2017 yıllarında blokzincir teknolojisine beklentilerin tepe noktası bölgesinde yer verilmiş ve 2018 yılı için yayınlanan raporda ise blokzincir teknolojisi hayal kırıklığı çukuruna taşınmıştır. 2019 yılında blokzincir teknolojisi ve ürünleri için ayrı bir ilerleme döngüsü grafiği yayınlanmaya başlamıştır, bu döngünün en günceli 2022 yılına ait olandır ve Şekil 2.2.'te verilmiştir (Litan, 2022). Bu döngülerde blokzincir teknolojisinin ürünleri ya da yakından ilintili teknolojiler özelinde olgunlukları değerlendirilmiştir.



Şekil 2.2. *Blokzincir ve web3 için ilerleme döngüsü*

Blokzincir teknolojisini daha iyi anlayabilmek için onunla ilintili kavramları ve teknolojileri de yakından takip etmek gerekmektedir. Blokzincir teknolojisinin gelişimini takip etmek ve geleceğine yönelik öngörülerde bulunabilmek için ilerleme döngüsü önemli ipuçları verdiği söylenebilir. Gartner'in raporlarından yola çıkarak, blokzincir teknolojisinin geniş kitlelerce kabulü ve günlük yaşantımıza daha büyük etkilerini gözlemleyebilmemiz için henüz zaman olduğu sonucuna varabiliriz. Bu ilerleme döngüleri ile blokzincir teknolojisinin bir parçası, bir ürünü ya da gelişimine katkı sağlayan merkeziyetsiz borsalar, katman 2 çözümleri, stabil kripto paralar, sıfır bilgi ispatı, merkeziyetsiz otonom organizasyonlar, akıllı sözleşmeler, mutabakat mekanizmaları, nesnelerin interneti gibi kavramları da yakından takip etme şansı bulduğumuzu söyleyebiliriz. Yine, tezin ilerleyen bölümlerinde bu kavramlara ve kavramların blokzincir teknolojisi ile olan ilişkileri hakkında bilgilere yer verilmeye çalışılmıştır.

Bu tez yazılırken yayınlanmış en güncel teknoloji ilerleme döngüsü 2022 yılına ait olandır ve bu raporda (Şekil 2.3.) blokzincir teknolojisi ile ilintili web3, merkeziyetsiz kimlik ve NFT teknolojileri döngüde yerlerini almaktadır (Gartner Inc., 2022). Yine, bu teknolojilerin 5 ile 10 yıl sonrasında üretkenlik platosuna ulaşabilecekleri öngörüsüne yer verilmiştir. Metaverse kavramını da blokzincir teknolojisi ile ilintili olduğu değerlendirirsek, bunun da 10 yıldan daha uzun bir sürede olgunlaşacağı öngörülmüştür.



Şekil 2.3. *Gartner teknoloji ilerleme döngüsü 2022*

Güven ve Şahinöz (2018, s. 44), kısaca blokzincir teknolojisini "aslında bir veri tabanı" biçiminde tanımlayarak, her blokzincir alt yapısının kendine ait özellikleri ve kuralları olduğuna dikkat çekmiştir. Bu durum özellikle Bitcoin ve ona alternatif projelerin birbirlerinden nasıl ayrıştığını da ortaya koymaktadır. Madencilik esnasında yüksek enerji tüketimi Bitcoin ağı için bir sorun teşkil ederken, bir başka blokzincir teknolojisinin yapısı itibariyle sorunu olmayabilir, hatta madenciliğe bile ihtiyaç duyulmayabilir. Bu konuya blokzincir teknolojilerinin güçlü ve sınırlı yönlerini tartışırken yeniden değineceğiz.

Casino, Dasaklis ve Patsakis (2019) blokzincir tabanlı uygulamaların çeşitli sektörlerde kullanımlarını analiz ettikleri çalışmalarında, blokzincir teknolojisinin iş süreçlerini merkezi mimarilere ve güvenilir üçüncü taraflara ihtiyaç duymadan yürütebilmesi sayesinde geleneksel iş süreçlerine yıkıcı etkileri olduğunu vurgulamış ve

blokzincir teknolojisini, onaylanmış blokların değişmez olduğu, sıralı bloklar biçiminde düzenlenmiş dağıtık bir veri tabanı olarak tanımlamıştır.

Tanrıverdi vd. (2019), kripto paralarla daha sık duymaya başladığımız blokzincir teknolojisini tanımlarken, mevcut veri tabanı mantığından farklı biçimde, merkezi otoritedeki yetkilerin zincirdeki her bir düğüme dağıtıldığı ve bu sayede yetkinin ve sorumluluğun paylaşımını sağladığını vurgulamıştır. Ayrıca, dağıtık yapısı, veri güvenliği, şeffaflık gibi özelliklerinin yanı sıra barındırdığı mutabakat protokolleri, güvenlik yapıları ve akıllı sözleşmeler gibi alt yapılar ile birlikte potansiyel kullanım senaryolarının gün geçtikçe artacağını belirtmiş ve bunlara ek olarak teknolojinin ortaya çıkış biçimini ve hızını internet teknolojisine benzetmiştir.

Blockchain Türkiye yayınladığı bir raporda blokzincir için yaptığı tanımda, veri aktarımının yanı sıra, değer taşıyan varlıkların çeşitli amaçlarla aktarımına ve işlemlerin güvenli bir dijital ortamda saklanmasına olanak tanıdığı vurgusu yapılmıştır (Blokzinciri Teknolojisi Terminoloji Çalışması, 2019).

Basit bir anlatımla 5 soruda blokzincir teknolojisini anlattığı eserinde Say (2019), bir kayıt kütüğü olarak betimlediği blokzincir ağı üzerinde, her bloğu da bir A4 kağıdına benzetmiştir. Burada her kâğıda, kâğıdın içindeki bilgilerden üretilmiş özel bir hesapla isim verilmiş olsun ve bir kâğıtta yer kalmadığında yeni bir kâğıda geçilip üzerine bu sayfadan önceki sayfa ismi şuydu şeklinde bir ifade bırakılmış olsun. Sonuçta bu kayıtların hepsi beraber kütüğü tutmak isteyenlere ortak bir yayıldığında blokzincir teknolojisinin basit olarak çalışma prensibi tanımlanmış olmaktadır. Say'ın bu tanımı yine yaygın olarak anlatılan eskilerde tutulan "bakkal defterleri" ile blokzincir analojisini akla getirmektedir.

Web3 olarak adlandırılan yenilikçi teknolojik gelişme ile gündeme gelen blokzincir teknolojisi, kripto para konusu ile ayrılmaz bir şekilde birbirine bağlıdır. Blokzincir teknolojisi özel biçimde birbirine bağlanmış bilgisayar ağının bir mutabakat mekanizmasıyla değer transferini sağlayan ve bu bağlamda güveni sağlayan bir yapıdır. (Sert, 2019)

İlgili alanyazında, yukarıdaki tanımların yanı sıra, blokzincir teknolojisinin potansiyelinin abartıldığını, gerçek yaşam kullanım senaryolarının yeterince olmadığı ve beklentileri karşılayamadığı yönünde eleştirel bakış açısıyla yapılan tanımlar da mevcuttur (Ismail & Materwala, 2019; Michelman & Catalini, 2017; Perera vd., 2020). Veri güvenliği, işlem maliyeti, ölçeklenebilirlik, yüksek enerji tüketimi başta olmak üzere

yapılan eleştiriler kimi projelerde çözümlenmiş olmasına rağmen halen araştırılmaya ve çalışılmaya devam etmektedir. Yine bu konuya, başta bitcoin bölümü olmak üzere uygulamaların sınırlı yönleri bölümlerinde değinilmiştir.

Blokzincir teknolojisi ile ilgili alanyazın taraması yapan çalışmalar inceledikleri zaman dilimi içinde, blokzincir ile ilgili araştırmaların ortaya çıktığı günden bu yana her yıl bir öncekine göre dramatik biçimde artığını göstermektedir (Capetillo vd., 2022; Casino vd., 2019; Gorkhali vd., 2020; Ismail & Materwala, 2019; Lu, 2018, 2019; M. Xu vd., 2019; Yli-Huumo vd., 2016). Yine, bu çalışmalara benzer biçimde tedarik zinciri, gıda güvenliği, sağlık, eğitim alanları başta olmak üzere birçok farklı sektörde bu alanlara spesifik uygulamaları araştıran ve sonucunda alanyazında yükselen bir ilgi olduğu sonucuna varan çalışmalar da bulunmaktadır (Alammary vd., 2019; Drosatos & Kaldoudi, 2019; Liao vd., 2017; Y. Xu vd., 2020).

Tüm bu tanımlarda sıkça vurgulanan anahtar kelimeleri şöyle sıralayabiliriz; merkeziyetsiz ya da ademi merkeziyetçi (decentralized), veri tabanı ya da kayıt defteri (ledger), güvene olan ihtiyacı en aza indirme (trustless), dağıtık (distributed), açık (open), şeffaf. Blokzincir teknolojisini iyi anlayabilmek için teknik ve sosyal boyutlarıyla detaylı bir biçimde incelemek gerekir, ayrıca gerçek yaşam kullanım senaryolarını, güçlü, zayıf yönlerini ve kullanılan alan özelinde blokzincir teknolojisine bir veri bütünü olarak ihtiyaç olup olmadığını da iyi belirlemek gerekir. İlerleyen bölümlerde bu konulara değinilecektir.

2.1.1. Bitcoin

Bitcoinin teknolojisinin temelleri, Satoshi Nakamoto rumuzlu kimliği belirsiz bir kişi ya da kişiler tarafından 2008 yılında bir e-posta grubuna tartışılmak üzere gönderilen *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System – Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Para Sistemi* başlıklı teknik dokümana dayanmaktadır (Nakamoto, 2008). Bu teknik dokümanda; aracı finans kuruluşlarına ihtiyaç duymadan taraflar arası değer (asset) aktarılmasına imkân tanıyan ve adına da "Bitcoin" denilen kripto para biriminin teknik detayları anlatılmıştır. Bitcoini daha iyi anlamak için bu teknik dokümanı detaylıca incelemek faydalı olacaktır. Dokümanın özet kısmının Türkçe çevirisi şu şekildedir;

> "Tamamen eşler arası çalışan bir elektronik para sistemi, herhangi bir finansal kurum aracılığı olmadan doğrudan bir taraftan diğerine çevrimiçi ödeme gönderilmesine olanak tanıyacaktır. Dijital imzalar çözümün bir parçasıdır, ancak çifte harcamayı önlemek için hala güvenilir bir üçüncü taraf gerekiyorsa ana avantajlar kaybolur. Bu çalışma ile eşler arası bir ağ kullanarak çifte

> harcama sorununa bir çözüm öneriyoruz. Ağ, işlemleri devam eden bir özet tabanlı iş kanıtı zincirine kararak zaman damgası vurur ve iş kanıtını yeniden yapmadan değiştirilemeyecek bir kayıt oluşturur. En uzun zincir, sadece tanık olunan olaylar dizisinin kanıtı olarak değil, aynı zamanda en büyük CPU gücü havuzundan geldiğinin de kanıtıdır. CPU gücünün çoğunluğu, ağa saldırmak için iş birliği yapmayan düğümler tarafından kontrol edildiği sürece, en uzun zinciri oluşturacak ve saldırganları geride bırakacaklardır. Ağın kendisi minimum altyapı gerektirir. Mesajlar en iyi çaba temelinde yayınlanır ve düğümler istedikleri zaman ağdan ayrılıp yeniden katılabilir, en uzun iş kanıtı zincirini onlar yokken ne olduğunun kanıtı olarak kabul eder." (Nakamoto, 2008)

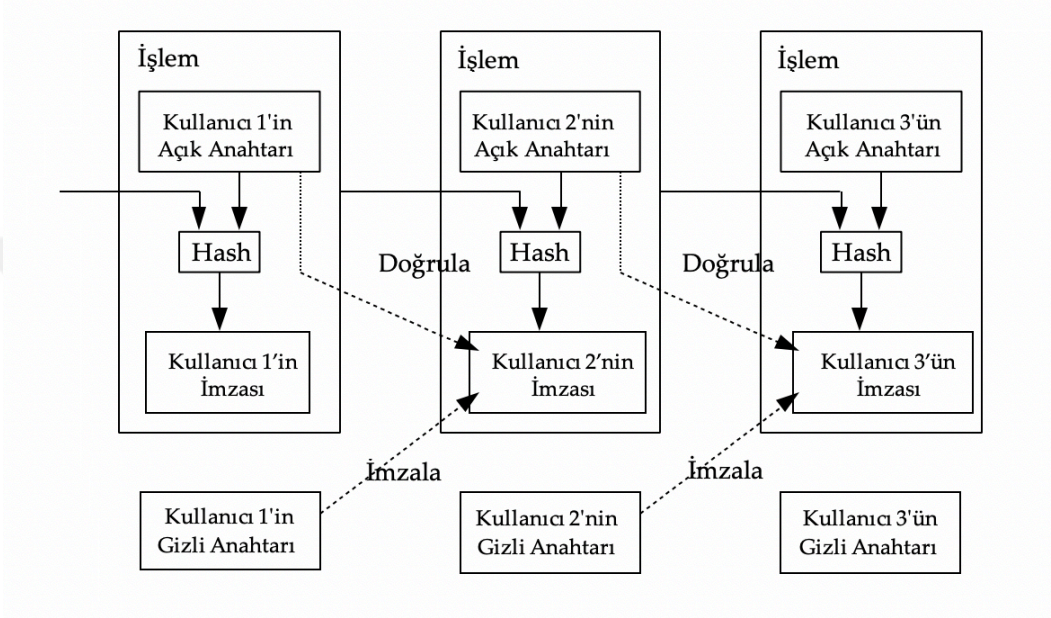
Blokzincir teknolojisi anlatılırken Bitcoin'den ayrı bir başlıkta bahsetmek gerekiyor. Bu nedenle, bu başlık altında Bitcoin özelinde ilgili alanyazın tartışılacaktır. Bitcoin anlaşıldığında diğer kripto paraları da anlamak kolaylaşır denilebilir. Yeniden vurgulamakta fayda var, bu tezin yazıldığı 2023 yılı itibariyle Bitcoin blokzincir teknolojisinin ilk ve piyasa değeri en yüksek olan uygulamasıdır. Bu tezi okuduğunuz zaman bu değişiklik göstermiş olabilir, çünkü blokzincir teknolojisi sürekli bir gelişim ve devinim halindedir denilebilir.

Bitcoin, merkezi olmayan bir dijital para birimidir ve blokzincir teknolojisi alt yapısı ile çalışır. Bu teknoloji sayesinde, Bitcoin işlemleri güvenli, şeffaf ve merkezi bir otoriteye bağlı olmadan gerçekleştirilebilir. Ayrıca Bitcoin, sınırlı bir arz ile çalışmaktadır. Toplam Bitcoin arzı 21 milyon ile sınırlıdır ve bu sayıya ulaşıldığında, madenciler tarafından yapılan yeni Bitcoin üretimi sona erecektir (Usta & Doğantekin, 2018).

Bitcoin'in çalışma prensibi, merkezi olmayan bir para birimi olarak tüm kullanıcıların kontrolünde olmasını gerektirir. Bu sayede, kullanıcılar arasındaki işlemler daha hızlı, daha güvenli ve daha az maliyetli hale gelebilir. Bitcoin transferi için iki anahtar gereklidir: biri özel anahtar (private key), diğeri ise herkesin görebileceği bir şekilde paylaşılan açık anahtar (public key) olarak adlandırılan iki anahtardır. Açık anahtar aynı zamanda sizi ağda herkesin görebileceği şekilde temsil eden adrestir ki bunu uluslararası para transferinde kullanılan IBAN'a benzetebiliriz. Özel anahtarı ise bu hesaba erişim için gerekli bir şifre gibi düşünebiliriz.

Bitcoin transferi, bir kullanıcının dijital cüzdanından başka bir kullanıcının cüzdanına belirli bir miktarda Bitcoin göndermesiyle gerçekleşir. 1 Bitcoin 100 milyona bölünebilir olduğundan ki bu en küçük birimin adı Satoshidir, bu sınırlar çerçevesinde hesaptan istenilen oradan transfer edilebilir. Bu işlem, kullanıcının özel anahtarını

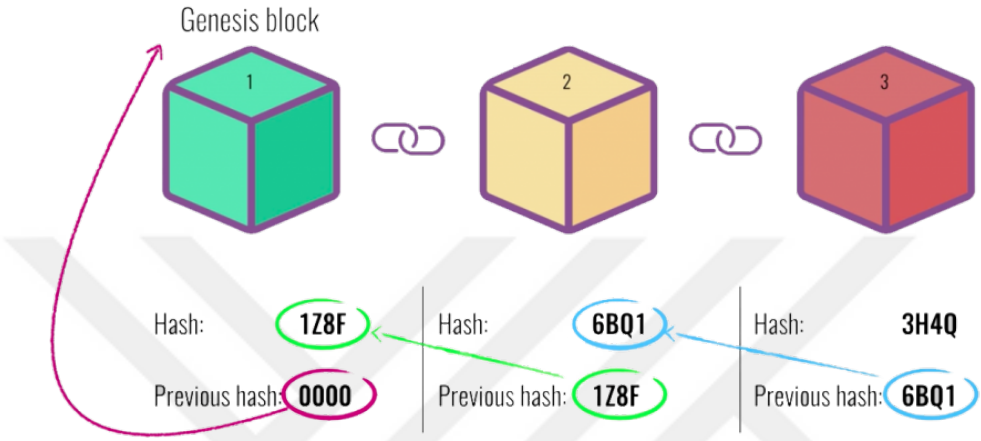
kullanarak imzaladığı bir işlem olarak başlar. İmzalanan işlem, Bitcoin ağında yayınlanır ve diğer kullanıcılar tarafından onaylanır (bu işlem madencilik olarak adlandırılır). Onaylanan işlemler, blokzincir üzerindeki bloklara eklenir ve bu bloklar zincirleme birbirine (Şekil 2.4.) bağlanarak blokzinciri oluşturulur. Blokzincir, ağdaki tüm kullanıcılar tarafından güncellenir ve her bir kullanıcının cüzdanı, blokzincirdeki işlemlerle senkronize edilir, bu sayede ağda tutarlılık sağlanır (Nakamoto, 2008).



Şekil 2.4. *Sadeleştirilmiş bitcoin veri yapısı*

Bitcoin transferi, ağdaki diğer kullanıcılar tarafından onaylandığı için güvenli bir şekilde gerçekleştirilir. Ayrıca, her bir işlem için oluşturulan benzersiz bir işlem kimliği (transaction ID) sayesinde işlemler takip edilebilir ve herhangi bir işlem hatalı veya sahte olduğunda tespit edilebilir. Bitcoin transferi, blokzincir teknolojisi sayesinde merkezi bir otoriteye bağlı olmadan gerçekleştirilebilir. Bu da daha hızlı, daha güvenli ve daha az maliyetli işlemler yapılmasını sağlar. Ancak, işlem ücretleri ve transfer süreleri, ağdaki yoğunluğa bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bitcoin'in işleyişi şu şekildedir: Bitcoin sahipleri, dijital cüzdanlarında tuttukları Bitcoin'leri diğer kişilere gönderebilirler. Bu işlem, Bitcoin ağı üzerinden gerçekleştirilir ve her bir işlem blokzincir üzerinde kaydedilir. Bu sayede, tüm ağdaki diğer kullanıcılar tarafından işlemin doğruluğu onaylanır. Bitcoin ağı, Proof of Work (PoW) iş ispatı adı verilen bir mutabakat mekanizması kullanmaktadır. Bu mekanizma, ağın güvenliğini sağlamak için kullanılır ve işlem onaylama işleminde yer alan madencilerin çözmeleri gereken matematiksel

problemlerle çalışmaktadır. Bu problemlerin çözülmesi, ağın güvenliğini sağlamak için gereken yüksek bilgi işlem gücüne sahip olan madencilerin çaba göstermesiyle sağlanmaktadır. Bitcoin ağında bloklar birbirlerine blok sonlarında yer alan son işlem özet (hash) fonksiyon değerinin bir sonraki bloğun ilk değeri ile bağlanır, bu sayede bloklar zincir biçiminde birbirlerine kitlenir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. *Bitcoinin blok yapısı*

Blokzincirdeki her bir işlem, ağdaki tüm düğümler tarafından doğrulanarak blokzincire eklenmektedir. Bu doğrulama işlemi, işlemleri doğrulayan "madencilik" adı verilen özel donanım ve yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilir. Madencilik işlemi, blokzincire yeni bir güvenli blok eklenmesi için yapılmaktadır. Bu işlem, ağdaki tüm madencilerin belirli bir işlem yükünü çözerek bir sonraki bloğu keşfetmeleriyle gerçekleştirilmektedir. Blokzincire yeni bir blok eklemek için gereken işlem yükü, ağdaki madencilere sunulan bir matematiksel problem olarak tanımlanır. Bir blok keşfedildiğinde, blokzincire eklenir ve madenci tarafından belirli bir "blok ödülü" alınır. Blok ödülü, her blok için belirli bir miktarda kripto para birimi olarak verilir ve yeni blokzincir oluşturma işlemine katkı sağlamak için madencilere ödenir. Bu ödül madenciler için bir motivasyon kaynağı da oluşturur ve kar ya da zarar elde etmelerine neden olabilir (Bankalararası Kart Merkezi, 2020).

Ödül yarılanması ise, blokzincir teknolojisi kullanılarak oluşturulan kripto para birimlerinin arzının sınırlı olması ve ödüllerin zamanla azaltılması anlamına gelir. Örneğin, Bitcoin ağında her 210.000 blokta bir ödül yarılanır (Christidis & Devetsikiotis, 2016). Başlangıçta 50 Bitcoin olan ödül, her yarılanmada yarı yarıya azaltılır. Bu, arzın

kontrol altında tutulmasını ve kripto para biriminin değerinin artmasını sağlamaktadır. Blokzincir teknolojisi kullanılarak oluşturulan kripto para birimlerinin arzının sınırlı olması ve ödüllerin zamanla azaltılması nedeniyle, ağdaki madencilerin bir sonraki bloğu keşfetmek için yarışması zorluğu da beraberinde getirmektedir. Zorluk seviyesi, ağdaki madencilerin toplam işlem gücüne bağlı olarak ayarlanmaktadır. Ağdaki toplam işlem gücü arttıkça, zorluk seviyesi de artar ve blok keşfi daha zor hale gelmektedir. Bu da blokzincir ağının daha güvenli hale gelmesini sağlamaktadır diyebiliriz.

Bazı çalışmalara göre (Cant, Bart; Khadikar, Amol; Ruiter, Antal; Bronebakk, Jakob Bolgen; Coumaros, Jean; Buvat, Jerome; Gupta, 2016; Frizzo-Barker vd., 2020), 2007-2009 yılları arasında tüm dünyada yaşanan küresel finans krizi bankalara duyulan güvenin sorgulanmasına neden olmuş ve para transferinde güveni yeniden tesis edebilme potansiyeli (The Economist, 2015) olan blokzincir teknolojisinin doğuşu da bu dönemde olmuştur. Yukarıda verilen tanımlara ek olarak, Bitcoin herhangi bir aracı kuruma ya da bankaya ihtiyaç duymadan çalışan bir sistemde, eşler arası değer transferini güvene ihtiyaç duymadan sağlamak adına şifreleme tekniklerinin kullanıldığı merkezi olmayan bir kripto para birimidir. Bunun alt yapısı olan blokzincir teknolojisi de yalnızca finansal bir araç olmaktan öteye gidebilme potansiyeliyle dikkat çektiği söylenebilir. Bitcoin ilk transferin gerçekleştiği Ocak 2009 ayından bu yana ilerleyen bölümlerde tartışılan teknik ve sosyal boyutlarıyla yeni bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmıştır (Reid & Harrigan, 2013). Hayes (2017) çalışmasında, blokzincir teknolojisinin finans ve ekonomi alanlarının yanı sıra farklı alanlara ve sektörlere etkilerini tartışmıştır.

İlk yıllarında balon, ponzi ya da bir şeytan olarak tanımlanan haber ve çalışmalarda (Krugman, 2013) yasa dışı silah ve uyuşturucu ticareti için kullanıldığı yönündeki iddialar sebebiyle daha kötümser yorumların odağı olan bitcoin ve kripto paralar, zaman geçtikçe yasal çerçevelerin netleşmesi ve kamu regülatörleri tarafından incelenmeleri ile birlikte bu tür yorumların da giderek azaldığını söyleyebiliriz. Hatta gelinen noktada El Salvador tarafından 2021 yılında ülkenin resmi para birimleri arasında bitcoin yerini almıştır. Fiyatındaki dalgalanmalar, kripto para borsalarındaki dolandırıcılık haberleri ile gündeme gelen bu olgunun güçlü ve sınırlı yönlerini tartışmak gerekmektir. Bir sonraki bölümde bu konular tartışılacaktır.

2.1.1.1. *Bitcoin'in güçlü ve zayıf yönleri*

Bitcoin ilk işlemin gerçekleştiği Ocak 2009 tarihinden beri tarif edildiği gibi neredeyse kusursuz bir biçimde çalışmaktadır. Ancak buna rağmen, bir takım zayıf yönleri olduğu da bir gerçektir. Bu başlık altında Bitcoin'in güçlü ve zayıf yönleri literatürden çeşitli bakış açılarıyla ve örnekleriyle açıklanacaktır.

Bitcoin'in güçlü yönleri şu şekilde sıralanabilir;

- *Merkeziyetsiz biçimde değer transferine imkân tanıması*: Bitcoin, merkezi bir otorite tarafından kontrol edilmediği için ademi merkeziyetçi bir yapıya sahiptir. Bu da teknik olarak herhangi kurum, kuruluş ya da ülke tarafından kontrol edilmesi, değiştirilmesi veya manipüle edilmesinin imkânsız olması anlamına gelmektedir.
- *Anonim olması*: Bitcoin işlemlerinin anonim olduğu söylenebilir. Ağ üzerinde transfer için açık anahtar kullanılmaktadır ve bu adrese bakarak kime ait olduğunu belirlemek imkansızdır. Bu da bir kullanıcının kimlik bilgilerinin gizli kalmasını sağlamaktadır.
- *Güvenli bir ortam sunması*: Bitcoin işlemleri, açık anahtarlı şifreleme yöntemi kullanılarak güvence altına alınmaktadır. Bu da işlemlerin güvenli ve şifreli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.
- *Nispeten düşük transfer ücreti ve hızlı işlemlere olanak tanıması*: Bitcoin işlemleri, büyük miktarlı banka işlemlerine kıyasla daha düşük transfer ücretine sahiptir ve hızlıdır denilebilir. Özellikle uluslararası para transferleri için hızlı ve uygun maliyetli bir alternatif sunmaktadır.
- *Küresel ölçekte kullanılabilir olması*: Bitcoin, dünyanın herhangi bir yerinde internet bağlantısı olan herkes tarafından kullanılabilmektedir. Kripto para borsaları aracılığıyla, ledger adı verilen donanım cihazları ile, Bitcoin ATM'leri ya da ödeme kanalları ile kişisel cüzdanlara erişim mümkündür.
- *Sınırlı arzının olması*: Bitcoin, sınırlı bir arz ile tasarlanmıştır ve sadece 21 milyon adet üretilebilir. Bu da zamanla değerinin artabileceği anlamına gelir.
- *Açık kaynak kodlu olması*: Bitcoin yazılımı açık kaynak kodlu olduğundan, tüm işlemler herkes tarafından gözden geçirilebilir ve geliştirilebilmektedir.

Bu güçlü yönler, Bitcoin'in kabul görmesine ve popüler olmasına neden olduğu söylenebilir. Ancak, Bitcoin'in aynı zamanda bazı zayıf yönleri de vardır, bu nedenle,

dikkatli olmakta fayda olduğu söylenebilir. Bitcoin'in zayıf yönleri şu şekilde sıralanabilir;

- *Yüksek enerji tüketimi*: Sahip olduğu mutabakat algoritması (PoW) nedeniyle ağın yüksek enerji tüketimi gerçekleştirdiği söylenebilir, madenciler blok ödülü alabilmek için yarışmakta ve bunun sonucunda da yüksek güçte bilgisayarların sürekli çalışması gerektirmektedir. 2024 yılında Çin'deki madencilerin Bitcoin ağı için harcayacağı enerjinin Çekya ve Katar'ın toplam yıllık enerji tüketiminden yüksek olacağı tahmin edilmektedir. Bunun çevreye olan etkileri de tartışılmaktadır (de Vries, 2021; Jiang vd., 2021; Vranken, 2017). Benzer şekilde, bir diğer etkinin de madencilik için GPU gücü kullanılması nedeniyle küresel ekran kartı fiyatlarını da olumsuz etkileri tartışılmaktadır.
- *Ölçeklenebilirlik*: Bitcoin işlemleri ve madencilik işlemi zaman zaman ağdaki aşırı yüklenme nedeniyle yavaşlayabilmektedir (Raval, 2016). Bitcoin ağında gerçekleştirilen işlem sayısı arttıkça işlem sürelerinin uzaması ve işlem ücretlerinin yükselmesi mümkündür. Bitcoin, merkezi olmayan bir yapıya sahip olduğu için, işlemler blokzincirde onaylanmadan önce birçok bilgisayar tarafından doğrulanmaktadır. Bu nedenle, ağdaki işlem yoğunluğu arttıkça, işlem onaylama süresi artar ve ağ daha yavaş çalışabilir. Bu durum farklı blokzincir alt yapılarının da problemi olduğu söylenebilir, bir blokta yer alabilecek işlem sayısının sınırlı olması, işlem ücretlerinin yükselmesine ve işlem sürelerinin artmasına neden olabilmektedir. Ölçeklenebilirlik sorunu için ikinci katman çözümleri gibi yaklaşımlar da söz konusudur.
- *İşlemlerinin anında gerçekleşmemesi*: Tasarımı gereği blok sayısı azlığı nedeniyle işlemler hemen gerçekleşmeyebilir, bu işlem yoğunluğuna, işlem ücretine ve blokzincirdeki onay sürelerine bağlı olarak değişebilir. Genellikle, bir Bitcoin transferinin tamamlanması yaklaşık 10-30 dakika arasında sürer. Ancak, yoğun işlem dönemlerinde veya düşük ücretlerle yapılan işlemlerde bu süre daha uzun olabilir. Bu özellikle mikro ödemelerde son kullanıcı tarafından tercih edilmeyen bir durumdur. Örneğin, markete bir ekmek almak için gitseniz ve bunu Bitcoin ile ödemek isteseniz işlemin tamamlanması ve ağdan onay alma süresi hem market hem de müşteri için alternatif yöntemlerle ya da kredi kartıyla alışverişe göre daha uzun sürebilir.

- *Güvenlik*: Güçlü yönler arasında bulunan güvenlik unsuru, blokzincir okuryazarlığı düşük bireyler için bir soruna dönüşebilir, bireylerin cüzdanları ve borsa hesapları çeşitli güvenlik riskleriyle karşı karşıya kalabilmektedir. Özellikle, kullanıcıların hesapların çalınması, oltalama veya doğrudan siber saldırılara maruz kalma riski olmaktadır.
- *Regülasyon/yasal çerçeve eksikliği*: Yapısı gereği denetleyen ve düzenleyen bir mekanizma olmaması nedeniyle sorunlar yaşanabilir. Bu nedenle fiyat dalgalanmaları ve manipülasyona açık hareketler görülebilmektedir. Bitcoin henüz tam olarak regüle edilmediği için, bazı ülkelerde yasal belirsizlikler olabilir. Bu da yatırımcılar için riskli bir durum olabilir.
- *Fiyatındaki yüksek dalgalanmalar/oynaklık*: Bir yatırım aracı olarak Bitcoin fiyatındaki dalgalanmalar nedeniyle tartışılmaktadır. Bu görüştekiler, kripto para fiyatlarının oynaklığını da referans göstererek, 2000'li yılların başında ağırlıklı olarak teknoloji şirketlerinin bulunduğu Amerikan borsa endeksi NASDAQ'daki şirket senetlerinde meydana gelen büyük değer kaybı sonucu "dot-com bubble" olarak adlandırılan olay ile bir benzerlik olduğunu öne sürmektedirler (Bouoiyour & Selmi, 2015; Chaim & Laurini, 2019; Geuder vd., 2019; Locke, 2021; Robertson, 2021). Bu görüşlerin genellikle kripto para yönü ile ilgili olduğunu ve finansal değerlendirmeler sonucu bu kanıya varıldığını da ifade etmekte fayda bulunmaktadır. Bu nedenle bu değerlendirmeleri blokzincir için değil ancak bitcoin genelinde kripto paralar için bir eleştiriye girdiğini söyleyebiliriz. Yine de eğer blokzincir teknolojisini bir veri tabanı olarak düşünüyorsak, ağa veri yazma ücretlerinin fiyatla korale olması bu teknoloji için bir dezavantaj olarak görülebilir.

2.1.2. Bitcoine alternatif diğer kripto paralar ve projeler

Bitcoin'in yukarıda saydığımız zayıf yönlerini ve blokzincir teknolojisinde yeni yaklaşımları benimseyen topluluklar yeni fikirlerle Bitcoin'e alternatif kripto paraları/projeleri yani altcoinleri ortaya çıkarmaya başlamışlardır. Bunların ilki Namecoin'dir, en popüleri ve en yüksek ikinci piyasa değerine sahip olanı da bu tez yazıldığı dönemde Ethereum'dur. Hatta, Bitcoinin gelişiminden yeterince memnun olmayan bazı gruplar Bitcoin geliştirmesinden ayrılan gruplar bile olmuştur ve bunlar da Bitcoin ağını çatallayarak (fork) Bitcoin Cash, Bitcoin Gold, Bitcoin Private, Bitcoin

Diamond gibi isimlerle yeni projeler başlatarak bu ağın çalışma prensibine alternatif ve kendi görüşlerine göre daha iyisini ortaya koyduklarını iddia etmektedirler. Örneğin, altcoinlerden Ethereum, Serenity güncellemesi ve Ethereum 2.0 vizyonu ile daha hızlı ve Proof of Stake (PoS) mutabakat mekanizmasına geçerek daha çevreci olmaya çalıştığı; Bitcoin Cash isimli kripto para topluluğunun Bitcoin maksimum blok boyutunu 1MB'den 8MB'ye çıkararak daha fazla veriyi bir blokta taşımayı fikri ortaya çıkmıştır. Bunun gibi hemen hemen her kripto paranın blokzincir teknolojisinde kendilerine göre eksik ya da hatalı olduğunu düşündükleri bir soruna odaklandığını söyleyebiliriz. Bitcoinin zayıf yönleri bölümünde bahsettiğimiz sorunlar ve bu sorunlar etrafında gelişen yeni teknolojiler blokzincir teknolojisi geliştirerek farklı segmentlerde kategorileşmesine neden olduğu söylenebilir.

Bitcoin'e alternatif kripto para birimleri olarak tanımlanan altcoinler ve bunlara bağlı projeler gün geçtikçe gelişmeye ve ilerlemeye devam etmektedir. CoinMarketCap web sitesi verilerine göre, 30 Mart 2023 tarihi itibariyle 23113 farklı proje ve haliyle kripto para birimi bulunmaktadır (CoinMarketCap, 2023). Bu başlık altında bunların her birini incelemek oldukça zor olduğundan, mevcut projelerin kategorilerinden bazılarını şöyle sıralayabiliriz. DeFi, Metaverse, dApp, Oracle, katman 1, katman 2, platform, dex token, cex token, birlikte çalışılabilirlik (interoperability), güvenlik, kimlik, ölçekleme, sabit kripto para, DAO, cüzdan, dosya saklama, taraftar token kategorileri bunlardan yalnızca bir kaçıdır diyebiliriz.

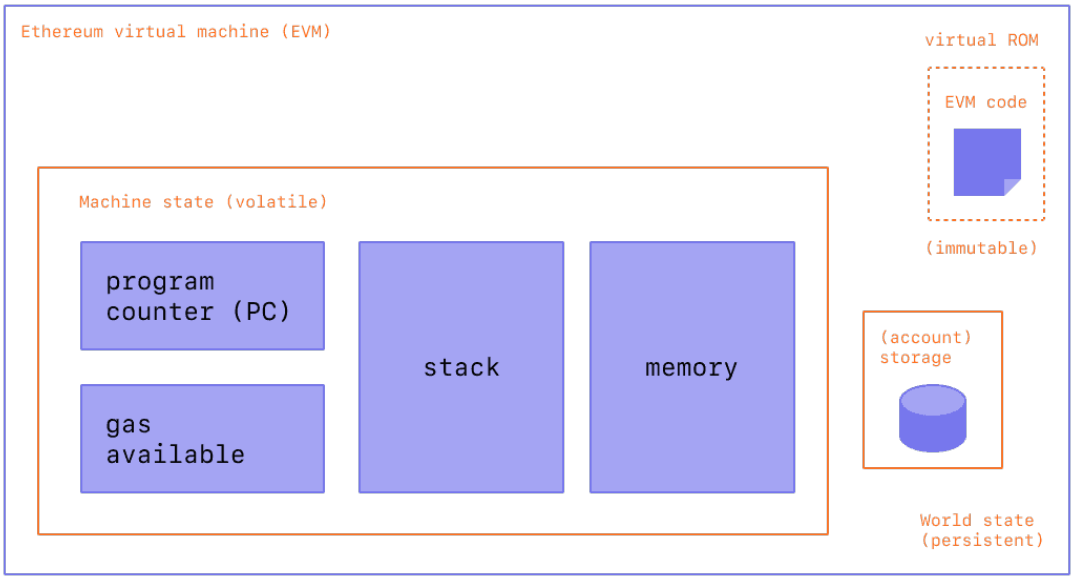
Altcoinlerden bir kısmını bu tez kapsamına girdiği ölçülerde tartışacağız. Bunlardan ilki ***Ethereum***'dur. Ethereum, Vitalik Buterin ve 4 kurucu ortağın öncülüğünde 2013 yılının sonlarında kurulmuştur. Ekibe 2014 yılının başlarında Gavin Wood'un da aralarında bulunduğu 3 kişi daha kurucu ortak olarak katılmıştır. Kurucu ortaklardan bazıları ilerleyen dönemlerde Polkadot, Cardano gibi geniş kitlelerce takip edilen projelerin de kuruculuğunu yapmışlardır. Programlanabilir blokzincirin temellerini atarak *akıllı sözleşme* kavramını ve Solidity isminde programlama dilini geliştirerek blokzincir teknolojisinin gelişimine katkı sağlamışlardır. Bitcoin için saniye başına işlem sayısı 5-7 ile arasında değişirken, Ethereum için bu değer 15-24 arasındadır ve bu da işlemlerin daha hızlı sonuçlanması anlamına gelmektedir.

Bitcoin, Bitcoin Script adlı özel olarak oluşturulmuş bir programlama dilinde sadece sınırlı emir işlenmesine izin verme yaklaşımını benimserken, Ethereum, Ethereum Virtual Machine (EVM-Ethereum Sanal Makinesi [ESM]) adı verilen sanal makinede

komut seti Turing-complete yaklaşımıyla çalışmaktadır (Lee, 2021) ve bu sayede "sınırsız" hesaplamaya izin verebilmek için ağın işleyebileceği toplam hesaplama miktarı ile sınırlandırılmıştır. Bu yöntemlerle de ilgili blokzincir sistemlerinin programlanabilirlik mekanizmaları aracılığıyla sonsuz döngüler tarafından duraklatılmaması amaçlanmıştır. Buna ek olarak alt yapılarının da determinist bir biçimde çalışıyor olması gerekmektedir.

Ethereum'un popüler kullanım alanları arasında, değiştirilebilir (ERC20) ve değiştirilemez (ERC721) tokenlerin oluşturulması, kitle fonlaması (ICO-Initial Coin Offering), merkezi olmayan finans (DeFi), merkezi olmayan borsalar (DEX), merkezi olmayan otonom organizasyonlar (DAO'lar) gibi yaygın alanlar olduğu söylenebilir. Bu konular arasında bulunan ERC721 değiştirilemeyen token standardı ile Nitelikli Fikri Tapu (NFT) kavramı ve DAO'lar ilerleyen bölümlerde daha detaylı biçimde bu tezin konusu bağlamında tartışılmıştır.

Ethereum protokolünün teknik detayları Yellow Paper olarak adlandırılan bir doküman ile geliştirilmeye devam etmektedir (Wood, 2022). Bu belgede, Ethereum Sanal Makinesi (ESM), hesaplama modeli, gas kavramı ve maliyetleri, blokzincir yapısı ve diğer teknik konuların detaylı açıklamaları yer almaktadır. Şekil 2.6'da Ethereum geliştiricileri için yayınlanan dokümantasyonda yer alan ESM'nin yapısı verilmiştir.



Şekil 2.6. *ESM'nin yapısı*

Kaynak: https://ethereum.org/tr/developers/docs/evm/

Ethereum Virtual Machine (ESM), Ethereum blokzincir ağı üzerinde çalışan bir sanal makinedir. Sanal makine bilgisayar bilimlerinde yazılan programları bulunacağı ortamlarda simüle edebilmek için gerçek bir makine gibi çalışan sistemlerdir. ESM, ağ üzerinde çalışan akıllı sözleşmelerin (smart contract) kodlarını yürütmek için kullanılır. ESM, blokzincirdeki her düğüm tarafından çalıştırılabilir ve her düğüm, akıllı sözleşmelerin yürütülmesine katkıda bulunabilir. ESM, Ethereum protokolünün ana bileşenlerinden biridir ve Ethereum'un merkezi olmayan uygulamaları (dApps) çalıştırmasını mümkün kılar. ESM, her bir işlem için işlemin karmaşıklığına ve kaynak kullanımına bağlı olarak bir gas maliyeti belirmektedir. İşlem maliyetleri, bir çeşit sigorta görevi görerek ağda gerçekleştirilen işlemleri sınırlar ve aynı zamanda ağa yapılabilecek kötü amaçlı saldırılara karşı direnci artırmayı hedeflemektedir (Wood, 2014, 2022). İşlem için daha yüksek bedel ödeyen bir kullanıcı işleminin daha hızlı tamamlamasını da sağlayabilmektedir. Burada madenciler için temel motivasyon yüksek ödül alabilmek olduğundan, yüksek işlem ücreti ödeyen kullanıcının işlemini daha önce yapmaya istekli olabilmektedirler. ESM aynı zamanda sözleşmelerin sözleşme oluşturucuları, kullanıcıları ve diğer akıllı sözleşmelerle etkileşimde bulunmasını sağlayan bir hesaplamalı model sağlamaktadır. Bu etkileşimler, örneğin bir kişinin bir akıllı sözleşmeye para göndermesi veya bir akıllı sözleşmenin diğer bir akıllı sözleşmeyle etkileşimde bulunması gibi işlemleri içerebilmektedir.

ESM, birçok farklı programlama dilini destekleyerek yazılmış akıllı sözleşme kodlarını çalıştırabilmektedir. Bu sayede, geliştiricilerin istedikleri dili kullanarak akıllı sözleşme yazmalarına olanak tanımaktadır. Ancak bunun yanı sıra, Solidity adında kendine has bir programlama dili de bulunmaktadır. Solidity, akıllı sözleşmelerin yazılmasında en popüler dildir ve ESM tarafından desteklenmektedir. Şekil 7.'de Solidity online editörü Remix IDE (https://remix.ethereum.org/) ortamında yazılmış örnek bir kod parçası yer almaktadır.

Şekil 2.7. *Solidity ile yazılan örnek bir kod parçası*

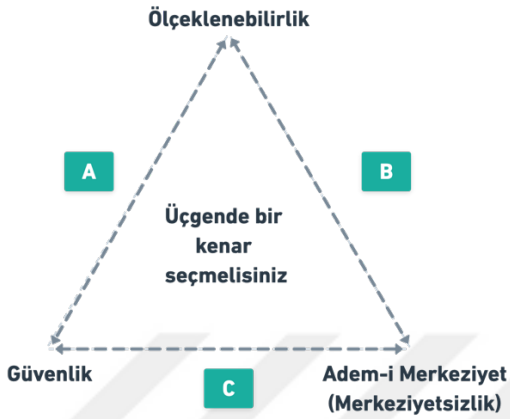
Bu örnek uygulamada, her programlama dilinde klişe olarak yazılan *HelloWorld* isimli uygulama gösterilmiştir. Bu basit bir akıllı sözleşme (smart contract) örneğinde, *message* adında bir değişken tanımlanmıştır ve başlangıç değeri olarak "Hello, World!" değeri atanmıştır. Uygulamada iki fonksiyon bulunmaktadır:

getMessage: Bu fonksiyon, *message* değişkeninin değerini döndürür. *view* anahtar kelimesiyle işaretlenmiş olduğundan, fonksiyonun herhangi bir değişiklik yapmadığı ve sadece okunduğu belirtilmiştir.

setMessage: Bu fonksiyon, *message* değişkeninin değerini günceller. Yeni bir mesaj alır ve *message* değişkenine atar. Fonksiyon *public* olarak işaretlenmiştir, yani herkesin bu fonksiyonu çağırabilmesine izin verir. Bu Solidity kodu, Solidity derleyicisi ile derlenerek bir Ethereum blokzincir ağına veya ESM'ine dağıtılabilir ve ardından bu akıllı sözleşmenin işlevlerini kullanılabilmektedir. Akıllı sözleşmeler daha karmaşık işlevleri de yerine getirebilecek bir programlama dili olup, karar yapıları ve döngüler gibi temel programlama dili özelliklerine de sahiptir. Akıllı sözleşme başlığında bu konu daha detaylı tartışılacaktır.

Ethereum ağında bazı sorunların olduğu alanyazında işaret edilmiştir (Bez vd., 2019; Fekete & Kiss, 2023; Schäffer vd., 2019), bunlardan biri de ölçeklenebilirlik sorunu olduğu söylenebilir. Ölçeklenebilirlik sorunu Vitalik Buterin "*The Scalability Trilemma"* başlığı altında kişisel bloğunda tartışmaktadır (Buterin, 2021). İmkânsız üçlü ya da üçlü açmaz terimleriyle tarif edebileceğimiz bu sorun; ağı tercih edenlerin, ölçeklenebilirlik, güvenlik ya da merkeziyetsizlik özelliklerinden en az birinden feragat etmeleri

gerektiğini adreslemektedir. Yani bu sorun, Şekil 2.8.'de gösterilen A, B ya da C kenarlarından biri seçilerek onlara bağlı iki özelik tam anlamıyla sağlanabilir ve üçüncü özellikten de feragat etmek gerektiğini ya da belirli ölçülerde ödün vermek gerektiğini anlatır.



Şekil 2.8. *Ethereum'un ölçeklenebilirlik çıkmazı (imkânsız üçlü)*

Güvenlik ve merkeziyetsizlik blokzincir tabanlı sistemlerin merkezi veri tabanlarından en üstün yönleri olduğu düşünülürse ağların genellikle ölçeklenebilirlik problemiyle baş etmek zorunda bırakmaktadır. Buna ek olarak, ağ üzerinde işlemlerin onaylanması için ödenen ücretlerinin madencilerin alacakları ücretlere göre tercih etmelerinden kaynaklı olması mantığı, işlem ücretlerinin ağın yoğun olduğu dönemlerde yükselmesine neden olmaktadır. Ethereum'un popülaritesi arttıkça, blokzincirin ölçeklenebilirlik sorunu daha belirgin hale geldiği söylenebilir. Yoğun biçimde kullanılan blokzincir altyapıları artan işlem yüklerini ağda rekabetçi işlem ücretleriyle çözmeye çalışmaya gitmekte ya da ağın yavaşlamasına neden olmaktadır. Bu soruna Katman 2 çözümleri yani Ethereum'un ana blokzinciri üzerine inşa edilen ikincil ölçeklendirme protokolleri çözüm getirmeye çalışmaktadır. Bu protokoller, işlemleri ana blokzinciri dışında gerçekleştirerek işlem hızını artırmakta ve gas maliyetlerini düşürmeye çalışmaktadırlar. Örnekler arasında Lightning Network ve Rollup çözümleri yer almaktadır (Worley & Skjellum, 2018).

Ölçeklenebilirlik probleminin yanı sıra, hala Ethereum geliştirici ekosistemi tarafından üzerine yoğun biçimde çalışılan diğer konuları şu şekilde özetleyebiliriz:

- *Yüksek İşlem Ücretleri*: Ethereum'da işlem ücretleri, kullanıcıların işlemlerini gerçekleştirebilmek için ödemeleri gereken gas maliyetlerine

bağlıdır. Yoğun dönemlerde gas maliyetlerinin yükselmesi, kullanıcılar için yüksek işlem ücretlerine yol açabilir. Bu durum, özellikle düşük bütçeli projelerin geliştirilmesini ve kullanıcıların günlük işlemlerini Ethereum ağı üzerinde maliyetli hale getirebilmektedir.

- *Güncelleme Süreci*: Ethereum'un yazılım ve alt yapı güncelleme süreci, protokolün değişikliklerinin tüm topluluk tarafından kabul edilmesi ve uygulanması gerektiği için zaman alıcı ve karmaşık olabilmektedir. Bu durum, hızlı yenilikleri ve iyileştirmeleri engelleyebilmekte ve ağın gelişimini sınırlayabilmektedir.
- *Kullanıcı Ara Yüzü ve Kullanılabilirlik*: Ethereum ekosistemi, geliştiriciler ve teknik kullanıcılar arasında yaygın olarak benimsenmiştir. Ancak, genel kullanıcılar için kullanıcı dostu bir ara yüz ve kullanılabilirlik hala eksiklikler arasındadır. Kripto para birimi cüzdanlarının karmaşıklığı ve bazı işlemlerin teknik bilgi gerektirmesi, genel kullanıcıların benimsemesini zorlaştırabilmektedir.

Bu sınırlı yönler, Ethereum ekosisteminin geliştirilmesi için birtakım fırsatlar sunduğunu söyleyebiliriz. Ethereum geliştirme ekibi ve topluluğu, bu sorunların üstesinden gelmek için çalışmalarını sürdürerek, çeşitli ölçeklenebilirlik çözümleri ve güncelleme planları üzerinde çalışmaktadır. Ethereum tüm bu sınırlı yönlere rağmen en çok kullanılan blokzincir altyapıları arasında yer alarak da gelişmeye devam etmektedir.

Ethereum'a ek olarak diğer alternatif coinleri detayları ile aktarmak uzun olacağından önemli olan bazıları hakkında kısaca özeti ve market simgeleri aşağıda verilmiştir:

- *Litecoin (LTC):* Erken dönem altcoinler arasında yer alan ve "Dijital Gümüş" olarak da adlandırılan Litecoin, Bitcoin'e benzer bir yapıya sahip olmasına rağmen Dogecoin gibi Scrypt algoritması kullanarak madencilik yapılmaktadır. Scrypt algoritması, Bitcoin'in SHA-256 algoritmasına kıyasla daha hafif bir algoritmadır ve madencilik sürecinde daha az hesaplama gücü gerektirmektedir. Bu sayede daha hızlı blok onay sürelerine sahip olmaktadırlar.
- *Ripple (XRP):* Ripple bir ödeme protokolü olarak bankalar ve finansal kurumlar arasında hızlı, güvenli ve düşük maliyetli para transferlerini mümkün kılmayı hedeflemektedir. Uluslararası para transferinde yaşanan

sorunlara odaklanan ağ, ödeme ağlarına bağlı kuruluşların mevcut altyapılarını kullanarak, sınır ötesi ödemeleri gerçekleştirmek için merkezi olmayan ve dijital ödemelerin geleceğine yönelik güçlü bir alternatif sunmaya çalışmaktadır.

- *Binance Coin (BNB):* 2017 yılında Ethereum ağı üzerinde ERC-20 protokolüne uygun olarak çıkarılmış ve ardından Binance Smart Chain adı verilen ağa taşınarak burada da işlem yapabilme yeteneğine kavuşmuştur. Bu tezin yazıldığı dönemde dünyada en yüksek hacmine sahip Binance isimli merkezi kripto para borsasında yapılan işlem ücretlerini almak ana amacıyla kullanılan bir koindir. BNB işlem ücretlerinin yanı sıra oyunlaştırma ile kullanıcılarına çeşitli senaryolarla ödül mekanizması oluşturmuştur ve popülaritesini artırmıştır. Binance'in haricinde Huobi, KuCoin gibi kripto para borsaları da kendi kripto paralarını çıkarmıştır.
- *Cardano (ADA):* Ethereum'un da kurucu ortakları arasında yer alan Charles Hoskinson tarafından kurulan proje, geliştirme sürecinde bilimsel araştırmalara dayanan bir yaklaşımı benimsemektedir. Akademisyenler ve uzmanlar, Cardano'nun protokolünü geliştirmek ve güncellemek için katkıda bulunmaktadırlar. (Worley & Skjellum, 2018) Ethereum ağının problemlerinde bahsettiğimiz ölçeklenebilirlik sorunlarını çözmek, akıllı sözleşmeleri desteklemek ve daha güvenli bir blokzincir altyapısı sunmak amacıyla geliştirilmiştir. Solidity dilindeki eksiklere dikkat çekerek, Plutus isminde bir dil geliştirmektedirler.
- *DogeCoin (DOGE):* Dogecoin bir Bitcoin çatallanmasıdır ve tamamen şaka amacıyla başlatılmıştır. Popülaritesini Elon Musk'ın sosyal medya üzerinden yaptığı açıklamalarla artıran bu proje, Marsa gitmek için SpaceX firması tarafından ödemelerde kullanılacağı iddia edilmiştir. Simgesi Shiba Inu cinsi bir köpek olan coin, düşük işlem ücretleri ve hızlı işlem onay süreleriyle tanımlansa da fiyatındaki sık sık büyük dalgalanmalarla gündeme gelmektedir.
- *Polygon (MATIC):* Ethereum blokzinciri üzerinde ölçeklenebilirlik sorunlarını çözmeyi hedefleyen katman 2 çözümlerinden biridir. Merkezi olmayan uygulamaların (dApps) geliştirilmesi için birtakım araçlar sunmayı hedeflemektedir.

- *Polkadot (DOT):* Web3 terimini ortaya atan Ethereum kurucu ortaklarından olan Gavin Wood'un kurucu ortakları arasında yer aldığı proje, merkezi olmayan uygulamaların (dApps) ve blokzincirlerin birbirleriyle aracılar olmadan etkileşimini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Platform parçalı (sharded) bir yapıya sahiptir ve bu parçalı yapı, farklı blokzincirlerin parçalara ayrılarak işlemlerin paralel olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu sayede işlem hız önemli ölçülerde artırılmaktadır. Polkadot'un kendi mutabakat mekanizması olan "Nominated Proof-of-Stake" (NPoS) ile daha hızlı ve enerji verimli bir ağ sağlamayı hedeflemektedir.
- *Solana (SOL):* ESM uyumluluğuna blokzincir platformu, Proof-of-History (PoH) mutabakat mekanizması ve Turbine adı verilen protokol üzerine inşa edilmiştir. Bu mekanizma sayesinde blok oluşturma süresi kısalırken işlem doğrulama süresi de optimize edilmektedir (Yakovenko, 2018). Yüksek işlem hızları, düşük ücretler ve geliştiriciler için esnek bir yapıya sahip olması, merkezi olmayan uygulamaların (dApps) bu ağ üzerinde geliştirilmesini teşvik etmektedir.
- *Tron (TRX):* Justin Sun tarafından 2017 yılında kurulan merkezi olmayan bir blokzincir platformu, özellikle içerik oluşturma ve eğlence endüstrilerinde çözümler sunan bir blokzincir platformudur. Ethereum'a benzer biçimde TRC-20 standardını destekleyen ağda kullanıcılarının kendi tokenlarını oluşturmasına ve dağıtmasına imkân tanımaktadır.
- *Avalanche (AVAX):* Cornell Üniversitesi bilgisayar bilimleri bölümünden Profesör Emin Gün Sirer kuruculuğunda yürütülen proje, kendine özgü bir mutabakat mekanizması olan Avalanche Consensus Protocol (Avalanche Mutabakat Protokolü) kullanır (Rocket vd., 2019) ve yüksek performans, hızlı işlem onayları ve ölçeklenebilirlik sağlayan bu mutabakat mekanizmasıyla dikkat çekmektedir. Ayrıca, Avalanche, diğer blokzincir platformlarıyla etkileşime geçebilen bir köprü olarak da kullanılabilmektedir.
- *Chainlink (LINK):* Blokzincir teknolojisinin gerçek dünya verileriyle etkileşimini güçlendirmeyi hedefleyen bir projedir. Oracle çözümleri sayesinde blokzincir uygulamalarının işlevselliği ve kullanım alanı

genişlemektedir. Chainlink ağı, farklı veri sağlayıcılarından gelen verileri akıllı sözleşmelere ileterek doğrulama ve güvenlik sağlamaktadır (Breidenbach vd., 2021). Ayrıca, akıllı sözleşmelerin birden fazla veri kaynağına bağlanmasına olanak tanımakta, böylece daha güvenilir ve kesintisiz veri akışı sağlanmaktadır.

- *Monero (XMR):* Gizlilik odaklı bir kripto para birimidir. Monero'nun ana hedefi, kullanıcıların işlemlerini ve hesap bakiyelerini izlenmesini zorlaştırmak için güçlü gizlilik ve anonimlik özellikleri sunmaktır (Wijaya vd., 2019). Monero, *halka imzalarını* ve *gizli adres* teknolojilerini kullanır. *Ring Signature*, işlemi gerçekleştiren kullanıcının kimliğini gizleyerek işlemleri karıştırken *Stealth Address* ise alıcı adreslerinin gizliliğini sağlamaktadır. Bu sayede, Monero işlemleri izlenemez ve hesap bakiyeleri görüntülenememektedir. Monero'nun bir diğer özelliği de işlemlerde kullanılan miktarın gizli tutulabilmesidir. Gönderen, herhangi bir gözlemciye işlem miktarını göstermeden Monero gönderebilmektedir. Bu, kullanıcıların finansal gizliliğini korurken aynı zamanda eşitlik ve ikame edilebilirlik (fungibility) ilkesini desteklemektedir.

Yukardaki altcoin listesine ek olarak daha geniş açıklamalar yapmak ve daha çok alt coin açıklamak mümkün ancak bu liste uzar gider, bu nedenle eğitimde blokzincir kullanımına odaklanan altcoin isimlerini ve market simgelerini şu şekilde verebiliriz:

- OpenCampus (EDU)
- Hooked Protocol (HOOK)
- Dock.io (DOCK)
- BitDegree (BDG)
- ODEM (ODE)
- Education Ecosystem (LEDU)
- Disciplina (DSCPL)
- EvidenZ (BCDT)

Tezin konusu olan alanda ve uygulamaya yönelik olan çalışmalar genellikle Ethereum ağını tercih etmektedir (Fekete & Kiss, 2023; Govindwar vd., 2023; Guerreiro vd., 2022; Holbl vd., 2018; Jani vd., 2023; Karataş, 2018; Kistaubayev vd., 2022; Nadeem vd., 2023; Nikolic vd., 2022; P. Ocheja vd., 2018, 2019; Pradeep vd., 2023; Rama Reddy vd., 2021; Turkanovic vd., 2018), ve kavram kanıtı çalışmalarını genellikle Ethereum

testneti üzerinde gerçekleştirmektedirler. Bunun yanı sıra, Solana (Artha vd., 2022), HyperLedger (Aamir vd., 2020; R. Chen vd., 2023; M. Khan & Naz, 2021; Nguyen vd., 2022; Samanta vd., 2021; G. Zhao vd., 2023), Algorand (Z. Z. Li vd., 2022) ağlarında geliştirilen uygulamalar da bulunmaktadır. Bu deneysel çalışmalarda farklı ağların kullanılması çalışmalara zenginlik getirmesine rağmen bir başka sorunu doğurmaktadır. Eğitim kayıtlarının farklı ağlarda bulunması bu kayıtlarının birlikte çalışılabilirliğine (interoperability) yönelik bir risk getireceği düşünülmektedir. İlerde bu konu açık ve uzaktan öğrenmede blokzincir kullanımı konu başlığında detaylı tartışılmıştır.

Çeşitli biçimlerde sınıflandırılan altcoinleri biraz daha yakından incelemek için detaylarına bakmakta fayda olduğu söylenebilir, ancak bu başlık altında tartışılırken birçok konu birbiriyle ilintili olduğundan eğitim teknolojileri bağlamında bir sınır çizilmeye gayret gösterilmiştir. Kategorilerine, mutabakat algoritmalarına, topluluklarına, çözüm aradıkları sorunlara göre blokzincir ağ türleri sınıflandırılabilir. İlerleyen bölümlerde altcoinlere daha derinlemesine bakabilmek için, blokzincir ağ türleri ve yine alternatif coinler arasında yer alan ancak finansal bir enstrüman olarak değerlendirildiği için sabit kripto para birimleri de ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

2.1.2.1. *Sabit kripto para birimi*

Sabit ya da stabil kripto para adlarıyla Türkleştirilen ve orijinal adı ile *stablecoin*'ler, kripto para birimlerine benzer şekilde dijital para birimleridir, ancak değerleri daha sabit ve stabil olduğu için isimleri *sabit kripto para birimi* olarak kullanılmaktadır. Diğer kripto para birimleri gibi, sabit kripto para birimleri de blokzincir teknolojisi kullanılarak işlem görmekte ve transfer edilebilmektedir (Hoang & Baur, 2021). Genellikle bu para birimleri halihazırda mevcut bir ya da birden fazla blokzincir alt yapısını kullanarak işlem görebilmektedirler.

Sabit kripto paraları ayrı bir başlıkta anlatmamın nedeni, doğası gereği fiat yani itibari paraya benzeyen ancak arkasında merkez bankası gibi bir yapı değil de blokzincir alt yapısı bulunmasıdır. Bu bağlamda sabit kripto paralar enteresan bir türdür denilebilir. Asıl kullanım amacı da blokzincir teknolojisinin geliştiği ilk dönemde kripto marketlerde altcoin alım işlemlerinde BTC eşinin kullanılmasına alternatif bir yol arayışıdır. Yani kripto markete alım satım yapmak isteyen bir kişinin önce BTC ardından da diğer altcoinleri alabiliyor olması durumudur. Sabit kripto paralar bu zorunluluğu ortadan

kaldırmıştır ve yatırımcıların alım satım işlemleri sırasında yükseliş ya da düşüşlerden en az etkilenmesini sağlamaktadır.

Fiyat dalgalanmaları yatırımcılar için kripto paraların en önemli dezavantajlarındandır. Stabil coin olarak anılan bu değerler, herhangi bir para birimine ya da kıymete eş değer olarak blokzincir ağında yer almaktadırlar. Örneğin, Tether (USDT) 1 Amerikan Dolarına eş değer gelen bir değer olarak piyasada yerini alır. Buna benzer şekilde, 1 Türk Lirasına eş değer BiLira isminde Ethereum, Avalanche blokzincir ağlarında çalışabilen bir kripto para birimi yer almaktadır.

Sabit kripto para birimleri değerlerini korumak için genellikle itibari para birimlerine (fiat para birimi) veya diğer varlıklara (emtia vb.) endekslenmişlerdir. Örneğin, bir sabit kripto para birimi olan USDC simgeli Circle şirketinin kripto para birimi USD Coin, bir ABD dolarına sabitlenmiştir. Bunun yanı sıra, bir sabit kripto para birimi Türk Lirası, Avrupa para birimi Euro, Çin Yuanı veya altına da endeksli olabilir. Bu şekilde, diğer kripto para birimlerine kıyasla daha sabit bir değere sahip olurlar ve bu bağlamda kullanıcılar arasında alım satım işlemi yapmazken daha yaygın kabul gördükleri söylenebilir. Bu para birimleri sabit kalmayı taahhüt ettikleri para birimlerine sabit kalabilmek için, genellikle bir veya daha fazla mekanizma kullanırlar. Bu mekanizmaların bazılarını şöyle özetleyebiliriz:

- *İtibari para birimleriyle endeksleme*: Bazı sabit kripto paralar, belirli bir itibari para birimi ile sabitlenir. Örneğin, ABD dolarına sabitlenmiş olabilir, bu durumda, sabit kripto paranın fiyatı ABD dolarıyla aynı seviyede kalır. Bunu yaparken kendi banka hesaplarında endeksledikleri itibari para birimlerini tutarak bu sabiti korumaya çalışırlar. Yani örneğin kripto marketlerinde dolaşıma 1000 ABD doları sabit kripto para çıkarabilmeleri için bir bankada en az 1000 ABD doları tutmaları gerekmektedir.
- *Kripto para birimleriyle endeksleme*: Bazı sabit kripto paralar, belirli bir kripto para birimi ile sabitlenir. Bu durumda, sabit kripto para fiyatı belirli bir kripto para birimindeki fiyatla aynı seviyede kalmaktadırlar. Bunlara, WBTC (Wrapped Bitcoin) ya da BETH (Beacon ETH) örnek olarak gösterilebilir. WBTC Ethereum ağında Bitcoin alıp satmak için kullanılırken, BETH Ethereum ağının 2.0 versiyonuna geçişinde Binance borsası tarafından kullanılan Ether fiyatına sabitlenmiş bir birimdir.

- *Emtia bazlı endeksleme*: Emtia destekli sabit kripto paralar esasen emtiaların blokzincir tabanlı temsilleridir ve merkezi bir kuruluş tarafından tutulan rezervlerle desteklenmektedirler. Emtia destekli sabit coinleri desteklemek için değerli metaller, petrol ve gayrimenkul gibi fiziksel varlıklar kullanılmaktadır. Bunlar arasında altın en yaygın olduğu söylenebilir. Ancak, bu emtiaların fiyatlarının dalgalanabileceğini ve dalgalanacağını ve dolayısıyla potansiyel olarak değer kaybedebileceğini anlamak gerekir. Örneğin, bir stablecoin, altın fiyatlarına yüzde bazlı olarak endekslenmiş olabilir. Bu durumda, stablecoin'in fiyatı, altın fiyatlarındaki değişikliklere göre ayarlanır. Paxos Gold (PAXG) ya da Tether Gold (xAUT) buna örnek olarak verilebilir.

Sabit kripto para birimlerinin fiyatları, birçok farklı faktöre bağlı olarak değişebilir. Ancak, bu tür kripto para birimlerinin adından da anlaşılacağı gibi, fiyatları genellikle belirli bir seviyede sabit kalır. Sabit kripto para birimlerinin fiyatlarının değişmemesi veya çok az değişmesi, özellikle diğer kripto para birimlerinin aşırı oynaklığına kıyasla avantajlıdır. Ancak, bu tür kripto para birimlerinin fiyatlarını sabit tutmak için kullanılan mekanizmaların işleyişi ve güvenilirliği de risk taşıyabilir. Örneğin, endeksleme mekanizmasında bir hata oluşabilir veya yönetim hatası nedeniyle fiyat değişebilir. Bu nedenle, stabilcoin'leri kullanmadan önce, riskleri dikkatle değerlendirmek ve ilgili düzenleyici kurumların tavsiyelerini takip etmek önemlidir.

Stablecoin'ler, kripto para birimlerindeki aşırı oynaklığın yarattığı riskleri azaltmak için tasarlanmıştır. Özellikle, diğer kripto para birimlerinin fiyatlarının hızla değişebileceği ve büyük değer kayıplarına neden olabileceği için, işletmeler ve yatırımcılar tarafından daha güvenilir bir araç olarak kullanılırlar. Stablecoin'ler, diğer kripto para birimleri gibi birçok farklı amaç için kullanılabilir. Örneğin, uluslararası para transferleri için daha hızlı, daha ucuz ve daha güvenli bir alternatif olarak kullanılabilirler. Ayrıca, merkezi olmayan finans (Decentralized Finance-DeFi) uygulamalarında kullanılırlar ve kullanıcıların kripto para birimlerini borç verme, borç alma ve takas etme işlemlerini gerçekleştirmelerine yardımcı olurlar. Ancak, sabit kripto paraların da bazı riskler taşımaktadır. Özellikle, stablecoin'lerin arkasındaki varlıkların değerinde ani düşüşler meydana gelirse, stablecoin'lerin değerleri de düşebilir, bu durum için İngilizceden gelen peg'ini kaybetmek (lost/brake currency peg) deyimi de kullanılır. Ayrıca, bazı stablecoin'lerin merkezi bir yönetimi olmadığı için, piyasada manipülasyona

açık olabilirler. Bu nedenle, stablecoin'leri kullanmadan önce, riskleri dikkatle değerlendirmek ve ilgili düzenleyici kurumların tavsiyelerini takip etmek önemlidir. Geçtiğimiz zamanlarda TerraUSD, USDC, DAI gibi sabit kripto paralar dolar sabitini kaybetmiştir. Bu durum piyasalarda endişelere neden olarak çok hızlı satış dalgalarına neden olabilmektedir.

Sabit kripto para birimlerine gösterilen ilgi, Avrupa Merkez Bankası, Çin Merkez bankası gibi bazı ülkelerin ya da toplulukların merkez bankalarının da dikkatini çekerek kendi merkez bankası dijital para birimini çıkarmayı hedeflerine koyduklarını duyurmuşlardır, bunlara Merkez Bankası Dijital Para Birimi (Central Bank Digital Currency [CBDC]) denilmektedir.

Ülkemizde de bir Türk Lirasına sabitlenmiş kripto para birimleri bulunmaktadır, bunlar BiLira (TRYB) ve TRYC'dir. Ayrıca ülkemizde Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın sabit kripto para çalışmaları olduğu basına yansımıştır. Bunu destekler nitelikte, On Birinci Kalkınma Planı metninde 249.5. maddesinde blokzincir tabanlı dijital merkez bankası parası uygulamaya konulacağına yönelik de bir madde yer almaktadır.

Bitcoin, kripto para ve blokzincir kavramlarının birbiri yerlerine kullanılmasının yaygın bir hata olduğundan daha önce bahsetmiştik. Miladını 2008 ya da 2009 yılı diye düşünürsek, bitcoin ile ortaya çıkan blokzincir teknolojisi, bitcoin için ortaya atılan fikir ve vizyondan ileri giderek yıllar içinde gelişim göstermiştir. Bu projelerin temelinde bitcoin ya da diğer blokzincir tabanlı projelerde olduğunu düşündükleri aksaklıkları çözerek en iyi, en hızlı ve en çok kullanılan blokzincir projesi olmaya çalışmaktadırlar. Bu projelerden bazılarını "bitcoin'e alternatif diğer kripto paralar ve projeler" bölümünde detaylı bir biçimde tartıştık, bir sonraki bölümde blokzincir teknolojisinin gelişim evrelerini ve önemli kilometre taşlarını ilgili alanyazından temellendirerek değineceğiz.

2.1.3. Blokzincir teknolojisinin tarihsel gelişimi

Daha önce bitcoinin para birimi ve blokzincir teknolojisinin de bu para biriminin alt yapısı olduğundan ve bitcoin için yayınlanan teknik dokümandan bahsetmiştik. Sanılanın aksine, bu dokümanda (Nakamoto, 2008) blok ve zincir kelimeleri ayrı ayrı terim olarak kullanılmış ve "blokzincir" kelimesi bir arada hiç kullanılmamıştır. Bu bağlamda, blokzincir kelimesinin bu teknik dokümana gelen yorumlar ve bitcoinin açık kaynak olarak geliştirmeye başlanması ile "blokzincir" kavramının türediği

düşünülmektedir. Satoshi Nakamoto'nun bu dokümanda ortaya koyduğu vizyon kitleleri bu fikir etrafında bir araya getirerek, bu teknolojinin merkeziyetsiz ve yenilikçi yönü sayesinde bankacılık uygulamalarından tedarik zincirine, telif haklarından eğitim teknolojilerine kadar birçok farklı alanda kullanım durumları tartışılmaya başlandı (Swan, 2015a; Yli-Huumo vd., 2016).

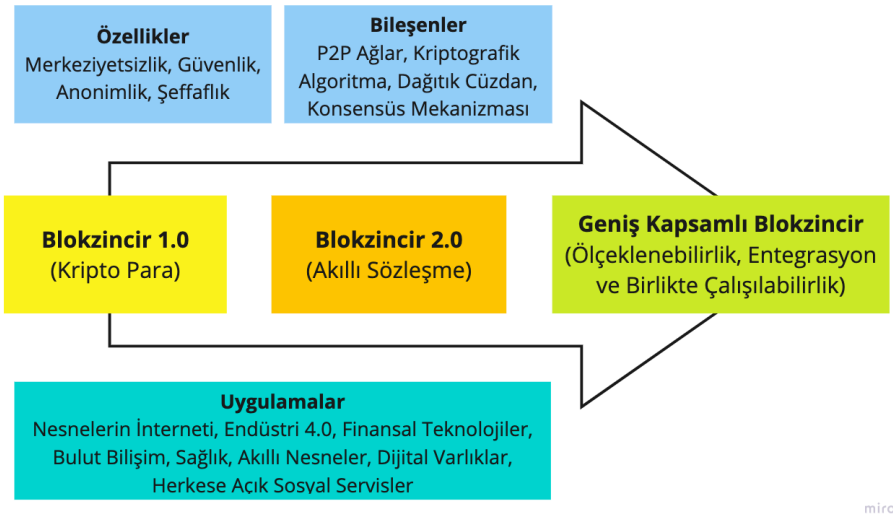
İlgili alanyazında blokzincir teknolojisinin gelişim aşamaları blokzincir 1.0, 2.0 ve 3.0 biçiminde adlandırılmaktadır (Swan, 2015a). Bu sınıflamaya gidilirken teknolojilerin gelişimine göre çözmeyi odaklandığı problemler, gerçek yaşam kullanım senaryoları, etkiledikleri sektörler ve yenilikçi yaklaşımları göz önünde bulundurulduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra, bu sınıflamaya benzer biçimde bitcoin 1.0, 2.0 ve 3.0 şeklinde ifade edildiği görülmektedir (Çarkacıoğlu, 2016; Raval, 2016). Swan (2015a)'in yaptığı sınıflama yaygın olarak kullanılmakta ve bu sınıflama kabul görmektedir. Angelis vd. (2019), blokzincir teknolojisinin yapay zekâ ile buluşmasını blokzincir 4.0 olarak sınıflandırırken, Bodkhe vd. (2020) de endüstri 4.0 tabanlı uygulamaların entegrasyonunu aynı isimle adlandırmaktadır. İlgili alanyazında bu tür tanımlara rastlansa da tezin yazıldığı yıl olan 2023 içinde henüz bu tanımların yaygın kabul görmediği söylenebilir. Gelecekte bu sınıflandırmaların daha net bir biçimde yapılabileceği düşünülmektedir. Şimdi sırasıyla bu sınıflandırmaları ve örnek uygulamalarını inceleyelim.

Blokzincir 1.0, Bitcoin'in ortaya çıkmasıyla başlayan blokzincir teknolojisinin 2009 ile 2014 yılları arasında gelişen öncü ilk dönemi işaret etmek için kullanıldığı söylenebilir. Bu dönemde blokzincir teknolojisi, dijital para birimleri ve işlem kayıtlarının güvenli bir şekilde saklanmasını sağlamak için kullanılmıştır. Blokzincir 1.0 esasında klasik para gönderim süreçleri ve dijital ödeme sistemleri gibi kripto para birimlerinin taraflara gönderimine odaklanmıştır (Angelis & Ribeiro da Silva, 2019; Lu, 2018; Swan, 2015a). Şüphesiz blokzincir 1.0'ın en önemli temsilcisi, yaygın olarak kabul göreni ve kullanılanı bitcoindir. Blokzincir 1.0'ın temsilcileri öncül ve erken dönem uygulamalara işaret etmektedir. Her ne kadar keskin bir biçimde mevcut uygulamaları bu sınıflandırmalara sokamasak da Swan (2015a) Litecoin, Dogecoin, Ripple, NXT ve Peercoin kripto para projelerini bu çatıda değerlendirmektedir.

Blokzincir 2.0, blokzincir teknolojisinin daha fazla uygulama alanına yayılmasıyla başlayan süreç olarak tanımlanmaktadır (X. Li vd., 2020). Bu sayede, blokzincir teknolojisi, birçok farklı sektörde kullanılmaya başlanarak sosyal ve teknik etkileri yayılmaya başladığı söylenebilir. Blokzincir 2.0 ile birlikte akıllı sözleşmeler ve

merkeziyetsiz uygulamaların blokzincir ağları üzerinde çalışması taraflar arasında yapılan anlaşmaların otomatik olarak yürürlüğe girmesini sağlamaktadır. Ethereum, Blokzincir 2.0 döneminin en önemli temsilcileri arasında gösterilmektedir. Akıllı sözleşmeler ve merkezi olmayan uygulamalar (dApps) blokzincir teknolojisinin kullanım alanını genişleterek sadece dijital para birimleriyle sınırlı kalmamasını sağlamıştır (Perera vd., 2020). Ethereum sağladığı alt yapı ve Solidity programlama dili sayesinde birçok farklı kripto projesinin de doğmasına zemin hazırlamıştır. Hatta, Basic Attention Token, OMiseGo, CiViC, WanChain, EOS, TRON gibi projeler başlangıçlarında ERC-20 standardında token olarak hizmet vermeye başlamış, kimileri geliştirdikleri kendi blokzincir ağlarına (mainnet) geçiş yaparken kimileri de hala Ethereum altyapısını kullanmaya devam etmiştir. Bunun temel sebeplerinden biri de akıllı sözleşmeler sayesinde Ethereum'un başarılı bir ICO (Initial Coin Offering) alt yapısı sunmasıdır. ICO, bir kripto para projesinin finansmanını sağlamak amacıyla düzenlediği bir kitlesel fonlama yöntemidir. Kripto projeleri başlangıcında diğer kripto para birimleriyle fon toplayarak projeleri için gerekli başlangıç finansmanını bu sayede elde etmeye çalışmaktadır. Ayrıca, ERC-20 token olarak yaratılan bir proje Ethereum ağı dinamikleriyle işlem görebilmektedir. Bu arada token ile coin arasındaki farkı da burada görmüş oluyoruz. Token ifadesi, kendine ait bir blokzincir ağları olmayan projeler için kullanılırken, coin ifadesi Bitcoin ya da Ethereum gibi kendine ait blokzincir ağları olan projeler için kullanılmaktadır.

Blokzincir 3.0 kavramı alanyazında gerçek yaşam senaryolarına odaklanmış endüstri uygulamaları olarak tanımlanmaktadır (Y. Xu, Li, Zeng, Cao, & Jiang, 2020). Blokzincir 3.0, blokzincir teknolojisinin daha geniş kitleler tarafından benimsenmesi ve ölçeklendirilmesi için tasarlanırken, blokzincir teknolojisinin bir sonraki nesil aşaması olarak kabul edilir ve blokzincir teknolojisinin potansiyelini daha da artırmayı hedeflemektedir (Lu, 2018). Blokzincir 3.0'da, blokzincir teknolojisi dijital varlıkların takasına, belge yönetimine ve hatta oylama sistemlerine kadar birçok alanda kullanılabilecek şekilde geliştirilmesine çalışılmaktadır. Şekil 2.9'da bu gelişim süreci gösterilmektedir. Buradan da anlaşılabileceği gibi bu teknolojinin gelişimi halen devam etmektedir (Lu, 2018).



Şekil 2.9. *Blokzincir teknolojisinin potansiyel gelişme trendi*

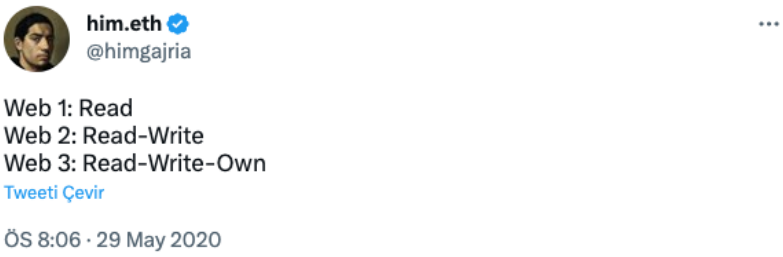
Bitcoin'in öncül olduğu ve ardından Ethereum'un da ondan sonraki ikinci devrim olarak kabul gördüğü söylenebilir. Blokzincir 3.0 birçok proje blokzincir 3.0'ın en iyi temsilcisi olduğu iddiasındadır ancak bu tezin yazıldığı yıl olan 2023 için güçlü bir temsilciye işaret etmek zor olduğu söylenebilir. Blokzincir teknolojisindeki yeni gelişmeler ve projeler bu boşluğu dolduracağı tahmin edilmektedir.

Özetlemek gerekirse, blokzincir 1.0 kavramı kripto para birimleriyle para transferi yapmayı mümkün kılan teknolojileri sınıflandırmak için kullanılırken; blokzincir 2.0, basit ödeme işlemlerinden çok daha kapsamlı finansal işlemleri akıllı sözleşmeler aracılığıyla yapmayı ifade etmektedir ve "programlanabilir para ve merkeziyetsiz finansal araçlar" kavramlarını ortaya çıkarmaktadır. Blokzincir 3.0'ın ise daha yaygın biçimde hayatımızda pratik biçimde kullanabileceğimiz kamu, sağlık, bilim, kültür ve sanat gibi belirli alanlardaki süreçleri tanımlamaktadır.

Bir başka tartışma ve kafa karışıklığının Web 3.0 ile Web3 kavramları arasında yaşandığını söyleyebiliriz. Web3 kavramı ilk olarak 2014 yılında Gavin Wood'un kurucusu olduğu Web3 vakfı tarafından ortaya atılsa da bu kavram kimi kaynaklarda web 3.0 olarak da tartışılmaktadır (Alabdulwahhab, 2018; Mikroyannidis, 2022; Ragnedda & Destefanis, 2020). Web 3.0 aslında başlarda web 1.0 ve web 2.0 teknolojisinin ardılı olarak semantik web kavramıyla özdeşse de blokzincir teknolojisindeki gelişmelerle birlikte birbirleri yerine kullanılmıştır. Blokzincir teknolojisinin gelişim evrelerini tartışırken, İnternet teknolojileri kadar heyecan verici ve devrim yaratan bir gelişme

olarak adlandırılması (M. Ali, 2017) bu teknoloji web teknolojilerine yakınsadığı tartışmaları da bulunmaktadır. Hatta az önce bahsettiğimiz gibi web 3.0 olarak adlandırılan ve önceleri "semantik web" olarak tanımlanmış terim, son zamanlarda "merkeziyetsiz web" olarak anılmaya başlanmış ve blokzincir teknolojisiyle birlikte kullanılmaya başlandığı söylenebilir. Bu noktada Ethereum ağında web uygulamalarının iletişim kurması için kullandığı JavaScript kütüphanesinin dosya adının "web3.js" olmasının da bu çağrışımı güçlendirdiği söylenebilir.

Web 1.0 olarak adlandırılan terim İnternetin yeni ortaya çıkıp yaygınlaştığı döneme işaret eden, kullanıcının pasif olduğu ve yalnızca içerikten okuyabildiği, web 2.0 olarak adlandırılan terim ise blog, wiki ve sosyal medya platformları sayesinde kullanıcının içerik istediği katkıyı sağlayabildiği teknoloji biçiminde tanımlanmaktadır (Fuchs vd., 2010). Web 3.0 ya da Web3 ise kullanıcının veriyi okuyabildiği, yazabildiği ve bunun yanı sıra blokzincir teknolojisi ile gelişen dağıtık cüzdan teknolojisi sayesinde ürettiği içeriğin sahibi de olabilme şansı sunmaktadır (Gajria, 2020). Şekil 2.10'da bu konu ile atılan tweet yer almaktadır. Web3 aynı zamanda web 2.0 uygulamalarında kullanıcının yarattığı içeriğin uygulamaya devredilmesi yani merkezi şirketler tarafından verinin kullanımını da belirli ölçülerde engelleyebilme potansiyeline de dikkat çekmektedir. Bu sayede kullanıcı kendi ürettiği içeriği istediği biçimde paylaşabilme ve bunu kontrol altına alabilme özgürlüğünü de beraberinde getirebileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 2.10. *Web3'ü anlamak*

Tüm bu tartışmaların ötesinde blokzincir teknolojisinin gelişimini izlemek ve zaman içinde bu tanımların daha çok anlam ifade edeceğini söylemek mümkündür. Blokzincir teknolojisi yapay zekâ, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik gibi diğer yıkıcı teknolojilerle birlikte zaman içinde farklı durumlara evirilebilir. Bu teknolojiyi daha iyi anlayabilmek için teknik ve sosyal boyutta incelemekte fayda olduğu söylenebilir.

2.1.4. Blokzincir teknolojisinin teknik boyutu

Blokzincir teknolojileri en basit haliyle, Bitcoin başlığında bahsettiğimiz şekilde işlemlerin bloklar halinde birbirlerine zincir gibi ardı sıra bağlanması ile çalışır. Bu süreç kimi blokzincir alt yapılarında farklı meydana gelse de nerdeyse tüm sistemler benzer biçimde çalışır. Bu süreci 4 aşamaya bölerek özetlemek mümkündür;

1. İlk aşamada işlemin kaydedilmesi gelmektedir ve bu aşamada, gönderilen değer hangi adresten, hangi adrese ve ne kadar olduğunun belirlenerek bloğa kaydedildiği işlemdir.
2. İkinci aşamada ağın türüne bağlı olarak yapılan işlemin uygunluğu ağdaki doğrulayıcılar tarafından mutabakat yani ortak fikir birliğine varmaları esasına göre belirlenir. Bu aşamada amaç ağa kötü amaçlı kullanımını kontrol altına almaktır.
3. Üçüncü aşama blokların birbirlerine belirlenen kurallar çerçevesinde bağlanmasını gerektirir. Burada veriler özet fonksiyonu ile güvenli bir biçimde birbirine bağlanır ve değiştirilemez.
4. Son aşamada ise ağdaki veri tüm katılımcılara zincirin kopyasını tutmaları için dağıtılır.

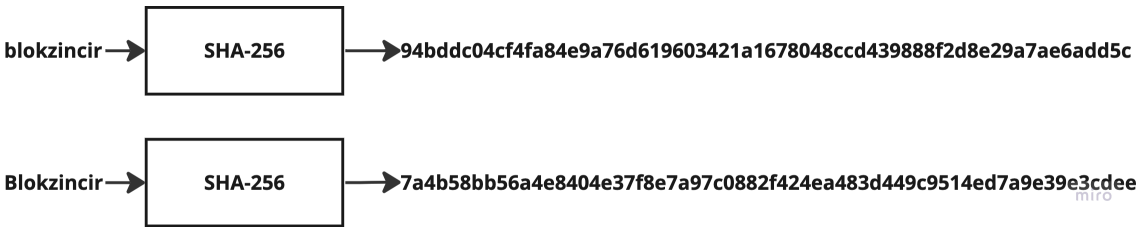
Bu tarif ettiğimiz çalışma biçiminde kullanılan mutabakat mekanizması, kriptografik özet türü, ağın türü ve kriptografik yaklaşımlar farklılık gösterebilir. Örnek vermek gerekirse, Bitcoin PoW mutabakat mekanizmasını kullanırken, Ethereum 2.0 PoS mutabakat mekanizmasını kullanmaktadır. Her blokzincir alt yapısı kendi blokzincirini daha hızlı, daha merkeziyetsiz, daha ölçeklenebilir ve diğer sistemlerle daha entegre yapmaya gayret göstermektedir. Blokzincir teknolojisinin teknik boyutunda, bilgisayar ve internet teknolojilerinin yanı sıra, matematik ve kriptografi yer almaktadır.

2.1.4.1. *Kriptografide şifreleme teknikleri*

Bitcoin ve diğerlerine "kripto para" denilmesinin nedeni, bu para birimlerinin kriptografik (şifreleme) teknikleri kullanarak güvenliği ve gizliliği sağlamalarıdır. Aynı zamanda bu teknikler İnternette alışveriş yaparken kredi kartı bilgilerinin sunuculara aktarılmasında kullanılan SSL isimli protokolde de kullanılmaktadır. Bu bağlamda, SSL ile gönderilen bir verinin kırılması ne kadar mümkünse blokzincirdeki verilerin de kırılması o kadar mümkündür.

Kriptografi blokzincire veri kayıt işlemlerinin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bir dizi matematiksel algoritma ve şifreleme yöntemlerini kullanmaktadır. Blokzincir teknolojisi, çeşitli kriptografik teknikleri kullanarak güvenlik, bütünlük ve gizlilik sağlamaktadır. İşte blokzincirde yaygın olarak kullanılan bazı kriptografik teknikler:

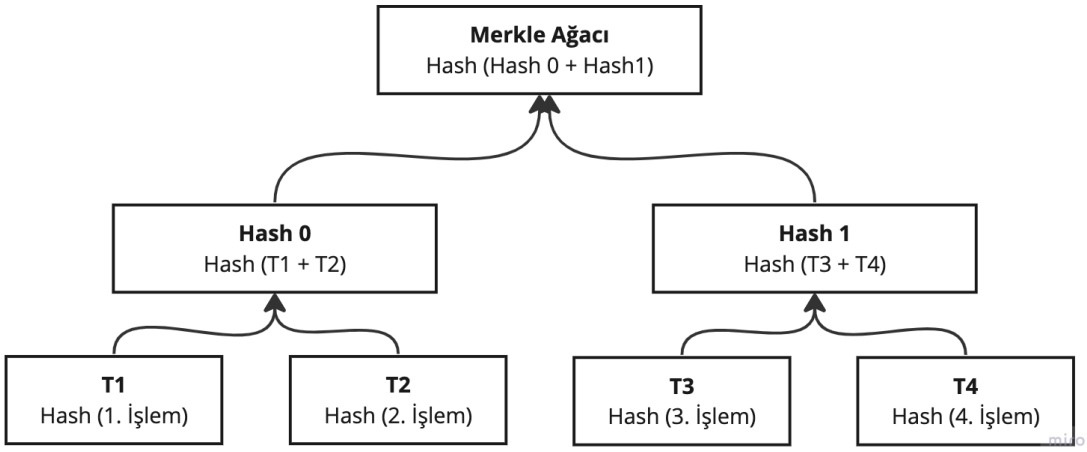
- *Hash Fonksiyonu:* Özetleme fonksiyonu, verileri sabit uzunluklu bir dizeye dönüştüren matematiksel fonksiyonlardır. Blok verilerinin bütünlüğünü kontrol etmek, işlemlerin hızlı bir şekilde doğrulanmasını sağlamak ve blokları birbirine bağlamak için kullanılır. Örneğin, Bitcoin ağında SHA-256 (Secure Hash Algorithm 256-bit) özetleme fonksiyonu kullanılır (Benchoufi vd., 2017; Gao vd., 2018). Şekil 2.11'de sol taraf girdiyi, ortadaki kutu kriptografik özetleme fonksiyonunu sağ taraf ise özeti temsil etmektedir. Özet fonksiyonları deterministtik bir yapıdadır, yani her zaman aynı girdiyle aynı çıktıyı elde etmektedir. Girdi verisinin uzunluğu fark etmeksizin aynı uzunlukta çıktı üretir. Örnek şekilde görüldüğü gibi kelimenin baş harfi küçük harften büyük harfe çevrildiğinde birbirinden tamamen bağımsız ve tahmin edilmesi neredeyse imkânsız iki veri elde edilmektedir.



Şekil 2.11. *Kriptografik özetleme fonksiyon çıktısı örneği*

- *Asimetrik Şifreleme (Public-Key Cryptography):* Asimetrik şifreleme, bir anahtar çifti olan özel (private) ve herkese açık (public) anahtarlar kullanarak şifreleme ve deşifreleme işlemlerini gerçekleştirilmektedir. Blokzincirde asimetrik şifreleme genellikle dijital imza oluşturma, kimlik doğrulama ve güvenli iletişim için kullanılmaktadır. Örneğin, Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) Bitcoin ve Ethereum gibi birçok blokzincir altyapısında kullanılmaktadır (Murray, 2019).

- *Simetrik Şifreleme:* Simetrik şifreleme, aynı anahtarın hem şifreleme hem de deşifreleme için kullanıldığı bir şifreleme yöntemidir (Schinckus, 2020). Blokzincirde, simetrik şifreleme genellikle verilerin şifrelenmesi ve şifre çözülmesi için kullanılmaktadır. Örneğin, Advanced Encryption Standard (AES) simetrik şifreleme algoritması birçok blokzincir uygulamasında kullanılmaktadır.
- *Merkle Ağacı:* Merkle ağacı, verileri hiyerarşik bir yapıda saklamak ve bütünlüklerini doğrulamak için kullanılan bir yapıdır (Merkle, 1979). Blokzincirde, her bir blokta yer alan işlemler birer özet değeriyle temsil edilir ve bu özet değerleri bir ağaç şeklinde birbirleriyle bağlanarak yapılandırılmaktadır. Bu yapı, verilerin bütünlüğünün doğrulanmasını kolaylaştırmaktadır. Şekil 2.12.'de 4 işlemden elde edilen tek bir Merkle ağacı örneği yer almaktadır.



Şekil 2.12. *İkili Merkle ağacı örneği*

- *Zero-Knowledge Proof (ZKP):* Sıfır bilgi ispatı, bir tarafın bir bilgiye sahip olduğunu kanıtlamasını gerektirmeden, diğer tarafa belirli bir bilginin doğru olduğunu ispatlamasına olanak tanıyan bir kriptografik protokoldür (Morais vd., 2019). Blokzincirde ZKP teknikleri, gizlilik, kimlik doğrulama ve veri paylaşımı gibi alanlarda kullanılabilmektedir.

Daha önce de belirttiğimiz gibi blokzincir, dağıtık bir defter sistemidir ve bir dizi bloğun birbirine bağlanmasıyla oluşturulur. Her blok, içerisinde bir dizi işlemi veya veriyi

barındırmaktadır. Bloklar, matematiksel kriptografik algoritmalar kullanılarak birbirine bağlanır ve bu sayede değiştirilmesi hemen hemen olanaksız hale getirilir. Bir blok oluşturulduğunda, içerdiği verilerin doğruluğu ve bütünlüğü, bloğun "özet" adı verilen bir değeriyle doğrulanır. Bu değer, bloğun içeriğindeki verilerin matematiksel olarak bir kriptografik özetini oluşturur. Bir blok oluşturulduğunda, içeriğindeki herhangi bir değişiklik, özet değerini değiştirir, bu da bloğun geçerliliğini etkilemektedir.

Blokzincirdeki her bir blok, bir önceki bloğun özet değerini içermektedir. Bu, blokların birbirine bağlı olduğu ve tutarlı bir zincir oluşturduğu anlamına gelir. Her bloğun bir önceki bloğun özet değerini içermesi, blokların değiştirilmesini zorlaştırır çünkü bir bloğun içeriği değiştirilirse, tüm sonraki blokların özet değerleri de doğal olarak değişecektir. Bu da manipülasyona karşı dayanıklı, şeffaf ve güvenliğini bilişim teknolojileri ve matematik sayesinde sağlamış olmaktadır.

2.1.4.2. *Mutabakat algoritmaları*

Blokzincir teknolojilerinde mutabakat (consensus) algoritmaları, ağdaki katılımcıların anlaşmazlık durumlarında birlikte çalışmasını ve güvenilir bir şekilde blokzincir üzerinde yeni blok ekleme konusunda ortak karara varmasını sağlayan mekanizmadır (Tosh vd., 2018). Mutabakat algoritmalarının temel işlevleri şunlardır:

- *Güven ve Güvenilirlik:* Mutabakat algoritmaları, blokzincir ağındaki katılımcıların işlemleri onaylaması ve blokları oluşturması için bir mekanizma sunmaktadır. Bu algoritmalar, ağdaki her katılımcının aynı sonuca ulaşmasını sağlar ve dolayısıyla güvenilirliği artırmaktadır. Blokzincir teknolojisi, merkezi olmayan bir yapıya dayandığı için güven esaslıdır ve mutabakat algoritmaları bu güveni sağlamada kritik bir rol oynamaktadır.
- *Ağ Ölçeklenebilirliği:* Blokzincir ağlarındaki işlem sayısı arttıkça, mutabakat algoritması, bu işlemlerin hızlı bir şekilde onaylanmasını ve bloklara eklenmesini sağlamak için etkin olmalıdır. Ölçeklenebilir bir mutabakat algoritması, ağın daha fazla işlemi işleyebilmesini ve daha yüksek bir performans sergilemesini sağlamaktadır.
- *Ağ Dayanıklılığı:* Mutabakat algoritmaları, blokzincir ağındaki katılımcıların birlikte çalışmasını ve anlaşmazlık durumlarında bile ağın devam etmesini sağlar. Bu, ağın dayanıklılığını artırır ve tek bir noktada

başarısızlık veya saldırıya karşı dirençli olmasını sağlar. Mutabakat algoritmaları, ağdaki katılımcıların birlikte hareket etmesini sağlayarak, güvenlik ve bütünlük açısından önemli bir koruma sağlar.

Blokzincir tabanlı bir sistemde madencilik gücünün çoğunluğunu yani %51'ini elinde bulunduran bir saldırgan, ağdaki mutabakat mekanizmasını manipüle etme potansiyeline sahip olabilir ve ağın güvenliğini tehlikeye atabilir. Blokzincir toplulukları, bu tür saldırıları önlemek için çeşitli önlemler almaktadırlar. Bunların başında güçlü mutabakat algoritmalarının kullanılması, madencilik gücünün adil şekilde dağıtılması, ek katmanlar veya yan zincirlerin kullanılması gibi yöntemler gelmektedir.

%51 atağı durumunda, bir kötü niyetli kullanıcı ağda mevcut olan toplam madencilik gücünün yüzde 51'ini kontrol ederse, ağın konsensüs mekanizması üzerinde etkili bir kontrol sağlayabilir. Bu durumda saldırgan, geçmiş işlemleri değiştirebilir, çift harcamalar yapabilir veya ağı durdurabilir (Bamakan vd., 2020). Blokzincir sistemlerinde birçok farklı mutabakat algoritması bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır:

- *Proof of Work (PoW):* İş ispatı, blokzincirin ilk ve en yaygın kullanılan ve Nakamoto protokolü olarak da adlandırılan mutabakat algoritmasıdır. Bu algoritma, ağdaki katılımcıların belirli bir matematiksel problemin çözümünü bulmak için hesaplama gücü harcamasını gerektirir. İlk başarıyla problemin çözümünü bulan katılımcı, bir bloğu oluşturma ve blok ödülünü alma hakkını elde etmektedir. Bitcoin, Ethereum 1.0 PoW kullanan blokzincir arasındadır.
- *Proof of Stake (PoS):* Pay ispatı, blokzincir sistemlerinde kullanılan bir mutabakat algoritmasıdır. *Parayı veren düdüğü çalar* mantığıyla hareket etmektedir. Bu algoritma, katılımcıların ağa belirli miktarda kripto para birimi sahipliği ile katılarak blokları onaylamasını sağlar. PoS algoritması, kullanıcının sahip olduğu kripto para birimi miktarına göre blokların oluşturulmasını ve onaylanmasını yönetmektedir. Ethereum 2.0 gibi blokzincir projeleri PoS kullanmaktadır.
- *Delegated Proof of Stake (DPoS):* Yetkilendirilmiş pay ispatı, katılımcıların oylamayla seçilen birkaç temsilciye onay yetkisi vermesi ve temsilcilerin blokları oluşturması ve onaylaması üzerine kuruludur. EOS gibi projeler DPoS algoritmasını kullanmaktadır.

- *Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT):* Bu mutabakat yöntemi Bizans Generalleri problemini çözmek için kullanılır. Bizans Hata Toleransı, bir ağdaki katılımcıların anlaşmazlık durumlarında birbirleriyle iletişim kurarak doğru sonuca varmalarını sağlamaktadır. Hyperledger Fabric gibi özel blokzincir projelerinde PBFT algoritması kullanılmaktadır.
- *Proof of Burn (PoB):* Yakma ispatı, bir blokzincir ağında mutabakata varmak için alternatif bir yöntemdir ve arkasında yatan fikir madencilerin yaptığı işlemleri kanıtlamak için enerji veya zaman harcamamaları düşüncesidir. Bu algoritmada, madenciler ödül almak için sahip oldukları kripto para birimlerinin bir kısmını yakmak zorundadır. Burada yakmak, bir kullanıcının ağ üzerinde coin, token veya madencilik ayrıcalıkları almak için bir "yakım adresine" (işlevi olmayan bir cüzdan) bir miktar kripto para göndermesi anlamına gelmektedir. Yakılan miktar asla geri getirilememektedir.

Bu mutabakat algoritmaları, farklı blokzincir projeleri ve uygulamalar arasında farklılıklar gösterir. Her bir algoritmanın avantajları, dezavantajları ve kullanım senaryoları bulunmaktadır. Projeler, ölçeklenebilirlik, güvenlik, enerji verimliliği ve merkeziyetçilik gibi faktörleri dikkate alarak mutabakat algoritmasını seçerler.

Mutabakat algoritmalarının karşılaştırma tablosu Tablo 2.1'de verilmiştir, bu tablo Bamakan vd. (2020) çalışmasından uyarlanmıştır. Tabloda yer alan SİS - Saniyedeki İşlem Sayısı, DBS - Dakikadaki Blok Sayısı anlamına gelmektedir. Blok ödülü ise makalenin yazıldığı 2019 yılına göre oluşturulduğu için ilgili dönemde geçerlidir. Ödül yarılanması nedeniyle değerler yıllara göre değişiklik gösterebilmektedir.

Tablo 2.1. *Mutabakat algoritmalarının karşılaştırılması*

Mutabakat Algoritması	Kripto Varlık	Algoritma	SİS	DBS	Blok ödülü
PoW	Bitcoin	SHA256	7	10	12.5 BTC
	Ethereum 1.0	Ethash	15	0.25	2
	Litecoin	Scrypt	28	2.3	25
	Monero	Cryptonight	30	2	4.9
	Zcash	Equihash	27	2	10
PoS	Waves (LPoS)	LPoS	100	1	-
	Qtum	PoS 3.0	70	2	-
	Nxt	SHA256	100	1	-
	Blackcoin	Scrypt	0	1	-
	Nano	Blake2b	7000	Hemen	-
DPoS	EOS	DPoS	4000	0.5	-
	Cardano	Ourobors	257	0.33	-
	TRON	DPoS	2000	0.5	32 TRON
	Lisk	DPoS	3	0.284	-
	BitShares	DPoS	100000	0.05	-
PBFT	Ripple	-	1500	0.06	-
	Stellar	-	1000	0.08	-
	Ziliqa	Keccak	0	45s.–4dk.	-
PoC	Burst	Shabal256	80	4	460
DAG	IOTA	Curl-P	1000	Hemen	-
	Byteball	DAG	10	0.5	-
	Travelflex	DAG	3500	1	30 TRF
PoA (Hibrit PoW/PoS)	Dash	X11	56	2.5	2.09
	Decred	BLAKE256	14	5	18.22
	Komodo	Equihash	100	1	3 KMD
	Peercoin	SHA256	0	10	37.36 PPC
	Espers	HMQ1725	0	5	5000
dBFT	NEO	RIPEMD160	1000	0.25	-
PoI	NEM (XEM)	Ed25519	10000	1	-
PoB	Slimcoin	Dcrypt	0.0003	1.5	50 SLM

Tabloda bulunan ama açıklamasını yapmadığımız diğer mutabakat algoritmaları Proof of Capacity (PoC), Proof of Importance (PoI), Directed Acyclic Graphs (DAG), Delegated Byzantine Fault Tolerance (dBFT)'dir. "En iyi" mutabakat algoritması diye bir şey yoktur ve her biri güçlü ve sınırlı yönlerini beraberinde getirmektedir (Hoy, 2019), bu nedenle bu alan yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu söylenebilir.

2.1.4.3. *Blokzincir ağ türleri*

Blokzincir ağ türleri, farklı ihtiyaçlara ve kullanım senaryolarına yönelik çeşitli çözümler sunmaktadırlar. Bu farklı ağ türleri, güvenlik, ölçeklenebilirlik, hız ve katılımcı kontrolü gibi özelliklerle kullanıma sunulmaktadır (Usta & Doğantekin, 2018; G. Ünal & Ulusoy, 2020). Blokzincir ağ türlerini 4 kategoride toplayabiliriz: (1) Açık (public), (2) özel (private), (3) hibrit (hybrid) ve (4) konsorsiyum (consortium):

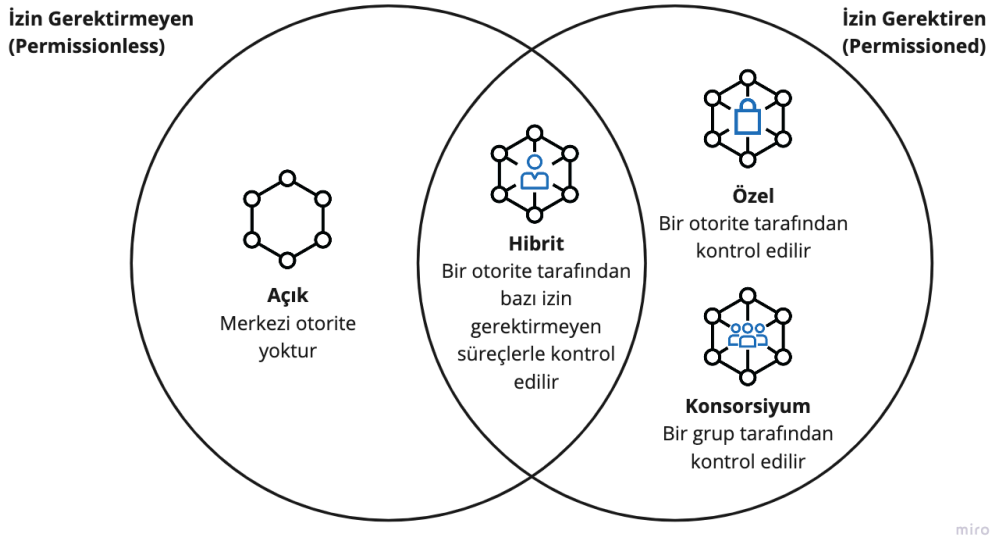
- *Açık blokzincir:* Ağda kayıtlı verilerin hiçbir kurala bağlı olmadan izin gerektirmeyen herkesin erişebildiği ve katılım gösterebildiği genel ağlardır. En yaygın açık blokzincir ağları Bitcoin ve Ethereum'dur. Bu tür blokzincirlerde işlemler herkes tarafından doğrulanabilir ve ağ katılımcıları arasında bir anlaşmazlık durumunda çoğunluk kararına başvurulur.
- *Özel blokzincir:* Sınırlı sayıda katılımcının erişebildiği ve işlem yapabildiği blokzincir ağlardır. Genellikle bir şirket, kuruluş veya konsorsiyum tarafından yönetilen bu ağlar, belirlenen amaçlara hizmet etmektedirler. Özel blokzincirler daha fazla kontrol ve gizlilik sağlayabilir ve ölçeklenebilirdirler, ancak merkezidirler.
- *Hibrit blokzincir:* Bir nevi açık ve özel blokzincirlerin birleşimi gibidir. Hem açık hem de özel blokzincir özelliklerini içerir ve belirli işlemlerin herkese açık olmasını, diğer işlemlerin ise daha sınırlı erişimle yönetilmesini sağlamayı amaçlamaktadırlar. Hibrit blokzincirler, özel işlemlerin gizliliğini korurken, belirli verilerin şeffaf ve güvenilir bir şekilde paylaşılmasını sağlayabilmektedirler. IBM Food Trust bu blokzincir türüne bir örnek olarak gösterilebilir.
- *Konsorsiyum blokzincir:* Bir grup kuruluş veya kurum arasında iş birliği yapmak için oluşturulan ve yönetilen blokzincir ağlarıdır. Bu tür bir blokzincir ağı, katılımcıların belirli bir konsorsiyum veya iş birliği anlaşması altında bir araya gelerek ağa katılmasını gerektirmektedir.

Genellikle belirli bir sektör veya endüstriye yönelik kullanım durumları için oluşturulan ağlar, katılımcılarının birbirlerini tanıdığı ve işbirliği yapmak için belirli bir güven ortamı oluşturduğundan özel ve izin gerektiren yapıda tasarlanmaktadırlar. Global Shipping Business Network Consortium bu blokzincir türüne örnek olarak verilebilir.

Bu türlere ek olarak izin gerektiren ve izin gerektirmeyen şeklinde sınıflandırma yapmak mümkündür.

- *İzin gerektirmeyen (permissionless) blokzincir:* Herhangi bir kişinin veya kurumun ağa katılmasına izin verilen ve izin alınmadan kullanıma açık bir blokzincir türüdür.
- *İzin gerektiren (permissioned) blokzincir:* Katılımcıların ağa erişmek için izin alması gereken bir blokzincir türüdür. Bu tür bir blokzincirde, katılımcılar ve düğümler, ağa katılmadan önce tanımlanmış bir izin sürecinden geçmelidir. Hyperledger Fabric, Corda, Quorum, R3 özel blokzincir ağlarına örnek olarak verilebilir.

Tüm bu anlatıları daha iyi gösterebilmek için Şekil 2.13.'te blokzincir türleri verilmiştir. Blokzincir kullanmaya karar veren bir işletme ya da kuruluş, ihtiyaçları doğrultusunda en uygun blokzincir ağını seçmek için düşünmelidir. Bu konuda yine *blokzincire ne zaman ihtiyaç duyarız?* başlığında bulunan algoritma takip edilebilir.



Şekil 2.13. *Blokzincir türleri*

Tablo 2.2'de blokzincir ağ türlerinin yetenekleri karşılaştırmalı şekilde verilmiştir (Zheng vd., 2017).

Tablo 2.2. *Blokzincir ağ türlerinin karşılaştırılması*

Özellik	**Açık Blokzincir**	**Konsorsiyum Blokzincir**	**Özel Blokzincir**
Mutabakatı belirleme	Tüm madenciler	Seçilen düğüm (node) kümesi	Bir topluluk
Okuma izni	Herkese açık	Herkese açık veya kısıtlı	Herkese açık veya kısıtlı
Değişmezlik	Değiştirmesi neredeyse imkânsız	Değiştirilebilir	Değiştirilebilir
Verimlilik	Düşük	Yüksek	Yüksek
Merkezilik	Hayır	Kısmen	Evet
Mutabakat süreçleri	İzinsiz	İzinli	İzinli

2.1.4.4. *Akıllı sözleşmeler*

Akıllı sözleşme kavramı ilk olarak Nick Szabo tarafından tartışmaya başlanmış ve günümüzde blokzincir teknolojileri ile birlikte yeni uygulama alanları kazanmıştır. Szabo (1997) akıllı sözleşmeleri, tarafların bilgisayar ağları üzerinden ilişkileri resmileştirmek ve güvence altına almak için kullandığı kullanıcı ara yüzlerine sahip bütünleşik protokoller olarak tanımlamıştır. Akıllı sözleşmeler iki ya da daha çok tarafın bulunduğu,

sözleşmede belirlenen koşulların yerine gelmesi durumunda kendiliğinden çalışan ve işlemleri yönetebilen kod parçacıklarıdır. Akıllı sözleşmelerin temel özelliklerini şöyle sıralayabiliriz: (1) elektronik ortamlarda düzenlenebilirler (2) koşullara bağlı biçimde çalışırlar (3) şartlar gerçekleştiğinde otomatik olarak çalışılar (4) tanımlandıktan sonra üzerlerinde değişiklik yapılamamaktadır (BCTR, 2021). Koşullar tetiklendiğinde otomatik olarak çalıştıkları için güveni artıran bir mekanizmadır.

Blokzincirin tarihsel gelişimi başlığında bahsettiğimiz gibi akıllı sözleşmeler, blokzincir 2.0 kavramının ortaya atılmasının en önemli nedenlerinden biridir. Yarattığı paradigma değişimi ile akıllı sözleşmeleri "programlanabilir para" olarak da tanımlayabiliriz (Lee, 2021). Programlanabilir para, kurallarını belirleyebildiğiniz ve koşullar meydana geldiğinde istenilen yönde hareket eden bir mekanizma sunmaktadır.

Blokzincir ağları üzerinde akıllı sözleşmelerle tanımlanan ve ilgili sanal makinelerde derlenen uygulamalara merkezi olmayan uygulamalar (dApp- Decentralized application) denilmektedir. Ethereum blokzincir ağında yaygın olarak kullanılan akıllı sözleşme dili Solidity'dir. Ethereum ağında yazılan bir akıllı sözleşme dosyası sol dosya uzantısına sahiptir ve Ethereum Sanal Makinesi bu belgenin çalıştırılmasını üstlenen altyapıdır (Dannen, 2017). Solidity'e alternatif Vyper, Serpent, Yul gibi diller ve diğer blokzincir ağları için de kendilerine özgü diller piyasaya sürülmüştür. Hyperledger Fabric blokzincir ağında Chaincode, Cardona'da Plutus, Internet Computer Protocol (ICP)'da Motoko, Zilliqa'da Scilla, Tezos'da Michelson gibi örnekler verilebilir.

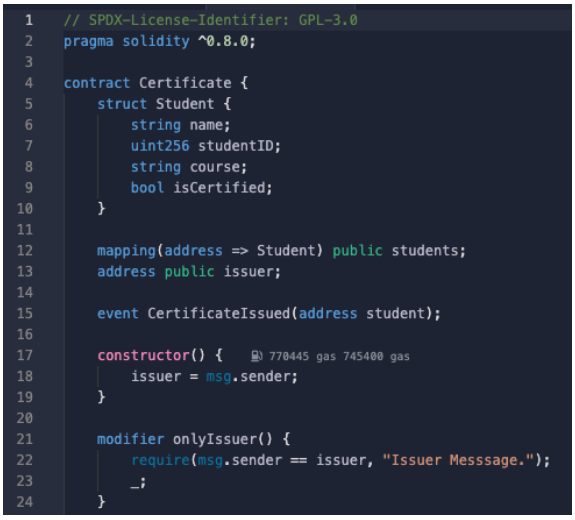
Blokzincir teknolojilerine benzer biçimde akıllı sözleşmeler de kriptografik ve diğer güvenlik mekanizmaları kullanılarak kredi, telif hakları, ödeme sistemleri, geleneksel iş prosedürlerindeki güven problemine odaklanmıştır. Bu bağlamda, tarafların arasında yaptığı sözleşmeleri üçüncü taraflardan ya da kötü niyetli müdahalelerden korumayı hedeflemektedir. (E. Ünal, 2022).

Akıllı sözleşmelerle alakalı bir başka önemli tartışma konusu da hukuki geçerliliğidir. Bu konu tez konusu ile yakından ilgili olmasa da kısaca değinmek istediğim ilginç bir detaydır. Akıllı sözleşmelerin hukuki geçerliliği ülkeden ülkeye farklılık göstermekle birlikte kabul gören genel görüş akıllı sözleşmelerin hukuki bir değeri olduğu ve hukuki bağlayıcılığı olduğu yönündedir. Çünkü elektronik ortamda atılan bir imza ya da onaylanan bir belge nasıl geçerliyse akıllı sözleşmeler de bu bağlamda değerlendirilebilmektedir. Ancak, bununla birlikte, akıllı sözleşmelerin hukuki geçerliliği ve uygulanabilirliği konularında bazı yasal belirsizlikler ve düzenleyici açıklar

bulunmaktadır (Çekin, 2019). Ülkemizde de dijital sözleşmelerin geçerliliğini tanınmış ve elektronik imzaların hukuki bağlayıcılığına ilişkin düzenlemeler yapılmıştır. Ancak, akıllı sözleşmelerin spesifik olarak tanınması ve hukuki statüsünün belirlenmesi konusunda henüz özel bir düzenleme yapılmamıştır ve emsal teşkil edecek örnek bir durum yoktur.

Akıllı sözleşmelerin işleyişi ile ilgili şöyle kısa bir örnek senaryo verebiliriz: Örneğin siz bir ev sahibisiniz ve bu eve 10 Ether değer biçtiniz, yaratacağınız bir akıllı sözleşme ile bu miktarı istediğiniz bir adrese gönderen adresin bu evin sahipliğini devralmasını sağlayabilirsiniz. Bu işlemler gerçekleşirken yapmanız gereken tek şey akıllı sözleşmeyi oluşturmak ve ağa kaydetmektir. Şartlar gerçekleştiğinde akıllı sözleşme devri gerçekleştirecektir. Bu gerçek yaşam senaryosunda da görüldüğü gibi akıllı sözleşmelerin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Daha önce gerçek yaşam bilgilerinin blokzincire oracle'lar aracılığıyla iletildiğinden de bahsetmiştik, bu açıdan düşününce örneği belirlenen bir bölgede hava sıcaklığı 30 santigradı geçtiğinde bu işlemi tamamla şekline bile çevirebildiğimizi düşünebiliriz.

Bu yukarıda bahsettiğimi senaryoyu akıllı sözleşmelerin eğitim alanında kullanımını göstermek için uyarlarsak, Solidity dilinde basit bir örnek uygulama senaryosu tasarlayabiliriz: Bu senaryo öğrenenlere tamamladıkları bir kurs ya da ders için sertifika vermek ve verilen sertifikanın sorgulanması üzerine olsun. Her kişinin kendine has birer cüzdan adresi alması istenir ve her adresin kime ait bilgisi tutulur. Bu akıllı sözleşme, sadece sertifika verme yetkisine sahip olan "*issuer*" adlı yani sertifika verme yetkilisi bir adres tarafından çalıştırılabilir olacaktır (Şekil 2.14).

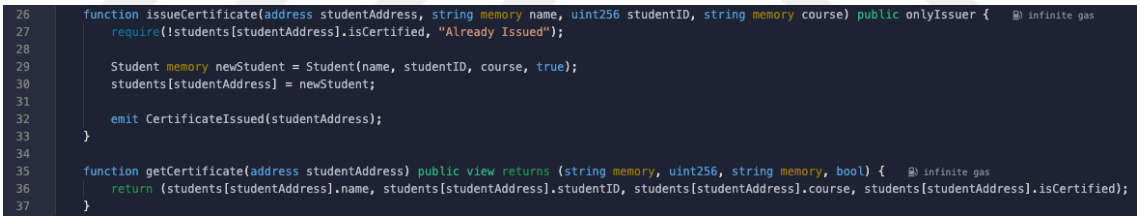


Şekil 2.14. *Örnek senaryo için kod parçası*

Burada *issueCertificate ve getCertificate* isminde iki fonksiyon yer alacaktır (Şekil 2.15).

issueCertificate: Sadece "*issuer*" tarafından çağrılabilen bu fonksiyon, bir öğrenci adresi, adı, yaşını ve aldığı kursun adını alır ve öğrenciye sertifika verir.

getCertificate: Herkes tarafından çağrılabilen bu fonksiyon, bir öğrenci adresini alır ve ilgili öğrencinin adını, yaşını, aldığı kursun adını ve sertifika durumunu döndürür.



Şekil 2.15. *Örnek senaryo için kod parçası (devamı)*

Bu örnekte, "*issuer*" olarak tanımlanan adres, yani sertifika verme yetkisine sahip olan kişi veya kurum, issueCertificate fonksiyonunu kullanarak öğrencilere sertifika verebilir. Öğrenciler ise getCertificate fonksiyonunu kullanarak kendi sertifikalarını sorgulayabilirler.

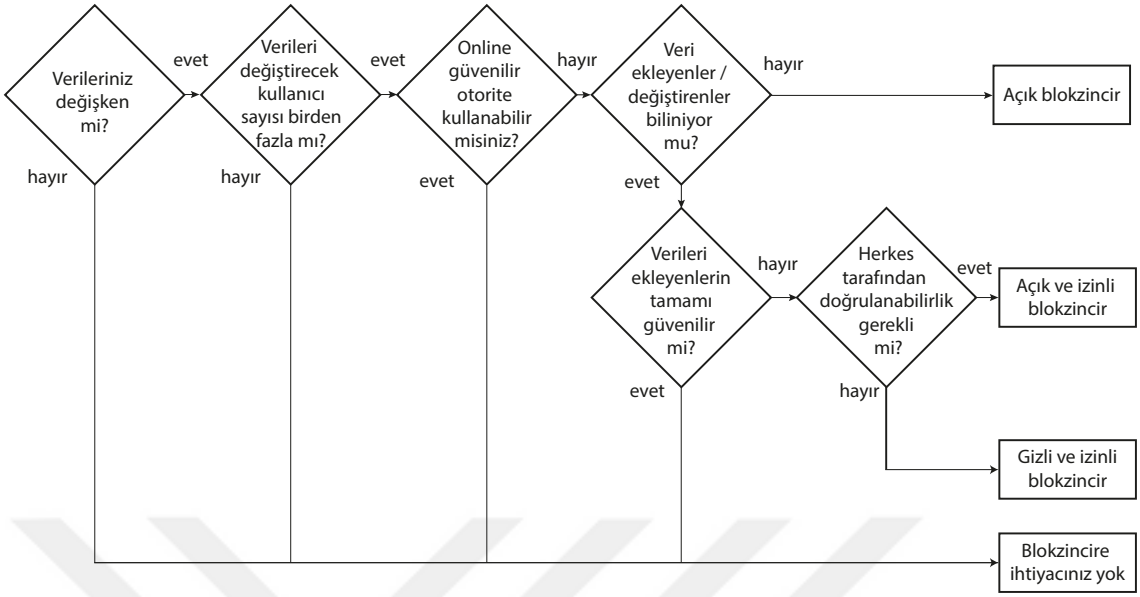
Bu örnek, akıllı sözleşmelerin eğitim alanında sertifika verme süreçlerini otomatikleştirebileceği ve güvenilir bir şekilde sertifikaların doğrulanmasını sağlayabileceği bir senaryoyu temsil etmektedir. Elbette gerçek dünya senaryolarına göre daha karmaşık ve genişletilebilir akıllı sözleşmeler oluşturmak da mümkündür. Akıllı sözleşmenin tamamını ve diğer geliştirmeler *https://github.com/hknyldrm/* adresinde ilgili repository'lerde tutulmaktadır.

Blokzincir teknolojisi gibi buna bağlı akıllı sözleşme teknolojileri de henüz yeterince mevcut sistemler için teknik ve hukuki açıdan yeterli cevabı verememektedir. Ancak bu teknolojinin taşıdığı potansiyel ve iş yapabilme gücü yadsınmamalıdır. Noter, banka, acente, emlak şirketi gibi çalışabilme gücü olan akıllı sözleşmeler, gerekli düzenlemeler ve geliştirmeler yapıldığında geniş kullanım alanlarıyla günlük yaşantımızda karşımıza çıkabilme potansiyeli bulunmaktadır. Tabi ki yine bir kod parçası olduğu için kodunda bir hata olması durumunda, hatalı bir şekilde uygulanabilir ve bu da taraflar arasında bir anlaşmazlık yaratabilir. Bu nedenle, akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi ve güvenilirliğinin artırılması için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

2.1.5. Blokzincire ne zaman ihtiyaç duyarız?

Blokzincir teknolojisinin çeşitli sektörlerde kullanılabilme potansiyeli ortaya çıkmaya başladığında bazı çevrelerde bir dönem bu teknolojiye yönelik bir "hype" yani ilgi patlaması ya da abartılı bir ilgi yaşandığını söyleyebiliriz. Bu durumda blokzincir teknolojisinin hangi durumlarda ve ne zaman kullanmamız gerektiği sorusu karşımıza çıkmaktadır.

Blokzincir teknolojisi güvenli, yetkinin dağıtılabildiği merkeziyetsiz bir yapı vaadederken iş ihtiyaçlarına, güvenlik gereksinimlerine, veri kontrolü tercihlerine ve ölçeklenebilirlik ihtiyaçlarına göre blokzincir teknolojisi veya klasik veri tabanı arasında bir karar vermek doğru olabilir. Şekil 2.16.'de yer alan algoritma takip edilerek klasik veri tabanına sahip bir bilişim sisteminde blokzincire ihtiyaç olup olmadığı tespit edilebilir (Wust & Gervais, 2018). Bu şekilde izinli olarak çevrilen ifade *permissioned* yani izin gerektiren manasındadır. Bu sayede her durumda blokzincir teknolojisinin klasik veri tabanına bir alternatif olarak görmenin gerekliliği de ortaya çıkmaktadır. Akış şeması takip edilerek hangi blokzincir ağ türüne ihtiyacınız olduğu tespit edilebilir, blokzincir ağ türleri bölümüne bu konuyla ilgili detaylı bilgi verilmiştir. Bu akış şemasından çıkan sonuca göre blokzincir teknolojisine ihtiyacınızın olup olmadığı ya da hangi tür ağı tercih etmeniz gerektiği de ortaya çıkabilir. Bunlara ek olarak bazı durumlarda yüksek hız ve ölçeklenebilirlik gerektiren büyük veri tabanları için klasik veri tabanları daha uygun olabilir. Blokzincir teknolojisinin kullanılması gereken durumlar, merkeziyetin azaltılması, güvenlik ve şeffaflığın ön planda olduğu projeler olduğu söylenebilir.



Şekil 2.16. *Blokzincire ihtiyacınız var mı?*

Kaynak: (Wust & Gervais, 2018, s. 3)

Mevcut bir veri alt yapısının blokzincire taşınıp taşınamayacağı kararı maliyeti de beraberinde getirebilir ve bu nedenle karar verirken bunu da göz önünde bulundurmakta fayda olabilir. Unutmayalım ki her proje ve kullanım senaryosu farklıdır, bu yüzden doğru seçimi yapmak için ihtiyaçlarınızı ve gereksinimlerinizi dikkatlice analiz etmek önemlidir.

Bir sonraki bölümde blokzincir teknolojisin sosyal boyutu bu teknolojinin doğurduğu yeni kavramlar, yaklaşımlar ve etkileri alanyazın ile tartışılacaktır.

2.1.6. Blokzincir teknolojisinin sosyal boyutu

Sanayi devrimleri kavramı, tarih boyunca imalat ve üretim süreçlerindeki önemli değişimleri ifade etmek için kullanılmıştır. Birinci sanayi devrimi, el emeğinden buhar gücünün kullanıldığı makineleşmiş üretime geçişi işaret ederken; ikinci sanayi devrimi, 19. yy.ın son çeyreğinde başlayarak elektrik ve montaj hatları aracılığıyla seri üretimi getirmiştir. Ardından insanlık otomasyon ve bilişim sistemlerinin yaygınlaşmasıyla üçüncü sanayi devriminin ortaya çıkışına tanıklık etmiştir. Dördüncü sanayi devrimi bir başka deyişle endüstri 4.0, dijital teknolojilerin, otomasyonun ve veri odaklı süreçlerin çeşitli sektörlerde entegrasyonu ile karakterize edilen ve halen günümüzde devam etmekte olan bir fenomendir. Kayda değer sosyal değişimleri beraberinde getirme

potansiyeline sahip olan endüstri 4.0, üretim ve hizmetlerde verimliliğin, üretkenliğin ve kişiselleştirmenin artmasını hedeflemektedir (Liao vd., 2017). Ayrıca, yeni iş modellerinin geliştirilmesini ve yenilikçi ürün ve hizmetlerin yaratılmasını kolaylaştırmaktadır. Bu gelişim süreçleri otomasyonu ve dijitalleşmeyi, yeni beceri setleri ve iş rolleri gerektiren işgücünü, işgücü piyasasında, istihdam modellerinde ve sosyoekonomik yapılarda değişikliklere yol açabilme potansiyelinde olduğu söylenebilir. Tam da bu noktada, blokzincir teknolojisi güvenli, şeffaf ve merkezi olmayan çözümler sunarak endüstri 4.0'ın hedeflerini tamamlamaktadır (Bodkhe vd., 2020).

Fukuyama (2018)'nın toplum 5.0 olarak kavramlaştırdığı süper akıllı toplum tabiri, teknolojinin insanların yaşamını iyileştirmek için kullanılmasını hedeflemektedir. Blokzincir teknolojisi, veri güvenliği, şeffaflık ve güvenilirlik ile ilgili olduğundan hem endüstri 4.0'ın dijital dönüşümüne hem de toplum 5.0'ın insan odaklı yaklaşımına katkılar sunabilme potansiyeli olduğu söylenebilir. Şüphesiz bu da eğitimin dönüşümüne ve gelişimine olumlu katkılar sunacaktır (Kocaman-Karoğlu vd., 2020). Endüstri 4.0, endüstriyel devrimler, sosyal değişimler, dönüşümler ve blokzincir teknolojisi birbiriyle bağlantılıdır. Endüstri 4.0 teknolojik gelişmeleri ve dönüşümleri yönlendirirken, blokzincir teknolojisi endüstri 4.0'ın hedefleriyle uyumlu, güvenli ve merkezi olmayan çözümler sunmaktadır. Birlikte, ekonomi, işgücü, yönetişim ve bireysel güçlendirme dahil olmak üzere toplumun çeşitli yönlerini şekillendirme potansiyeline sahiptirler.

Blokzincir teknolojisinin sosyal etkilerini şeffaflık, güven, veri güvenliği, aracı kuruluşlara (intermediary) yönelik yıkıcı etkiler, finansal erişilebilirlik ve merkezi otoriteye alternatif olma gibi faktörler olarak düşündüğümüzde, bu teknolojinin toplum üzerinde çeşitli biçimlerde etkileri olacağı düşünülmektedir. Blokzincir teknolojisinin en yaygın kullanım biçimi kripto paralar olsa da mevcut zorlukları ve verimsizlikleri ele alarak sosyal dönüşümler yaratma potansiyeline sahip bir teknoloji olarak da tanımlayabiliriz. Bu teknoloji, bireylere kendi verileri ve kimlikleri üzerinde kontrol sağlayarak bireylerin kendi verileri üzerine hakimiyetlerini güçlendirebilir. Finans, sağlık, eğitim ve tedarik zinciri gibi çeşitli sektörlerde şeffaflığı, güveni ve hesap verebilirliği teşvik edebilir. Harari (2018) bunu destekler nitelikte, blokzincir tabanlı sistemlerin, parasal sistemleri değiştirerek radikal bir vergi reformunu tetikleyebileceğini ve buna bağlı olarak da toplumsal dönüşümün kaçınılmaz olduğu görüşündedir. Blokzincir teknolojinin tam potansiyelinin ortaya çıkması için düzenleyici çerçevelerin

oluşturulması, güvenlik önlemlerinin iyileştirilmesi ve son kullanıcıların eğitilmesi gibi konularda gelişmelere ihtiyaç olduğu söylenebilir.

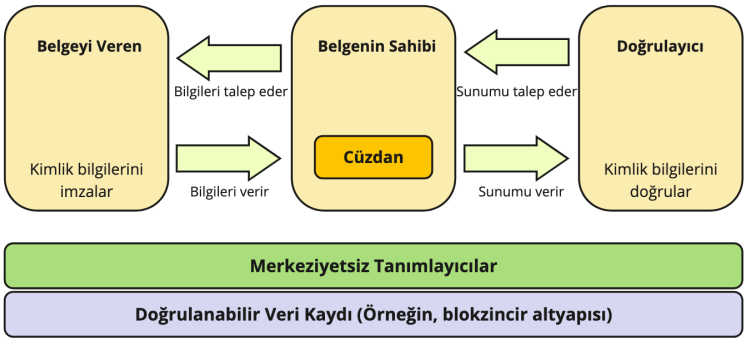
Blokzincir teknolojisinin sosyal boyutu konusunun alt başlıkları olarak açıklayacağımız, (1) kendine egemen kimlik, (2) doğrulanabilir kimlik, (3) nitelikli fikri tapu, (4) merkeziyetsiz otonom organizasyon ve (5) merkeziyetsiz tanımlayıcılar her ne kadar teknik boyutları olan konular olsa da tezin konusunu ilgilendiren boyutlarda yansımaları ve potansiyelleri ile tartışılacaktır.

2.1.6.1. *Kendine egemen kimlik*

İngilizce orijinal adıyla *self-sovereign identity (SIS)*, henüz yaygın kabul görmemiş Türkçe çevirisiyle kendine egemen kimlik, bireylere kişisel verileri üzerinde kontrol sağlamasına imkân tanıyan ve bilgilerini aracılara ihtiyaç duymadan kendi koşullarına göre paylaşmalarına olanak tanıyan bir dijital kimlik yönetim yaklaşımıdır. Blokzincir teknolojisindeki gelişmeler bu yaklaşımın gelişimine katkı sunmaktadır. Kendine egemen kimliğin doğmasındaki en önemli etken, kişilerin kendilerine ait verilerini ve internete bağlı cihazlarını yine kendi belirleyebilecekleri kurallar çerçevesinde paylaşabilme ya da yönetebilme isteğidir (Cucko & Turkanovic, 2021; Dündar, 2021; Herbke & Yildiz, 2022; Lemoie, 2021; Samir vd., 2022).

İnternet teknolojilerinin kimlik katmanı olmadan geliştirilmesi (Preukschat & Reed, 2021, s. 4), dijital bir kimlik katmanına olan ihtiyacın en önemli nedenidir. Bir web sitesinin ziyaret ettiğimizde IP adresimiz ve tarayıcımıza dair birtakım bilgiler paylaşılmakta ancak her sitede ayrı ayrı kullanıcı adı ve şifrelerle temsil etmemizi beraberinde getirmektedir. Bu yaklaşım avantajların yanında dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Dağıtık cüzdan teknolojisi destekli bir kendine egemen kimlik modeli bu sorunun üstesinden gelmek adına önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Kendine egemen kimlik kavramı, aşağıda detayları verilecek merkeziyetsiz tanımlayıcılar ve doğrulanabilir kimlik teknolojileri ile ve ayrıca blokzincir teknolojisi ile yakından ilişkilidir (Preukschat & Reed, 2021). Şekil 2.17'de bu ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2.17. *Kendine egemen kimlik modeli*

Blokzincir teknolojisinin kendine egemen kimlikte kullanılmasının bazı üstün yönleri bulunmaktadır. İlki, kişisel verilerin merkezi olmayan ve güvenli bir şekilde saklanmasını sağlayarak kötü niyetli kişilerin kişisel verilere erişmesini güçleştirmektir. İkinci olarak, tüm işlemlerin şeffaf ve denetlenebilir bir kaydını sunarak kullanıcılara verileri ve bu verilerin nasıl paylaşıldığı üzerinde tam kontrol sağlamasıdır. Kendine egemen kimliğin bir diğer özelliği de kullanıcılarının sahip olduğu bilgileri karşı tarafa bilmesini gerektiği ölçekte paylaşılabilmesi özgürlüğüdür. Bu, kullanıcıların kişisel bilgilerine kimin ve ne kadar süreyle erişebileceğini kontrol edebilecekleri anlamına gelmektedir. Örneğin, bir kullanıcının belirli bir hizmete erişmek için yaşını kanıtlaması gerekiyorsa, başka herhangi bir kişisel bilgiyi ifşa etmeden yalnızca yaşını doğrulamak için gereken bilgileri paylaşabilmektedir.

Dijital kimlik yönetimi yaklaşımlarında geleneksel olarak her sitede ayrı bir kullanıcı adı ve şifre bulundurmaktayken bu veriler merkezi yapılarda saklanmaktadır. SAML (Security Assertion Markup Language), OAuth ve OpenID Connect gibi protokoller aracılığıyla güvendiğimiz sosyal medya ya da kurumsal servisleri kullanarak da web sitelerinde kişisel bilgilerimizle tek bir kullanıcı adı ve şifre ile de oturum açma imkanına sahip olabilmekteyiz ancak bunlar da merkeziyetçi bir yapıya sahiptir diyebiliriz. Kendine egemen kimlik sayesinde her iki yaklaşımın ötesinde kişisel verilerimizi merkeziyetsiz biçimde yönetebilme ve koruyabilme olanağı sunulmaktadır.

Kendine egemen kimliğin web3 teknolojisinin *kişisel verinin sahibi ol* mottosuna uyumlu olduğu söylenebilir. Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına yönelik çalışmalarda da kendine egemen kimlik ile ilgili vurgular dikkat çekicidir (Grech vd., 2021; Herbke & Yildiz, 2022).

2.1.6.2. *Merkeziyetsiz tanımlayıcı*

Merkeziyetsiz tanımlayıcılar, İngilizce orijinal adıyla *decentralized identifier (DID),* kendine özgü kimlik paradigmasının bir bileşenidir ve dijital kimlik sağlayan merkeziyetsiz bir tanımlayıcı türüdür (Sporny vd., 2022). Web3 olarak tanımlanan merkeziyetsiz web uygulamalarının kimlik bileşenidir. Blokzincir ve bilişim uzmanı Christopher Allen tarafından 2016 yılında W3C (World Wide Web Consortium) tarafından yürütülen standartlaşma çalışmaları sırasında önerilmiştir. Bu standartlaştırma, farklı merkeziyetsiz tanımlayıcılar arasında uyumluluğu ve entegrasyonu kolaylaştırma amacıyla ortaya çıkarılmıştır. Şekil 2.18.'de örnek bir merkeziyetsiz tanımlayıcı üzerinden sözdizimi gösterilmiştir.

Şekil 2.18. *Merkeziyetsiz tanımlayıcı sözdizimi*

Burada metot, sağlayıcısı tarafından onu anımsatan için kullanılan bir kısaltmadır. Bu metot sağlayıcısı benzersiz tanımlar üreterek kimlik yönetim işlemini yapmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği Blokzincir Altyapısı (EBSI) merkeziyetsiz tanımlayıcılar kullanmaktadır ve `did:ebsi:zgATrR2dmBcuL8A5i9aY6K3` biçiminde bir kimliği tanımayabilmekte ve işleyebilmektedir.

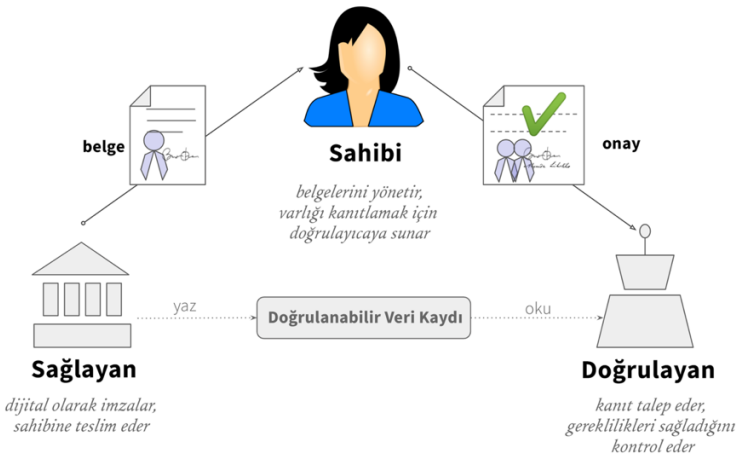
Merkezi tanımlayıcılar, bir kişi, kuruluş veya internete bağlı bir cihaz gibi herhangi bir varlığın benzersiz bir şekilde tanımlanmasını sağlayan, merkeziyetsiz bir kimlik doğrulama ve yönetim sistemidir. Blokzincir teknolojisi kullanarak oluşturulan ve doğrulanan dijital kimliklerdir. Bu kimlikler, tek bir merkezi otorite tarafından kontrol edilmezler ve kullanıcılarına tam kontrol sağlamaktadırlar.

Merkezi tanımlayıcıları, Türkiye Cumhuriyeti vatandaşları için verilen T.C. kimlik numarası gibi düşünebiliriz. Bu numara kendi içinde sistematiği olan ve kişiyi tanımlayan bir değerdir, merkeziyetsiz tanımlayıcılar da açık kaynaklı ve topluluk tarafından geliştirilen çoğu zaman kriptografik anahtarlar ve diğer güvenli yöntemlerle türetilen metoda özel olarak üretilmektedir.

Merkeziyetsiz kimlikler farklı endüstrilerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Finans, eğitim, sağlık gibi sektörlerde blokzincir teknolojisi destekli tasarlandıklarında biyometrik bilgilerinin güvenli bir biçimde saklanmasına yardımcı olabilme potansiyeli olduğu söylenebilir. Örneğin eğitim alanında öğrenci bilgi sistemlerinde öğrenenlerin kimlik bilgileri, sertifika veya diploma bilgileri tutulabilir. Yine buna ek olarak, bir öğrenme yönetim sisteminde elde ettiğiniz bir başarım, sertifika, not, rozet bir merkeziyetsiz tanımlayıcı tarafından temsil edilebilmektedir.

2.1.6.3. *Doğrulanabilir kimlik*

Doğrulanabilir kimlik, İngilizce orijinal adıyla *verifiable credential (VC)*, dijital kimlik yönetimi için İnternetin standartlarını belirleyen grup olan W3C tarafından geliştirilen açık bir veri standardıdır. Şekil 2.19.'de doğrulanabilir kimlikler veri modeli versiyon 1.0 tarif edilmektedir. Şekilde gösterildiği gibi doğrulanabilir kimlik modelinde, kimliğe sahip kişi, kimliği veren kurum ve kimliğin geçerliliğini doğrulayan bir taraf bulunmaktadır. Kayıtlar blokzincir tabanlı sistemlere kaydedildiğinde taraflar arasındaki güven olgusu bu sayede temin edilmektedir. Doğrulanabilir kimlikler fiziksel kimliklerde taşınan tüm bilgileri içerebilir ve fiziksel kimliklere nazaran dijital imzaların eklenmesi sayesinde taklit edilmesi mümkün olmayan ve daha güvenilir bir yapı haline gelmektedirler.

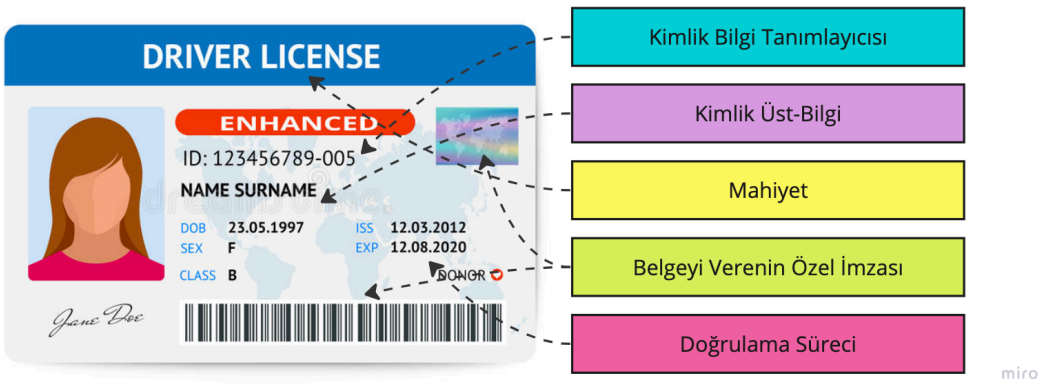


Şekil 2.19. *Doğrulanabilir kimlikler veri modeli*

Kaynak: https://www.w3.org/TR/vc-data-model/

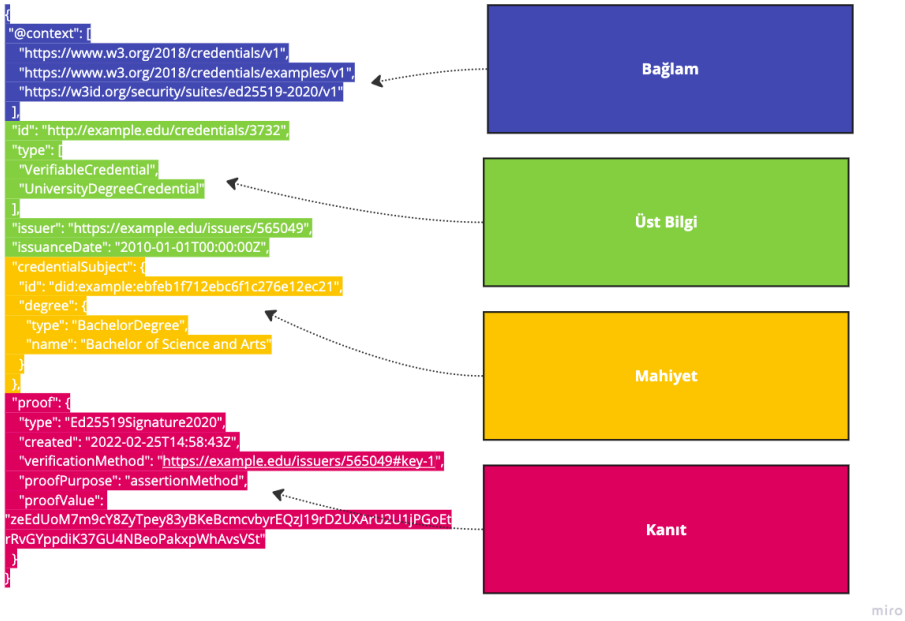
W3C VC standardı, verileri bağımsız olarak doğrulanabilen, güvenli ve taşınabilir kimlikler oluşturmak için kullanılan bir dizi teknoloji ve protokolü barındırmaktadır. Bunların başında, JSON-LD *(JSON for Linking Data)* adı verilen bir veri gösterim formatı bulunur ve bu format birbiriyle bağlantılı JSON *(JavaScript Object Notation)* verilerinin gösterilmesi için kullanılmaktadır. Şekil 2.21'de sol bölümdeki kodlar bu formatta gösterilmektedir. Doğrulanabilir kimliklerin JSON-LD formatında temsil edilmesi, verilerin bağlantılı ve anlamlı bir şekilde paylaşılmasını sağlamaktadır ve böylece, doğrulama süreçlerinde güvenilirlik ve taşınabilirlik sağlanmaktadır.

Şekil 2.20'de ise basılı bir sürücü belgesi ile doğrulanabilir kimlik katmanları arasındaki ilişki göstermektedir. Doğrulanabilir kimlikler, üst bilgi (meta-data), kimliğin mahiyeti (claim) ve kanıt (proof) gibi katmanlardan meydana gelmektedir.



Şekil 2.20. *Doğrulanabilir kimlik veri modeli için örnek bir gösterim*

Şekil 2.21'de JSON-LD formatında örnek bir doğrulanabilir kimlik yapısı ile katmanlar arasındaki ilişki gösterilmektedir. Örnek veride bir kişiye ait lisans diploması `Ed25519Signature2020` dijital imza algoritması ile örnek bir üniversite tarafından imzalanarak doğrulanabilir kimlik kaydı üretilmiştir. Burada tutulan veriler bir rozet olabileceği gibi bir dersin başarımı ya da bir derse katılımı dahi temsil edebilir. Örnekte fiziksel bir diplomada olduğu gibi diplomanın ne zaman, hangi üniversiteden ve hangi bölümden verildiği bilgiler yer aldığı görülebilir. Bu veri çeşitli formatlarda şifrelenerek blokzincir ağına kaydedildiğinde verinin geçerliliği ve güvenirliği ağ üzerinden denetlenebilir olmaktadır.



Şekil 2.21. *Doğrulanabilir kimlik veri modeli JSON dosya formatı*

Bu tez çalışmasında kapsamında geliştirilen yazılımda da bu veri standardı kabul edilmiş ve kullanılmıştır. Tez çalışması devam ederken çalışma grupları haftalık toplantılar ile bu standardı geliştirilmeye devam etmektedir. Doğrulanabilir kimliklerin örnek senaryoları arasında eğitim alanı da bulunmaktadır ve W3C VC-EDU çalışma grubu doğrulanabilir kimliklerin eğitim alanında kullanımına yönelik olarak çalışan alt bir gruptur. İlerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılacaktır. JSON formatında düzenlenmiş kanıtlı doğrulanabilir kimlik veri yapısı örneği EK-7'de verilmiştir.

2.1.6.4. *Nitelikli fikri tapu*

İngilizce orijinal adıyla *non-fungible token (NFT)*, Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi ve Türk Dil Kurumu ile ortak çalışmaları sonucunda Türkçe karşılığı olarak önerdikleri nitelikli fikri tapu, dijital varlıkların benzersizliğini ve sahipliğini göstermek için blokzincir teknolojisi kullanılarak üretilen bir token türüdür (X. Zhao & Si, 2021a). "Fungible" terimi, değiştirilebilir veya eşdeğer anlamına gelirken, "non-fungible" ise terimi değiştirilemez veya eşdeğer olmayan anlamına gelmektedir. Yani, nitelikli fikri tapular benzersiz ve değiştirilemez varlıkları temsil etmek için kullanılmaktadırlar. İlk başlarda, daha çok dijital sanat eserleri, koleksiyonlar, oyun

öğeleri, görseller, müzikler, videolar, sanal gayrimenkuller için kullanılsa da nitelikli fikri tapuların kullanım alanı geniştir diyebiliriz.

Tablo 2.3'te var olan eğitim sistemi ile nitelikli fikri tapunun getirebileceklerinin karşılaştırılması yer almaktadır (Wu & Liu, 2022, s. 9).

Tablo 2.3. *Nitelikli fikri tapunun eğitimde kullanımı*

Kullanım Senaryosu	Mevcut durum	NFT'nin getirebilecekleri
Sertifika	Kağıda basılır ve gerçekliğini ayırt etmek zordur	Kolay doğrulamayı sağlayan benzersiz elektronik barkod
Transkript ve kayıtlar	Başvuru süreci zor ve uzun sürebilir	Kolay başvuru ve uzun süre sahip olabilme
Burslar	Fiziksel para ya da kuponlarla	Kurslarla değiştirilebilen tokenler ile verilebilir
İçerik üretimi	Yayıncılar eserlerinin ikincil satışlarından pay almazlar	Yayıncılar yeniden satışta komisyon ve telif ücreti belirleyebilir
Öğrenci kaydı	Gerçeğin sahteden ayırt edilmesini zorlaştırır	Kimlik hırsızlığını önlemek için üstün
Patentler	Başvuru süreci karmaşık, bazı kişiler başvuru yapana kadar haklarını kaybedebilir	Direkt internet aracılığıyla sahip olunabilir, hak kaybı eşiği düşüktür
Sanat	Çevrenin koşullarını dikkate almak gerekir	NFT dünyasında daha rahat hareket etmek mümkün
Ödemeler	Bankalardan kredi kartı ya da fiziksel para ile yapılır	NFT ile ödeme yapılabilir ve saklanabilir

Zhao ve Si (2021a) Ethereum ağı üzerinde ERC721 token standardını kullanarak NFTCert ismini verdikleri sertifika yönetim yazılımını önermişler ve mevcut diğer sistemlerle karşılaştırmalarını yapmışlardır. Kumar ve arkadaşları (2022) NFT tabanlı ve IPFS teknolojisini kullanarak bir sistem önerisi sunmuştur. Nitelikli fikri tapuların eğitimde kullanımı, (1) öğrenenlerin başarılarını ve katılımlarını ödüllendirmek, (2) dijital olarak sahiplenilebilen, doğrulanabilir ve taşınabilir sertifikalar oluşturmak, (3)

sanal eğitim materyalleri üretmek ve fikri haklarını korumak, (4) içeriği kişiselleştirmek ve dijital varlıkları güvenli bir şekilde yönetmek için yeni olanaklar sunabilir (Firat, 2023) Ancak, bu alanda daha fazla çalışma ve uygulama yapılması gerekliliğini de vurgulamak gerekmektedir. Bu alanda özellikle yasal düzenlemelerin yapılması, farklı blokzincir ağlarında üretilen nitelikli fikri tapuların gerçek kişiler tarafından üretilip üretilmediğinin denetlenmesi ve hangilerinin geçerli olduğu gibi konularında da tartışmaya açılması gerekmektedir.

2.1.6.5. *Merkeziyetsiz otonom organizasyon*

İngilizce *Decentralized Autonomous Organization* kelimelerinin birleşiminden oluşan ve DAO biçiminde kısaltılan Merkeziyetsiz Otonom Organizasyon (MOO) kavramı, herhangi bir otoriteye bağlı olmadan, blokzincir alt yapısı kullanılarak yönetilebilen sistemlere verilen isimdir. Buradaki organizasyondan kasıt bir şirket, vakıf, dernek olabileceği gibi bir üniversite, sınıf ya da bir öğrenci topluluğu bile olabilir. Blokzincir alt yapılı bu sistemler topluluğun yönetişimin sağlanmasına, birlikte karar almalarına ve hareket etmelerine yardımcı olmaktadır. Blokzincir teknolojisi destekli bu sistem, organizasyonların klasik yönetişim süreçlerini ve mevcut sıralı düzenlerine alternatif açık, merkezi olmayan ve bağımsız karar verme yeteneği olan yeni bir düzen vadetmektedir (Swan, 2015b; Yılmaz Orhan, 2022).

MOO'lar blokzincir teknolojisi kullanarak merkezi olmayan bir şekilde işleyen, kod ve akıllı sözleşmeler aracılığıyla yönetebilen organizasyonlardır ve de genellikle bir kripto para birimi ile temsil edilebilmektedirler. Blokzincir teknolojisinin günlük hayatta kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte MOO'ların finansal hizmetler, sağlık hizmetleri, gayrimenkul, tedarik zinciri yönetimi, seyahat ve turizm gibi sektörlerde kullanımı söz konusu olabilir. Bu bağlamda, MOO'ların geleceği, blokzincir teknolojisinin gelişimine, endüstri uygulamalarının genişlemesine ve yasal düzenlemelerin olgunlaşmasına bağlı olacaktır diyebiliriz (Bellavitis vd., 2022).

Akıllı sözleşmelerde olduğu gibi merkeziyetsiz otonom organizasyonların hukuki geçerliliği tartışmalıdır. Pratikte bir organizasyon, bir dernek ya da vakıf gibi davranabilen bu özerk yapıların resmiyette tanınırlığı da önem taşımaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nin Wyoming eyaletinde, 2021 yılında çıkarılan blokzincir yasası kapsamında MOO'ların yasal bir varlık olarak tanınması ve limited şirket statüsünde tanınması yasal hale getirilmiştir (*Decentralized autonomous organizations*, 2021). Bu

yasaya göre MOO'lar Wyoming'de bir şirket gibi kaydedilebilir ve Wyoming eyaleti yasalarına göre yönetilebilmektedir. Ancak, diğer eyalet ve ülkelerde farklı düzenlemeler ve uygulamalar olabilmektedir.

Açık ve uzaktan öğrenme başlığında bahsedeceğimiz eğitim ortamlarında çevrimiçi topluluklar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte yıllar içinde dönüşümler yaşamıştır. Forumlar, web 2.0 araçları, sosyal medya gibi ortamlarda zamanla öğrenme etkinlikleri planlanmış ve yürütülmüştür. Bu ortamlara bir yenisi de MOO'lar eklenmiştir diyebiliriz. MOO'ların öğrenme ve eğitim amacıyla oluşturulanlarına EduChain ve Ed3DAO gibi örnekler verilebilir. Bu organizasyonlar sosyal medyada kanalları, Telegram, Discord gibi araçlar ve blokzincir tabanlı oylama sistemlerini kullanarak bir araya gelerek çevrimiçi öğrenme toplulukları oluşturmaktadırlar.

2.2. Açık ve Uzaktan Öğrenme

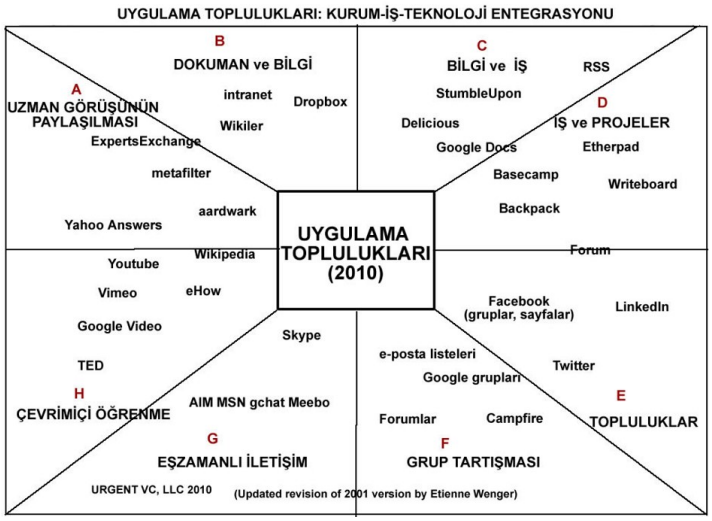
Açık ve uzaktan öğrenme (AUÖ), öğrenenlere esneklik ve erişilebilirlik sağlayan bir öğrenme yaklaşımıdır. Geleneksel sınıf ortamlarından farklı olarak, öğrencilerin fiziksel olarak bir mekâna gitme zorunluluğu olmadan eğitim materyallerine erişebildiği ve öğrenme aktivitelerini gerçekleştirebildiği bir modeldir. Eğitimde yenilikçi teknolojilerinin kullanımını esas alan bu model, İnternet, e-öğrenme platformları, video konferans ortamları, dijital içerikler gibi araçlar ile herkesin ya da belirli bir grubun erişimine açık biçimde tasarlanan, konu uzmanları ve öğrenenleri bir araya getirerek öğrenme etkinliklerini yürütmelerine imkân tanımaktadır (Bozkurt, 2017, 2019; Taşkıran, 2021). Öğrenenlere diledikleri zaman kendi hızlarında öğrenme deneyimi sunan uzaktan eğitim, zaman ve fiziksel engelleri aşarak fırsat eşitliği sağlamaktadır. Uzaktan eğitim üniversiteler, hizmet içi kurumsal eğitimler, mesleki eğitim kurumları ve hatta ilköğretim ve ortaöğretim düzeyindeki okullarda yüz yüze eğitimi destekleyici ve ona rakip olarak sunulabilmektedir. AUÖ yaşam boyu öğrenme felsefesine uygundur ve bireylerin sürekli olarak yeni bilgiler edinmelerini ve becerilerini geliştirmelerini desteklemektedir.

2019 yılı sonlarında ortaya çıkan küresel COVID-19 salgını nedeniyle sınıf ortamında yapılamayan eğitimler, bir anda bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) destekli bir biçimde uzaktan eğitim yöntemiyle yürütülmeye başlanmıştır (Bozkurt vd., 2020; Bozkurt & Sharma, 2020). Bu hızlı geçiş sürecinde hayatımıza giren ve *acil uzaktan öğretim* olarak adlandırılan yeni öğretim modeli, eğitimi çeşitli biçimlerde etkilemiş ve

sürdürülebilir bir sistem kurabilmek için kökten bir değişim ve stratejik planlama gerekliliğini ortaya koymuştur (Bozkurt, 2020). AUÖ, bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Teknoloji altyapısı eksikliği, internet erişim sorunları, öğrenciler arasındaki eşitsizlikler gibi konular çözülmesi gereken zorluklar olarak ortaya çıkarken, etkileşim eksikliği, teknoloji okuryazarlığı azlığı ve motivasyon sorunları da bazı öğrenenler için süreci zorlaştıran faktörler arasında sayılabilir.

Pandemiden sonra geniş kitlelerce tartışılan ve konuşulan bir konu haline gelen AUÖ kavramı, sanılanın aksine çok da yeni olmayan, aslında uzun bir süredir var olan bir eğitim yaklaşımıdır. AUÖ, 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında posta yoluyla eğitim malzemelerinin öğrenenlere gönderilmesi ile erken dönem uygulamalarını görmekteyiz (Kırık, 2014). Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte evrim geçiren uzaktan eğitim, sırasıyla radyonun, televizyonun, internetin ve mobil cihazların icadıyla geniş kitlelerce kullanılır hale gelmiştir. Teknolojik gelişimlerden her dönem etkilenen AUÖ, blokzincir teknolojisinin de gelişiminden de etkilenmiştir.

Blokzincir tabanlı uygulamalar, öğrenme amaçlı kullanıldıklarında AUÖ ortamlarına katkılar sunmaktadır. Çevrimiçi öğrenme ortamlarındaki uygulama toplulukları Şekil 2.23'te gösterilen farklı araçlarla dönüştürmüştür (Bates, 2015). Hiç şüphesiz MOO'lar gibi blokzincir teknolojisinin yarattığı ve yaratacağı yenilikçi öğrenme toplulukları da bu şekilde yerini alacaktır.



Şekil 2.22. *Uygulama toplulukları*

Bir çalışma alanı olarak AUÖ, ülkemizde Üniversiteler Arası Kurul (ÜAK) tarafından doçentlik bilim alanı olarak tanınmış (Firat, 2016), uzaktan eğitim, e-öğrenme, mobil öğrenme, esnek öğrenme, yaşam boyu öğrenme gibi kavramları da kapsayan çatı bir kavram olduğu söylenebilir. Bu tez çalışması, AUÖ bağlamında yazılmıştır.

2.2.1. Sürdürülebilir kalkınma ve eğitim

Sürdürülebilir kalkınma, mevcut doğal kaynakları daha dikkatli bir biçimde kullanarak yeni nesillerin de bu kaynaklardan yararlanabilmesi fikrinden doğmuş sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları olan bir terimdir. Dünya genelinde ortak kabul gören, Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen ve 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi hedeflenen 17 farklı hedefi kapsamaktadır. Şekil 2.23'de sürdürülebilir kalkınma için küresel amaçlar gösterilmektedir.

Birleşmiş Milletler eğitimi karşı karşıya olduğu küresel zorluklardan korumak için, araştırmacıların, işletmelerin ve diğer kuruluşların da içinde olacağı geniş kitlelerin yeni eğitim teknolojileri, yöntemleri ve araçları geliştirerek kaliteli eğitime erişimi artırmaya yardımcı olacağı amacıyla nitelikli eğitimi *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları* arasına eklemiştir (Birleşmiş Milletler, 2016). Bu amaçlar içinde nitelikli eğitim 4. sırada bulunmaktadır.

Şekil 2.23. *BM sürdürülebilir kalkınma amaçları*

Sürdürülebilir kalkınmanın eğitimle olan ilişkisi, çevre bilincini artırmak için düzenlenebilecek eğitimlerden, eğitim amaçlı kullanılan bilişim sistemlerindeki lüzumsuz kullanımını önlemeye kadar geniş bir yelpazede değerlendirilmektedir. Eğitimin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisi, toplumların bilinç düzeyini artırması,

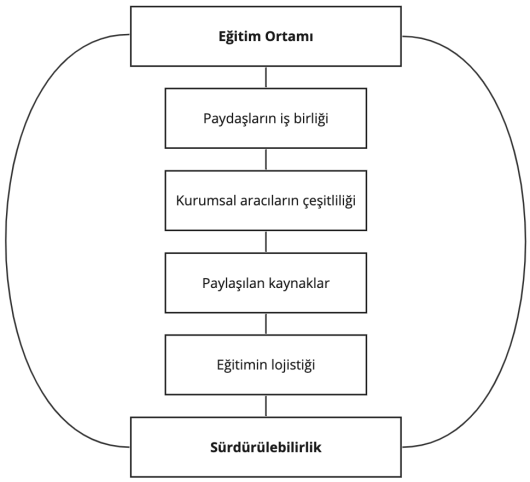
yenilikçilik ve girişimcilik ruhunu teşvik etmesi ve eşitsizlikleri azaltması gibi yollarla mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda, eğitim, sürdürülebilir kalkınmanın diğer alanlarına da destek sağlamaktadır (Hamutoğlu vd., 2022). Örneğin, eğitim, cinsiyet eşitliği, sağlık, bilinçli su kullanımı ve sanitasyon gibi hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır.

Eğitimde fırsat eşitliğini ve nitelikli eğitimi sağlamak adına atılabilecek en önemli adımların başında AUÖ sistemlerinin yaygınlaştırılması ve bu sistemlerin sürdürülebilirliklerinin korunması geldiği söylenebilir. Blokzincir tabanlı sistemler bu bağlamda göz önünde bulundurulabilir. Choi ve arkadaşları (2022) sürdürülebilir kalkınma amaçları bağlamında blokzincir temalı bir eğitim programı geliştirerek 3 yıl boyunca ilkokul öğrencilerine uygulamışlardır. John & Chandran (2022) blokzincir teknolojisinin eğitim kayıtlarını yönetiminde ve öğrenmenin teşvik edilmesinde kullanımı araştırdıkları çalışmasında, CertiChain ve Sign-A-Doc isimli uygulamaları üzerinden blokzincir teknolojisinin eğitimin kalitesini artırmak ve böylece sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşılmasına yardımcı olabileceğini vurgulamışlardır. Capetillo ve arkadaşları (2022) yükseköğretimde blokzincir tabanlı uzun süreli sürdürebilir bir model önerdiği çalışmasında, kısa vadede maliyetler ve mevcut uygulamaların klasik veri tabanlarını blokzincire taşımadan öteye gidememesine rağmen gelecekte blokzincir tabanlı Meta Üniversite kavramını tartışmıştır.

Blokzincir teknolojisi öğrenenler arasındaki iş birliğine dayalı çalışmanın kalitesini etkileyebilir. Yükseköğretim kurumları yenilikçi teknolojileri benimsemelidir ve beklentileri teknolojik devrimi takip ederek yeni eğitim ve öğretim metodolojileri geliştirmelidirler. Bu sistemin mezunları, sürdürülebilir bir ekonomide piyasanın zorluklarını kucaklamak için daha hazırlıklı olacaklardır (Bucea-Manea-Ţoniş vd., 2021). Haque ve arkadaşları (2023) nesnelerin interneti (IoT) sistemlerini eğitim teknolojileri bağlamında inceledikleri sürdürülebilir ve efektif bir model önerdikleri çalışmalarında, öğrenme kayıtlarını blokzincir tabanlı güvenli ve yönetilebilir bir sistem ile tasarlamışlardır.

Blokzincir teknolojisi, eğitimi organize ederek ve paydaşlar arası güvenli iş birliğini güçlendirerek sürdürülebilir bilgi dönüşümüne katkı sağlayan bir model önermektedir. Bu model, eğitim bilimleri ile endüstriyel/iş eğitiminin kesiştiği noktada eşsiz bir konuma sahiptir ve bilgi dönüşümü ve sosyoekonomik değişimin sağlanması için yapısal ve yöntemsel esnekliğe izin vermektedir (Savelyeva & Park, 2022). Modelin

bileşenleri Şekil 2.24'te gösterilmektedir (Savelyeva & Park, 2022; Sikorskaia & Savelyeva, 2022).



Şekil 2.24. *Blokzincir tabanlı sürdürülebilir eğitim modeli*

Bu tez çalışması kapsamında, sürdürülebilir kalkınma ve eğitim birbirini tamamlayan unsurlar olarak değerlendirilmiş ve blokzincir tabanlı sistemlerin eğitime katkılarıyla yeni çözüm önerileri sunabilmek amaçlanmıştır. Blokzincir teknolojilerinin eğitimde kullanımı toplumların sürdürülebilirlik değerlerini benimsemesinin, bilinçli kararlar almasının ve geleceğe yönelik sürdürülebilir bir dünya inşa etmesinin önünü açacağı düşünülmektedir. E-öğrenme standartları da sürdürülebilir, yeniden kullanılabilir içeriklerin ve sistemlerin tasarımı için önemlidir. Bir sonraki bölümde bu konudan bahsedeceğiz.

2.2.2. E-öğrenme standartları

E-öğrenme sistemlerinde kullanılan standartlara uygun yazılımlar üretmek, uluslararası boyutta geçerli ve uyumlu bir model geliştirmek için kaçınılmazdır. E-öğrenme standartları, öğrenenlerin öğrenme deneyimlerinin kalitesini artırmak için kimi zaman gönüllü bir topluluk tarafından kimi zaman endüstriyel konsorsiyumlar tarafından kimi zamansa resmî kurumlar tarafından geliştirilen rehberler veya kural bütünüdür. Bu standartlar, e-öğrenme materyallerinin tasarımı, sunumu, kullanımı ve değerlendirilmesi konularında bir ulusal ve uluslararası bütünlük sağlamak amacıyla oluşturulan kuralları

kapsamaktadır. Ayrıca bu standartlar, öğretim tasarımı, öğrenme yönetimi, materyal geliştirme, ölçme ve değerlendirme gibi farklı alanlarda uygulanabilmektedir.

E-öğrenme standartları sistemlerin yeniden kullanılabilirlik, erişilebilirlik, birlikte çalışılabilirlik, sıklıkla güncelleme gerektirmeme gibi konularda avantajlar sağlamaktadır (Abdullah & Ali, 2017). Bu sayede sistem uzun süre bakım gerektirmeden daha geniş kitlelerce kullanılabilir ve üretilen içerik farklı platformlara hızlıca entegre edilebilmektedir. Ayrıca, sistemler üzerinde bırakılan verilerin toplanması ve analiz edilmesi, öğrenenlerin ilerlemelerinin takip edilmesi ve öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesi açısından da e-öğrenme standartları önemlidir.

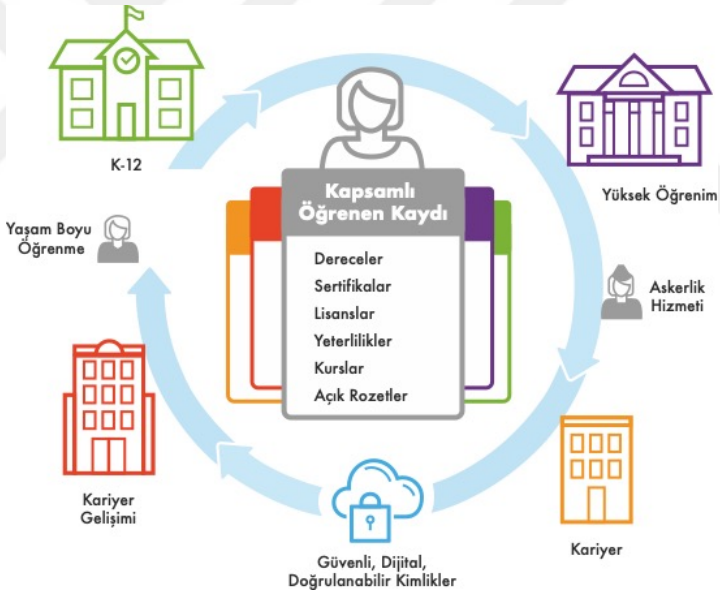
Abdullah ve Ali (2017) e-öğrenme standartlarını tanımlayıcı veri (metadata), içerik paketleme, öğrenen profili öğrenen kaydı ve içerik iletişimi olmak üzere 5 kategoride toplamıştır. Ayrıca, uygulama standartları (birlikte çalışılabilirlik), kavramsal standartlar (kalite) ve derece standartları (sertifikasyon) olarak 3 türde göstermiştir.

Standartlar e-öğrenme süreçlerini daha verimli, uyumlu ve taşınabilir hale getirirken, iş birliğini ve entegrasyonu da kolaylaştırmaktadır. E-öğrenme alanında kullanılan bazı standartlar ve haklarında bilgi aşağıda verilmiştir:

- *SCORM (Shareable Content Object Reference Model)*: E-öğrenme içeriklerinin geliştirilmesi, sunulması ve paylaşılması için bir standart olan SCORM, içeriklerin farklı platformlarda uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır (Mutlu, 2015).
- *xAPI (Experience API)*: Öğrenme deneyimlerinin izlenmesi ve raporlanması için kullanılan xAPI, öğrenen etkinliklerini, ilerlemelerini ve performanslarını takip etmek için veri toplama ve paylaşma standartları sunmaktadır.
- *QTI (Question and Test Interoperability)*: 1EdTech tarafından geliştirilen, online sınav/testlerin oluşturulması ve paylaşılması için bir standart olan QTI, soruların ve testlerin farklı e-öğrenme sistemleri arasında taşınabilirliğine ve yeniden kullanımına imkân tanımaktadır.
- *Learning Tools Interoperability (LTI)*: 1EdTech tarafından geliştirilen ve farklı e-öğrenme sistemlerinin entegrasyonunu kolaylaştıran bir standart olan LTI, içeriklerin diğer platformlarda erişilebilir ve kullanılabilir

olmasını sağlar. Öğrenme yönetim sistemleri başta olmak üzere sistemlerin birlikte çalışılabilirliğini sağlamak için geliştirilen bir standarttır.

- *Comprehensive Learner Record (CLR)*: 1EdTech tarafından geliştirilen Kapsamlı Öğrenen Kaydı (KÖK), eğitimin ilk aşamalarından, ileri seviye eğitime ve kariyer gelişimine kadar tüm yaşam boyu öğrenme kayıtlarının sunulabilmesi için geliştirilen bir açık veri standardıdır. Bireylerin kurslar, yeterlilikler, beceriler, stajlar gibi öğrenme kayıtlarını doğrulanabilir ve kolay okunabilir bir biçimde yönetmesine ve istediğinde kurum /kuruluşlara sunabilmesine olanak tanımaktadır. Yine 1EdTech tarafından geliştirilen Open Badges standardının benzeridir. Şekil 2.25'te KÖK ekosistem yapısı gösterilmektedir. Doğrulanabilir kimliklerle beraber çalıştığında blokzincir tabanlı şekilde hizmet edebilmektedir.



Şekil 2.25. *Kapsamlı öğrenen kaydı ekosistemi* [1]

- *Open Badges v3.0*: 1EdTech tarafından geliştirilen, bu tezin yazıldığı dönemde en güncel sürümü 2.0 yürürlüktedir ve 3.0 versiyonunun halihazırda final adayı sürümünde olup henüz herkesin erişimine sunulmamıştır. Bu standardın yeni versiyonu doğrulanabilir kimlikler ve

[1] Comprehensive Learner Record (CLR) tanıtım sayfası, https://www.1edtech.org/initiatives/digital-credentials/clr adresinden 18 Aralık 2022 tarihinde erişilmiştir.

blokzincir teknolojisi ile uyumlu biçimde tasarlanmaya çalışmaktadır, bunun da önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu bahsini ettiğimiz standartların dışında da farklı standartlar yer almakla birlikte, e-öğrenme içeriklerinin, deneyimlerin ve verilerin farklı platformlar arasında uyumlu bir şekilde paylaşılmasını ve kullanılmasını sağlamaktadırlar. Tezin geliştirme aşamasında bu standartlardan faydalanılmıştır.

2.3. Blokzincir Teknolojisinin Açık ve Uzaktan Öğrenmede Kullanımı

Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanılmasına yönelik öncü çalışmaların 2016 yılı sonlarına doğru ortaya çıkmaya başladığı söylenebilir. Bu bağlamda çalışma oldukça güncel bir konuyu ele almaktadır diyebiliriz. Bu konudaki ilk çalışmalardan biri Sharples ve Domingue (2016) tarafından yazılmış ve blokzincir tabanlı sistemlerin potansiyeli üzerine bir değerlendirme yapılarak akademik bir itibar sistemi önerisi sunulmuştur. Bir diğer erken dönem çalışma olarak her yıl İngiltere Açık Üniversitesi tarafından yayınlanan "Yenilikçi Pedagoji" raporu gösterilebilir. Bu çalışmada blokzincir teknolojisinden potansiyelinden bahsedilmiş, eğitime etkilerinin yüksek olacağı ve 4 yıldan uzun bir süreye ihtiyacı olduğu değerlendirilmiştir (Sharples vd., 2016). Avrupa Komisyonu JRC tarafından hazırlanan ve blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanım senaryolarını içeren detaylı politika raporunda, blokzincir teknolojisinin potansiyeli paydaşlar tarafından henüz anlaşılamadığı ve bu boşluğun doldurulmaya çalışıldığı vurgusu yapılmıştır (Grech & Camilleri, 2017).

Schmidt ve arkadaşlarının (2009) yayınladığı bir çalışma, blokzincir kavramı henüz ortada yokken eşten eşe (P2P) ağları kullanarak dağıtık ve merkeziyetsiz bir yapı üzerine düşünüldüklerini göstermektedir. Hatta bu makale yayınlandığında henüz ilk bitcoin işlemi üzerinden bir yıl bile geçmemişti.

Grech, Sood ve Ariño (2021) blokzincir, kendine egemen kimlik ve dijital kimlikleri tartıştıkları çalışmalarında, eğitimde merkeziyetsiz uygulamalar için henüz erken olduğunu şu 6 nedenle sıralamıştır;

- Geniş kullanım durumlarına yönelik az çalışma olması
- Blokzincir ağları arası birlikte çalışabilirlik problemi
- Kendine egemen kimlikte yaşanabilecek sahiplik problemi
- Merkezi yönetimlerden gelen direnç

- Yaşam boyu öğrenmenin üniversitelerin hegemonyasında olması
- İş dünyası ile açık standartların çelişkisi

Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına en yaygın ve üzerine çalışılan kullanım senaryosu eğitim kayıtlarının blokzincir ağlarına kaydedilmesi olduğu söylenebilir. Buna ek olarak, öğrenci bilgi sisteminde kullanımı (S. I. M. Ali vd., 2022; Gilda & Mehrotra, 2018; Juričić vd., 2019; Yang vd., 2023), öğrencinin başarısının izlenmesinde (Dewangan vd., 2022; Kistaubayev vd., 2022; Ogata vd., 2018; Popa Chivu vd., 2022; G. Zhao vd., 2023) blokzincir tabanlı sistemlerin kullanımın tartışıldığı görülmektedir.

EdTech Horizon Scan raporunda blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanım 5 ana başlık altında tartışmıştır (Beoku-Betts & Kaye, 2022):

1. Mikro kimlik bilgisi ve öğrenim kimlik bilgilerinin sahipliği
2. Kredilerin ve akıllı sözleşmelerin transferi
3. Öğrenci kimlik bilgilerini saklama
4. Kimlik doğrulama
5. Fikri mülkiyet koruması

Alanyazında blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı üzerine odaklanan çalışmaları sistematik biçimde inceleyerek tartışan çalışmalar dikkat çekmektedir (Alsobhi vd., 2023; Delgado-von-Eitzen vd., 2021; K & Jayalakshmi, 2018; Mohammad & Vargas, 2022; P. Ocheja vd., 2022; Pathak vd., 2022; Thi Ngoc Ha vd., 2022; M. Zhao vd., 2023). Bu çalışmalarda, mevcut çalışmalar taranarak çeşitli sınıflandırmalara yer verilmiştir. Bir başka ilgi çekici konu Ed3 kavramıdır. Web3 kavramından daha önce bahsetmiştik, bunun bir yansıması olarak eğitimde merkeziyetsiz uygulamaları sınıflandırmak için bu kavram ortaya atılmıştır (Straight, 2023). Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı yetenek bazlı işe alım süreçlerini hızlandırarak iş dünyasında açısında da aradığı nitelikli personeli bulmasında yardımcı olabilir (Lemoie & Soares, 2020).

Var olan alanyazın incelendiğinde, blokzincir teknolojisinin farklı alanlarda uygulanabilme potansiyeline yönelik çalışmaların varlığı dikkat çekmektedir (G. Chen vd., 2018; Y. Chen, 2018a, 2018b; Fromm, 2017; Kuleto vd., 2022; Purdon & Erturk, 2017; Skiba, 2017; Turcu vd., 2019), ancak; tek başına potansiyelin ortaya konması teknik olarak blokzincir teknolojisinin açık ve uzaktan eğitim alanında iyi uygulamalarını görmek için yeterli değildir. Bu çalışmada ayrıca bu sorun üzerine de tartışılmış, blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına yönelik, araştırma ihtiyaçları ve

öncelikleri ile gelecekteki araştırmalara dair alan uzmanı görüşleri yardımıyla çıkarımlarda bulunulmaktadır.

Eğitim alanında bilişim sistemleri destekli mevcut alt yapılar genellikle merkezi veri tabanı sistemi kullanır, bu mevcut sistemlerin merkeziyetsiz biçimde blokzincir tabanlı hale getirilmesinin maliyeti yüksektir ve bu maliyeti karşılamak birçok kuruluş için zor olabilir (Nadeem vd., 2023; P. Ocheja vd., 2019; Yıldırım & Meriç, 2019). Nadeem ve arkadaşları (2023) B-ACVS ismini verdikleri akademik kimlik doğrulama sisteminde Ethereum blokzincir ağını kullanarak geliştirdikleri sistemi Ropsten testnet üzerinde denemişler ve ağa yazılan veriler için 30 Nisan 2023 tarihi itibariyle minimum transfer ücretini 23,27 Pakistan Rupisi (1,62 TL = 0,083 USD), ortalama transfer ücretini de 181,52 Pakistan Rupisi (12,61 TL = 0,65 USD) olarak raporlamışlardır. Blokzincir tabanlı sistemi de bulunan Avustralya ve Yeni Zelanda için resmi yüksek öğretim sertifikalandırma sistemi My eQuals, belge başına yükseköğretim kurumlarından 2-5 AUD, öğrencilerden de 21 AUD ödeme almaktadır (Ziyi Li vd., 2022).

Eğitimde blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı, önceki öğrenmelerin tanınması, doğrulanabilir kimlikler, mikro yeterlilik, kitlesel açık çevrimiçi dersler (KAÇED), dijital rozetler ve sertifikalar, öğrenme yönetim sistemleri, e-öğrenme standartları, çevrimiçi kampüs sistemleri, öğrenci bilgi sistemleri, yeteneğe dayalı işe alım, kendine egemen kimlikler, dijital kimlik gibi konularla ilgili olduğu söylenebilir (Yıldırım, 2018). Bir sonraki bölümde alanyazında ulaşılabilen uygulamalar hakkında bilgiler verilecektir.

2.3.1. Uygulamalar

Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı; sertifika, transkript, diploma gibi öğrenme kayıtlarının yönetiminden, yaşam boyu öğrenmeyi desteklemeye, içerik/kaynak paylaşımından öğrenenlerin gelişimini takibe kadar alanyazında birçok farklı alanda karşımıza çıkmaktadır (Alammary vd., 2019). Yapılan çalışmalar da blokzincirin eğitimde kullanımının giderek daha fazla keşfedilen bir alan haline geldiğini göstermektedir. Bu başlıkta öne çıkan bazı uygulamalar hakkında bilgi verilecektir.

2.3.1.1. *Blockcerts*

Blockcerts eğitim ve öğrenme alanında sertifikaların güvenilir bir şekilde saklanması, paylaşılması ve doğrulanması için bir çözüm önerisi sunmayı hedefleyen

erken dönem, öncü bir açık kaynak kodlu uygulama çerçevesidir (Ronning & Chung, 2019; P. Schmidt, 2016). Başlangıcında MIT Media Lab ve Learning Machine isimli girişim tarafından geliştirilen bu uygulama, bireylere kendi öğrenme kayıtlarına sahip olma imkânı sunmayı amaçlamaktadır. Daha sonraları Learning Machine, Hyland firması tarafından satın alınmıştır (Lemoie & Soares, 2020).

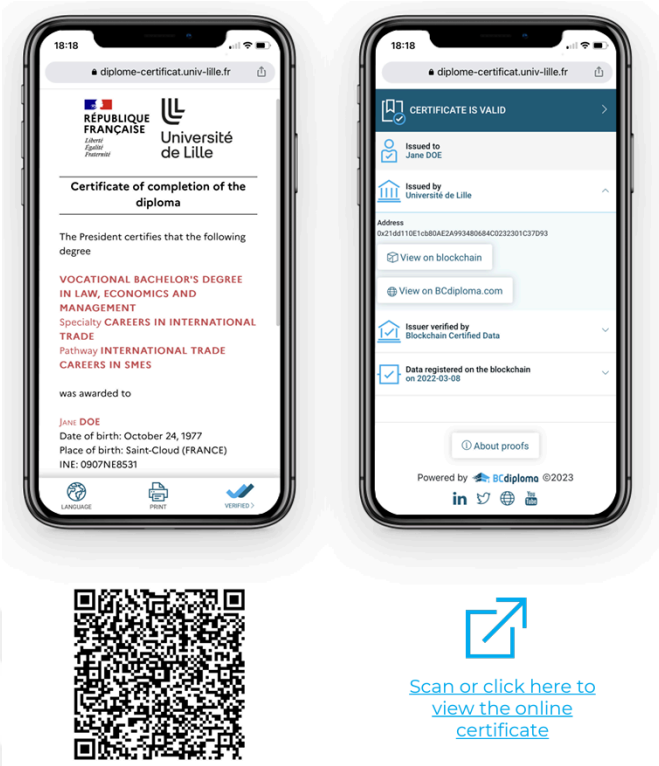
Ethereum ve Bitcoin ağlarında kayıt yapma imkânı sunan Blockcerts, geliştiricilerin kendi projelerinde kullanabilecekleri teknik kaynaklar oluşturmaya yardımcı olarak geniş bir kitle ile birlikte standart geliştirmeye odaklanmıştır. Ayrıca, Open Badges standardı ile de uyumlu hale gelmeyi hedeflemektedir (Bapat, 2020). Geliştiricilerin iletişim kurarak yazılım hakkında güncel bilgileri almalarını sağlayan bir de forumu bulunmaktadır, bu forumda yaşanılan bir sorunla ilgili teknik destek almak veya örnek senaryolarını tanıtmak da mümkündür.

Proje hakkında daha fazla bilgi almak için resmî sitesi *https://www.blockcerts.org/* ve Github profili *https://github.com/blockchain-certificates* ziyaret edilebilir.

2.3.1.2. *BCDiploma*

BCDiploma Fransa merkezli, blokzincir tabanlı dijital diploma çözümleri sunan bir girişimdir. BCDiploma, diploma sahteciliğine karşı güvenli bir ortam sunmak amacıyla diploma bilgilerini blokzincir tabanlı sistemlerde güvenli bir şekilde saklamak, doğrulamak ve paylaşmak için kullanılmaktadır. BCDiploma Ethereum ve Binance Smart Chain gibi blokzincir altyapılarını kullanmaktadır. Ethereum ağında ERC-20 standardına sahip EvidenZ (BCDT) isminde bir tokeni bulunmaktadır. Ethereum blokzincir ağında sertifikanın verilmesi için gerekli olan BCDT, toplam 40 milyon adet üretilmiştir ve yenileri üretilmeyecektir.

Lille Üniversitesi ile yürütülen pilot bir çalışmada 2023'ün başlangıcı itibariyle, 32.000'den fazla Lille Üniversitesi mezunlarına blokzincir tabanlı belge verilmiştir. Projede Avrupa Blokzincir Servis Altyapısı (EBSI) kullanılmıştır ve proje desteği alınmıştır. Şekil 2.26'da projeden üretilmiş bir ekran gösterilmiştir.



Şekil 2.26. *BCDiploma'da üretilmiş bir diploma örneği*

Şirketin resmî sitesi *https://www.bcdiploma.com/* adresinden ziyaret edilebilir.

2.3.1.3. *EduCTX*

Erken dönem uygulamalarda biri olan EduCTX, yüksek öğrenim kurumları tarafından kullanılabilecek kredi platformu önermektedir. Maribor Üniversitesi Blokzincir Laboratuvarı tarafından geliştiren bu platform, Avrupa Kredi Transfer Sistemi (ECTS) konseptine dayanmaktadır. Öğrenciler ve yükseköğretim kurumlarının yanı sıra şirketler, kurumlar ve kuruluşlar gibi diğer potansiyel paydaşlar için de fayda sağlayabilecek bu sistem, güvenilir, merkeziyetsiz bir yükseköğretim kredisi ve derecelendirme sistemi oluşturmaktadır. Erken dönem kavram kanıtı çalışmalarını açık kaynaklı Ark blokzincir altyapısı kullanarak yapan çalışma, sonraları Ethereum blokzincir alt yapısını kullanmıştır (Holbl vd., 2018; Turkanovic vd., 2018).

Yükseköğretim derecelendirme sistemlerini daha şeffaf ve kolay transfer edilebilir hale dönüştürmeyi hedefleyen proje hakkında detaylı ve güncel bilgi resmî sitesi olan *https://eductx.org/* adresinden erişilebilmektedir.

2.3.1.4. *Diğer uygulamalar*

Kyoto Üniversitesinde bir doktora tezi olarak geliştirilen BOLL (Blockchain of Learning Logs) uygulaması (P. I. Ocheja, 2022), öğrenenlerin öğrenme kayıtlarını katıldıkları farklı okullar arasında bağlamalarını sağlayan merkeziyetsiz bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Öğrenenlerin kurum değiştirdikten veya mezun olduktan sonra dijital ders kitaplarına ve öğrenme materyallerine erişmelerini sağlamak için bir çerçeve önerisi de sunmaktadır. Ayrıca, önerilen BOLL sisteminde paydaşlarının farkındalığını ve sistemin kullanılabilirliğini artırmak için ara yüzler tasarlanmıştır (P. Ocheja vd., 2019).

Monash Üniversitesi'nde bir doktora tezi olarak geliştirilen ve Algorand vakfından destek alan CVallet (Z. Z. Li vd., 2022; Ziyi Li vd., 2022), mevcut sistemlerin sınırlı yönlerini dikkate alarak yoğun kullanıcı katılımına odaklanarak bir prototip üretmiştir. Uygulamanın daha hızlı performans göstermesini sağlamak ve ekonomik verimliliği artırmak için zincir içi ve zincir dışı veri depolamasına izin verilmiş ve pay ispatı (PoS) mutabakat algoritması ile çalışan Algorand blokzincir alt yapısını kullanmışlardır.

Avrupa Birliği destekli bir araştırma projesi olan QualiChain, eğitim ve yetenek belirleme alanında blokzincir teknolojisini kullanmayı amaçlamaktadır. Projede özel sektörün eğitim ve yetenek belirleme süreçlerinde karşı karşıya kaldığı zorlukları ele alarak ve bu süreçlerin daha şeffaf, güvenilir, taşınabilir ve erişilebilir hale gelmesini sağlamak için blokzincir, veri analitiği ve yapay zekâ gibi teknolojilerin kullanımı araştırılmaktadır (Guerreiro vd., 2022; Karakolis vd., 2020; Kontzinos vd., 2019; Mikroyannidis, 2020).

E^2C-Chain (Liu vd., 2019), iki aşamalı blokzincir tabanlı bir eğitim, istihdam ve beceri sertifikasyon sistemi olarak önerilmiştir. İlk aşamada, bir güven mekanizması çalışanın eğitim ve istihdam bilgilerini doğruladığında bunları blokzincire yeni blok olarak eklemektedir. İkinci aşamada, doğrulayıcıları beceri doğrulama sürecine katılmaya teşvik etmek amacıyla Nash dengesini bulmak ve sosyal maliyet minimizasyonunu sağlamak için Vickrey-Clarke-Groves (VCG) oyun tabanlı teşvik mekanizmasını kullanmaktadır. Çalışma sonunda, öneriye yönelik teorik kanıtlar ve simülasyonlar sunulmaktadır.

Alanyazından Bsign isimli imzalama sistemi ve Binance Smart Chain ağı üzerinde çalışan B4E (Do vd., 2022), NFT tabanlı sertifikalar üretebilen NFTCert (X. Zhao & Si, 2021b), Zürih Üniversitesinde yürütülen bir yüksek lisans tezinde önerilen UZHBC (University of ZuricH BlockChain) isimli sistem (Gresch vd., 2019), blokzincir tabanlı

e-portfolyo sistemi StuChain (G. Zhao vd., 2023) ve Jovović ve arkadaşlarının (2023) önerdiği blokzincir tabanlı sistem diğer örnekler olarak gösterilebilir.

Yukarıda bahsettiğimiz akademik çalışmaların haricinde daha çok ticari amaç güden ODEM, Disciplina gibi projeleri de bulunmaktadır. Bu tez çalışması devam ederken birçok yeni proje ve girişim daha hayat bulmuştur ve bulmaya devam etmektedir. Yükselen bir alan olduğu için birçok yeni başarılı ve başarısız proje blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına yönelik üretilecektir.

2.3.1.5. *Mevcut uygulamaların karşılaştırılması*

Çeşitli değişkenlerle mevcut uygulamaları karşılaştırmak mümkündür. Her uygulamanın güçlü ve zayıf yönü olduğu da bir gerçektir. Şekil 2.27'te bazı uygulamaların çeşitli değişkenlerle karşılaştırılması verilmiştir (Ziyi Li vd., 2022).

Eğitimde Kimlik Uygulamaları için Dört Katmanlı Karşılaştırma Metrikleri																			
	Temen Bilgi		Önkoşul Katmanı			Uygulama Katmanı			Uyumluluk Katmanı				Blokzincir Katmanı						
	Yıl	İsim	Ortam Analizi	Kullanıcı Testi	Kullanıcı Ortak-tasarım	Temel Fonksiyonlar	Teşvikler	Modülerlik	Yasal	Teknik	Anlamsal	Capraz-zincir	Blokzincir	Mutabakat	Veri Tabanı	İşlem Ücreti	Akıllı Sözleşme	Token	İmza
1	2016	Blockcerts	-	-	Hayır	Kimlik Bilgisi Verme ve Doğrulama	Hayır	Hayır	-	-	Hayır	Hayır	Bitcoin	Pow	on-chain	Evet	Hayır	Hayır	ECDS
2	2018	EduCTX	Evet	Hayır	Hayır	Kredi transferi ve derecelendirme sistemi	Hayır	Evet	Evet	REST API	Hayır	Hayır	Consortium ARK	DP0S	on-chain	-	-	Evet	Multi-signature
3	2019	E2C-Chain	Evet	Hayır	Hayır	Eğitim ve istihdam sertifikasyon sistemi	Evet (VCG mechanism)	Hayır	-	Evet	Hayır	Hayır	Evet(E2C-Chain)	Pow	on-chain	-	-	Evet	ZK-SNARK
4	2019	QualiChain	Evet	Evet	Hayır	Ömür boyu öğrenmeyi destekleme, akıllı müfredat tasarımı, kamu sektörü personel temini, insan kaynakları danışmanlığı	Hayır	Evet	-	Qualihain Vediator	Evet	Hayır	Ethereum	POW	On-chain + Qualichain Database	-	-	Hayır	-
5	2019	BOLL	Evet	Hayır	Hayır	Kurumlar arası öğrenme kayıtlarının transferi	Hayır	Hayır	-	Evet	Hayır	Hayır	Evet	Pow	on-chain + Mongo DB	Evet	Evet	Hayır	ECDS
6	2020	Docschain	Evet	Evet	-	Kağıt temelli kimliklendirmeyi desteklemek için IoT kullanma	Hayır	Hayır	-	REST API	-	Hayır	Semi-private	POE	on-chain	-	Hayır	Hayır	-
7	2021	TolFob	Evet	-	-	Öğrenme davranışı ve başarı yönetimi	Hayır	-	-	REST API	-	-	Hyperledger Fabric	Kafka	on-chain + Mysql database	-	Evet	Hayır	-

Şekil 2.27. *Blokzincir tabanlı uygulamaların karşılaştırılması*

2.3.2. Topluluklar

Eğitimde blokzincir teknolojisini araştıran ve bu konuda politika geliştirmeye çalışan birçok kamu ya da özel topluluk bulunmaktadır. Bu başlık altında bu topluluklar hakkında bilgi vereceğiz.

2.3.2.1. *Dijital kimlik konsorsiyumu*

İngilizce orijinal adıyla *Digital Credentials Consortium (DCC)*, Türkçesi çevirisiyle Dijital Kimlik Konsorsiyumu, dijital kimlik ve akademik başarı belgeleri konularında çalışan bir oluşumdur. Konsorsiyum, W3C VC-EDU çalışma grubunun aktif katılımcıları arasındadır. DCC kurucu üye üniversitelerin listesi şu şekildedir:

- Delft Teknik Üniversitesi (Hollanda)
- Georgia Tech (ABD)
- Harvard Üniversitesi (ABD)
- Hasso Plattner Enstitüsü, Potsdam Üniversitesi (Almanya)
- Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (ABD)
- McMaster Üniversitesi (Kanada)
- Monterrey Teknoloji Üniversitesi (Meksika)
- Münih Teknik Üniversitesi (Almanya)
- Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley (ABD)
- Kaliforniya Üniversitesi, Irvine (ABD)
- Milano-Bicocca Üniversitesi (İtalya)
- Toronto Üniversitesi (Kanada)

Konsorsiyum üniversiteler, şirketler ve diğer ilgili kuruluşlar arasında iş birliğini teşvik ederek ve akademik dijital kimlik belgelerinin güvenli, taşınabilir ve doğrulanabilir bir şekilde paylaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Open Badges standardının geliştirilmesinde ve yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadırlar. Topluluk kendi aralarında ve herkesin katılımına açık toplantılar düzenleyerek raporlar yayınlamaktadır. Konsorsiyum üyeleri dijital kimlik belgelerinin güvenliği, standardizasyonu ve kullanılabilirliği konularında birlikte çalışarak ilerlemeyi esas almaktadır.

Konsorsiyum resmî web sitesine https://digitalcredentials.mit.edu/ adresinden ulaşılabilmektedir. Arizona Devlet Üniversitesi de bu oluşuma benzer *The Trusted Learner Network* adında bir topluluk kurmuştur. Topluluğun resmî web sitesine https://tln.asu.edu/ adresinden erişilebilmektedir.

2.3.2.2. *Avrupa blokzincir hizmetleri altyapısı*

The European Blockchain Services Infrastructure (EBSI), Türkçe adıyla Avrupa Blokzincir Hizmetleri Altyapısı, Avrupa Birliği üye ülkelerinden oluşan blokzincir

teknolojisinin pasaport, diploma, belge takibi, vatandaş kimlikleri gibi alanlarda kullanımını araştıran ve teşvik eden Avrupa Komisyonu destekli bir topluluktur. Topluluğun temel amacı, AB vatandaşlarının, işletmelerinin ve kamu kurumlarının güvenli ve etkili bir şekilde veri ve hizmetlerini paylaşmasını sağlamaktır. Bu altyapı, Avrupa Birliği'nin dijital dönüşüm stratejisinin bir parçası olarak, blokzincir tabanlı kamu hizmetlerini desteklemeyi amaçlayan bir girişimdir. Yine, Avrupa Birliği'nin farklı kurumları ve hükümetleri arasında veri paylaşımını kolaylaştırmak, güvenliği artırmak ve iş süreçlerini optimize etmek için blokzincir teknolojisini kullanım üzerine çalışmalar yürütmektedir.

EBSI, dijital kimlik, dijital diplomalar ve tedarik zinciri gibi kullanım senaryoları üzerine örnek uygulamalar geliştirmektedir. Bu senaryolardan biri de mikro yeterliliklere odaklanan örnek olaydır. Bu senaryoda, Finlandiya'daki Tampere Üniversitesi'nden MicroBlock adlı proje ile Litvanya'daki Kaunas Teknoloji Üniversitesi'nden DLTnode projesi çıktıları birleştirilerek EBSI altyapısı kullanılmıştır. Senaryoya göre, Fin bir öğrenci dijital kimliği ile Litvanya'dan bir kursa başvuru ve ardından kaydını yaparak, sonrasında mikro yeterliliğini alarak kendi üniversitesi ile bu yeterliliği paylaşabilmektedir (EBSI, 2023). Bu senaryoda ulusal otorite olarak Yükseköğretim için Avrupa Kalite Güvence Kaydı (EQAR) kurumu yer almaktadır. Cüzdan sağlayıcısı olarak da walt.id yer almaktadır. Bu senaryonun diploma örnek olayı da bulunmaktadır.

Avrupa Birliği özgeçmiş standardı olan Europass ve eğitimde dijital kimlik standardı olan Avrupa Öğrenim İçin Dijital Kimlikler (European Digital Credentials for Learning) bu altyapı ile uyumlu tasarlanmaktadır. Bu tezin yazım aşamasında henüz erken benimseyici programında çalışmalara devam eden sistem, diploma senaryosu için şu örnek paydaşlardan oluşmaktadır (Tablo 2.4). Pilot çalışmalar tamamlandığın projenin kullanılması planlanmaktadır.

Tablo 2.4. *EBSI ekosistem paydaşları*

Paydaş	**Örnek**
Belgeyi veren	Üniversite, Meslek Birliği
Belgeyi doğrulayan	İş veren
Cüzdan Sağlayıcı	Bilgi Teknolojileri Hizmet Sağlayıcısı
Güvenli Akreditasyon Kurumu	Ulusal Otorite
Belgenin Sahibi	Öğrenci

EBSI resmî web sitesine https://ebsi.eu adresinden erişilebilir.

2.3.2.3. *W3C VC-EDU alt çalışma grubu*

W3C (World Wide Web Consortium), İnternetin teknik standartlarını belirleyen uluslararası bir topluluktur. W3C VC (W3C Verifiable Credential) ise, doğrulanabilir kimlikler veri modelini geliştiren topluluktur. W3C VC-EDU (W3C Verifiable Credentials for Education) ise W3C VC grubundan türeyerek doğrulanabilir kimliklerin yalnızca eğitim alanında kullanımına yönelik çalışmalar yürüten alt bir çalışma grubudur.

W3C VC-EDU, açık standartlar ve protokoller üzerine inşa edilmiştir ve birlikte çalışılabilirliği sağlamak için W3C Verifiable Credentials veri modeli ve diğer ilgili standartları kullanmaktadırlar. Bu sayede, farklı platformlar arasında verilerin uyumlu bir şekilde paylaşılması ve doğrulanması sağlanmaktadır. Topluluk, eğitim sektöründe dijital kimlik yönetimi, doğrulama süreçlerinin kolaylaştırılması ve verilerin güvenli bir şekilde paylaşılması gibi konuları ele alarak daha güvenli, şeffaf ve taşınabilir bir eğitim ortamı oluşturmayı amaçlamaktadır.

Topluluk her hafta belirlenen gün ve saatte, yöneticilerinin organizasyonu ile konuşulacak konuların daha önce belirlendiği gündemli bir biçimde en az bir saat toplantı yapmaktadır. Topluluğun resmî web sitesine https://w3c-ccg.github.io/vc-ed/ adresinden erişilebilmektedir. Ayrıca bu sayfada topluluğun tüm toplantı kayıtlarına da erişmek mümkündür.

2.3.2.4. *Hyperledger*

Hyperledger blokzincir teknolojisine odaklanan açık kaynaklı çeşitli çözümleri barındıran ve 2015 yılında Linux Vakfı tarafından duyurularak 2016 yılında piyasaya sürülen bir çatı proje ve topluluktur. İş dünyasının blokzincir teknolojilerini keşfetmelerine, geliştirmelerine ve uygulamalarına yardımcı olmak amacıyla kurulmuştur. Hyperledger çatısı altında akıllı sözleşme makinesi Burrow, ölçeklenebilir ve modüler bir blokzincir platformu Fabric, kimlik yönetimi platformu Indy gibi projeler yer almaktadır (Usta & Doğantekin, 2018). Hyperledger ekosistemi Şekil 2.28'de gösterilmektedir (Hyperledger, 2023).

Şekil 2.28. *Hyperledger ekosistemi*

Bu tez çalışmasında bu topluluktan bahsetmemizin nedenlerinden biri eğitim alanında blokzincir teknolojisinin kullanımına yönelik yürütülen projelerde kullanılmasıdır. Özellikler Indy, Fabric ve AnonCreds platformlarının eğitim alanında kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğu söylenebilir. İlgili bölümde Hyperledger altyapısı kullanan akademik çalışmalara örnekler verilmişti. Yine buna bir başka örnek olarak Sony Global Education verilebilir, bu şirket eğitim teknolojileri ve çözümleri sunarak, eğitim alanında yeniliği teşvik etmeyi hedeflemektedir. Sony Global Education, Hyperledger Fabric platformunu kullanarak eğitim verilerinin güvenli bir biçimde paylaşılmasını, doğrulanmasını ve takip edilmesini sağlayan özel blokzincir projeleri geliştirmektedir. Sony Global Education'ın blokzincir çalışmalarına https://blockchain.sonyged.com/ adresinden erişilebilmektedir.

2.3.2.5. *1EdTech*

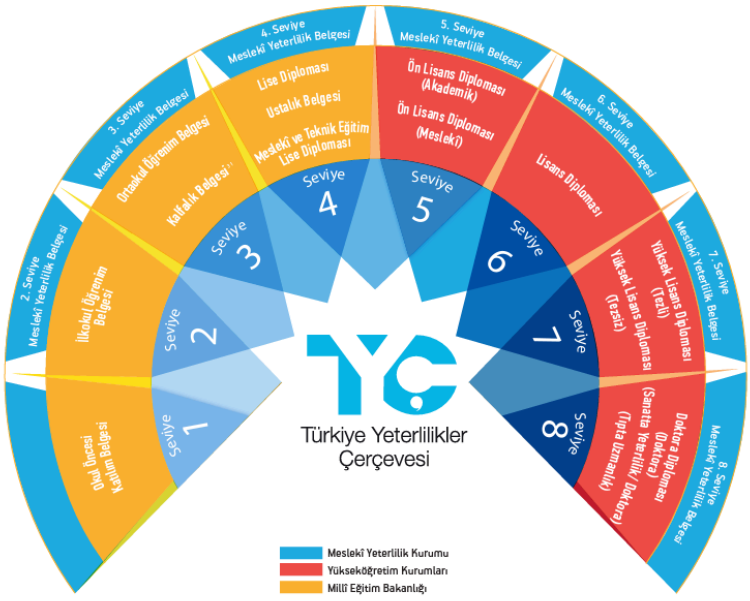
E-öğrenme standartları başlığında bahsettiğimiz 1EdTech, eski adıyla IMS Global, eğitim sağlayıcıları, yüksek öğretim/K-12 için eğitim politikaları belirleyen kurumlar ve eğitim teknolojileri tedarikçilerinden oluşan dünyanın önde gelen ve üye tabanlı kâr amacı gütmeyen bir topluluktur. Bu topluluğun temel amaçlarından biri arasında üyelerinin katılımlarıyla oluşturduğu standartları yaygınlaştırmak ve geliştirmek gelmektedir. Bu topluluk Open Badges, LTI, CLR gibi standartları geliştirerek ve mikro yeterlilik bazlı standartlar üzerinde çalışarak eğitimde blokzincir kullanımını araştıran ve bu alana katkı sağlayan önemli bir topluluktur.

2.3.3. Mikro yeterlilik

Mikro yeterlilikler (micro-credentials) geleneksel akademik derecelerin veya sertifikaların yanında yer alan ve nispeten daha küçük beceri veya bilgi birikimleri olarak tanımlanabilir. Mikro yeterlilikler spesifik bir alanda uzmanlık veya yetkinlikleri belgelendirmek için esnek ve özelleştirilmiş bir yapı sunmaktadır (Pirkkalainen vd., 2022; Selvaratnam & Sankey, 2021; Thi Ngoc Ha vd., 2022). Katılım koşulları daha esnek olduğundan yaşam boyu öğrenmeyi destekleyen bir niteliği olduğu söylenebilir.

Güneş (2022) mikro yeterlilikleri açık ve uzaktan öğrenme bağlamında incelediği doktora çalışmasında, uzman görüşlerinden yararlanarak mikro yeterliliklerin geleceğine yönelik değerlendirmelerde bulunmuştur. İşverenler açısından değerlendirildiğinde, mikro yeterlilikler belirli becerilere, yetkinliğe veya ustalığa sahip adayları daha kolay tanımlamada yardımcı olabilmektedir. Buna ek olarak, bu adaylar için de mesleki gelişim için önemli bir fırsatlar sunmaktadır.

Ülkemizde Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi ile uyumlu ve çeşitli yollarla kazanılan tüm yeterliliklerin kapsamını belirlemek amacıyla ulusal yeterlilik çerçevesi oluşturulmaya başlanmıştır. Bu çerçeve sayesinde K-12 ya da yükseköğretimde boyutunda kazanılan yeterliliklerin yanı sıra, kalan meslekler ve beceriler için de esaslar belirlenmeye çalışılmaktadır. Şekil 2.29'da Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi gösterilmektedir.



Şekil 2.29. *Türkiye yeterlilikler çerçevesi*

2.3.4. Önceki öğrenmelerin tanınması

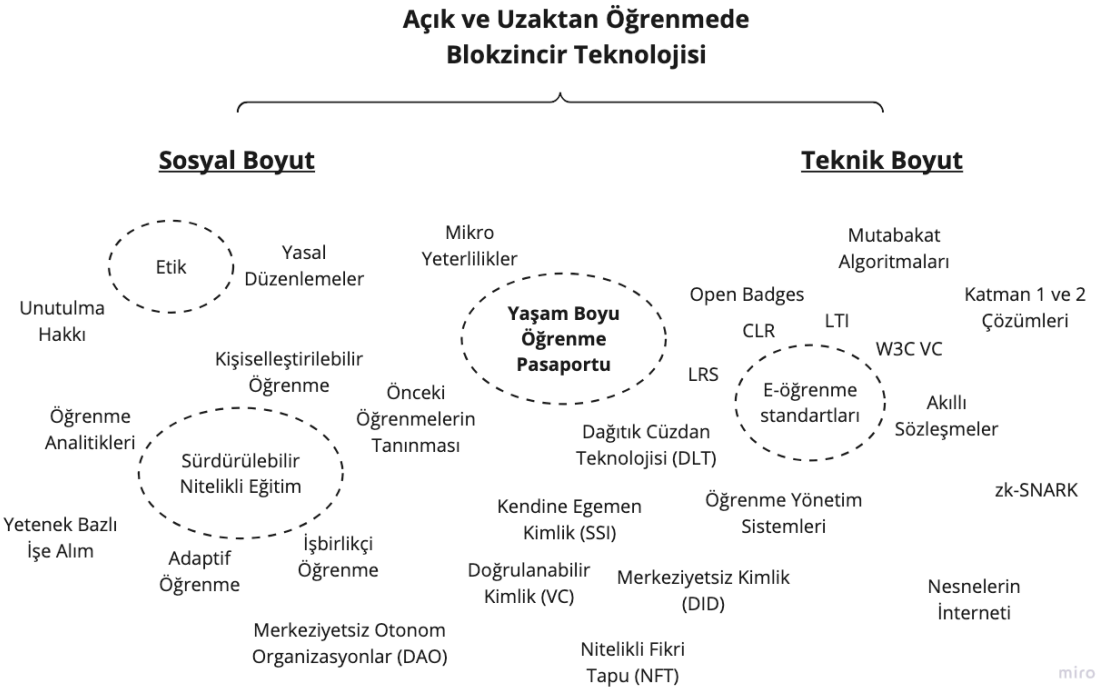
Blokzincir teknolojisinin eğitim alanında kullanım durumları arasında önceki öğrenmelerin tanınması kavramı gelmektedir. Önceki öğrenmelerin tanınması, bir kişinin daha önce edindiği bilgilerin, yeni öğrenme sürecinde nasıl kullanıldığına ya kullanılacağına dair bir kavramdır. Bu kavram, bir kişinin önceki öğrenmelerinin, yeni bilgilerin öğrenilmesi ve hatırlanması sırasında nasıl etkileşime girdiğini açıklamaktadır. Eğitimde blokzincir teknolojisi ***yaşam boyu öğrenme pasaportu*** olarak, bu öğrenmelerin kayıt altına alınması, izlenmesi ve kurumlar arası aktarılması/geçerliliklerinin belirlenmesi noktasında önemli roller oynayabilir. Örneğin, yazılım alanında "alaylı" olarak tabir edilen herhangi bir resmi diploma programı bitirmeden kendilerini yetiştirmiş kişiler; Udemy, YouTube, Coursera, Khan Academy, W3Schools, edX, Pluralsight gibi binlerce farklı enformel öğrenme ortamlarına katılarak ilgi duydukları alanda eğitim alabilmektedirler. Bu bağlamda, çoğu zaman bu eğitimler esnasında elde edilen yetkinlikler, bir eğitim kurumuna başvuru (örneğin lisansüstü eğitim başvurusu) ya da işe alım süreçleri gibi resmi durumlarda kullanılamamaktadır. Önceki öğrenmelerin tanınması bu probleme bir çözüm önerisi geliştirmeye çalışmaktadır.

Aydemir (2019) önceki öğrenmelerin tanınması ve Türk Yükseköğretim sistemi için bir politika önerisi sunduğu uzaktan eğitim alanındaki doktora tezinde, enformel ve formel olmayan öğrenme ortamlarında bireylerin öğrenme süreçleri ve bunların izinin güvenli bir biçimde sürülmesinde blokzincir teknolojisinin önemli bir fırsat olduğunu belirtmiştir. Önceki öğrenmelerin tanınması, eğitim ve öğrenme süreçleri için önemli olduğu söylenebilir. Bir kişinin daha önce edindiği bilgileri hatırlama ve kullanma yeteneği, yeni öğrenme sürecini kolaylaştırabilir ve öğrenme sürecinin hızını ve etkinliğini artırabilir. Öğrenmelerin kayıt altına alınması ve doğrulama süreçlerindeki bürokratik engeller kaldırıldığında yetenek/beceriler arası geçişler ve bireylerin kendi öğrenme maceralarını şekillendirmeleri daha kolay olacaktır. Türkiye Yeterlilikler Çerçevesinde olduğu gibi ülkeler ya da ülke birlikleri bu konuda kurallarını belirlemeleri bireylerin faydasınadır. Blokzincir teknolojileri de burada önemli bir rol oynama potansiyeline sahiptir.

2.4. Çalışmanın Kuramsal Temelleri

Açık ve uzaktan öğrenme alanında blokzincir teknolojisinin kullanımı hem sosyal hem de teknik boyutlarda çeşitli etkileri beraberinde getirmektedir. Her iki boyutun da alt

bileşenleri birbirine yakınsayan şekilde etkiler göstermektedir. Bir alt bileşende yaşanan gelişme veya değişim haliyle tüm ekosistemi etkilemektedir. Şekil 2.30'da çalışmanın sosyal ve teknik boyutları özetlenmiştir. Bu şekil, çalışmanın kuramsal temellerini kavram bulutu biçiminde göstermesi açısından önemlidir. Yine bu şekil ilerleyen bölümlerde açıklanacak kuramsal dizey yardımıyla oluşturulmuştur.



Şekil 2.30. *Çalışmanın kuramsal temelleri – kavram bulutu*

Bu çalışma e-öğrenme çerçevesi (B. H. Khan, 2000) ve sosyoteknik sistem kuramı (Trist, 1981) bağlamında temellendirilmiştir. Çalışmanın kuramsal bağlamı çalışmanın her aşamasında dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

2.4.1. AUÖ ortamlarının boyutları ve e-öğrenme çerçevesi

Khan (2000) tarafından ortaya atılan ve AUÖ süreçlerini daha etkili ve verimli hale getirmek için ortaya atılan çerçeve, AUÖ ortamlarının tasarımı, geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi aşamalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada toplam 8 bileşenden oluşan çerçevenin (1) kurumsal, (2) teknoloji, (3) ara yüz tasarımı, (4) değerlendirme, (5) yönetim ve (6) etik boyutları göz önünde bulundurulmuştur. Diğer 2 bileşen blokzincir teknolojisin açık ve uzaktan öğrenme alanında uygulamasına pratik katkı sağlamadığı düşüncesiyle elenmiştir.

Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı tasarımı yaparken, e-öğrenme çerçevesinin farklı boyutlarını göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. İşte blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı tasarımında dikkate almanız gereken boyutlar:

- *Kurumsal Boyut:* Kurumsal boyutta, eğitim kurumunun hedefleri, politikaları ve stratejileri göz önünde bulundurulur. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı, kurumun bu hedeflere ulaşmasını desteklemeli ve kurumun işleyişine entegre edilmelidir.
- *Teknoloji Boyutu:* Teknoloji boyutunda, blokzincir teknolojisinin kullanılacağı altyapı ve araçlar belirlenir. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamında, blokzincir ağları, akıllı sözleşmeler, dijital kimlikler gibi teknolojik bileşenlerin tasarımı ve uygulanması önemlidir.
- *Ara Yüz Tasarımı:* Ara yüz tasarımı, kullanıcıların eğitim ortamına erişimini ve etkileşimini kolaylaştırmak için önemlidir. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamında, kullanıcı dostu bir ara yüz tasarlanmalı, kullanıcıların blokzincir fonksiyonlarını ve özelliklerini etkili bir şekilde kullanabilmesi sağlanmalıdır.
- *Değerlendirme:* Değerlendirme boyutunda, öğrenen performansının izlenmesi, sertifikasyon süreçleri ve diğer değerlendirme yöntemleri ele alınır. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı, öğrenen başarılarının ve katılımının güvenilir bir şekilde kaydedilmesini ve doğrulanmasını sağlamalıdır.
- *Yönetim:* Yönetim boyutunda, eğitim içeriklerinin yönetimi, ders sorumlusu ve öğrenen verilerinin güvenliği, kullanıcı yetkilendirme ve erişim kontrolü gibi konular ele alınır. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı, verilerin şeffaf ve güvenli bir şekilde yönetilmesini sağlamalı, yetkilendirme ve erişim kontrolü mekanizmalarını etkin bir şekilde kullanmalıdır.
- *Etik Boyut:* Etik boyutta, veri gizliliği güvenliği, veri paylaşımı ve diğer etik ilkeler göz önünde bulundurulur. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamının tasarımında, bu etik ilkelerin korunması ve uygun kullanımı önemlidir.

Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı tasarımı, bu boyutları bir araya getirerek güvenilir, şeffaf, ölçeklenebilir ve etkili bir eğitim deneyimi sunmayı hedefler. Kullanıcıların verilerinin güvenliği, doğrulanabilirlik ve kontrolü, verimli işleyiş,

kullanıcı deneyimi ve kurumsal hedeflerin gerçekleştirilmesi gibi faktörler dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır.

2.4.2. Sosyoteknik sistem kuramı

Sosyo-teknik teorinin özü, herhangi bir kurumsal sistemin tasarımının ancak hem sosyal hem de teknik yönlerin bir araya getirilmesi ve karmaşık bir sistemin birbirine bağlı parçaları olarak ele alınması halinde anlaşılabileceği fikrine dayanmaktadır (Trist, 1981). Sosyoteknik sistem kuramı, sosyal ve teknik faktörlerin birlikte çalışarak etkileşimde bulunduğu sistemlerin tasarımını ve yönetimini ele alan bir yaklaşımdır. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı tasarımında, sosyoteknik sistem kuramından faydalanarak şu adımlar izlenebilir:

- *İhtiyaç Analizi:* Öncelikle, mevcut eğitim ortamının analizi yapılır ve tasarım sürecinde karşılanması gereken ihtiyaçlar belirlenir. Bu aşamada, öğrenen, ders sorumlusu, kurum ve diğer paydaşların beklentileri ve gereksinimleri dikkate alınmalıdır.
- *Sosyal ve Teknik Faktörlerin Belirlenmesi:* Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamının tasarımında, hem sosyal faktörler (ör. kullanıcılar, topluluklar, paydaşlar) hem de teknik faktörler (ör. blokzincir altyapısı, akıllı sözleşmeler, veri güvenliği) göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörlerin analizi yapılır ve tasarım sürecinde nasıl bir etkileşim içinde olacakları belirlenir.
- *Hedeflerin Belirlenmesi:* Tasarım sürecindeki hedefler netleştirilir. Bu hedefler, blokzincir teknolojisinin getirdiği avantajlardan yararlanarak eğitimde şeffaflık, veri güvenliği, takip edilebilirlik gibi alanlarda iyileştirmeleri içerebilir.
- *Sistem Tasarımı:* Sosyal ve teknik faktörlerin birlikte çalıştığı bir sistem tasarlanır. Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı için, blokzincir altyapısının belirlenmesi, akıllı sözleşmelerin kullanımı, veri yönetimi ve güvenlik protokolleri gibi teknik detaylar dikkate alınır. Aynı zamanda, öğrenen, ders sorumlusu ve diğer paydaşların etkileşimine uygun bir kullanıcı ara yüzü ve kullanıcı deneyimi tasarlanır.
- *Uygulama ve Test:* Tasarlanan sistem gerçek ortamda uygulanır ve test edilir. Bu aşamada, sistemdeki işleyişin, veri güvenliğinin, kullanıcı

deneyiminin ve diğer hedeflerin başarıyla gerçekleşip gerçekleşmediği değerlendirilir.

- *Sürekli İyileştirme:* Blokzincir tabanlı eğitim ortamı sürekli olarak gözden geçirilir ve iyileştirme fırsatları araştırılır. Kullanıcı geri bildirimleri, performans analizleri ve diğer değerlendirme yöntemleriyle sistem sürekli olarak geliştirilir ve yenilenir.

Blokzincir tabanlı bir eğitim ortamı tasarımı, sosyal ve teknik faktörlerin birlikte değerlendirildiği ve optimize edildiği bir süreçtir. Sosyoteknik sistem kuramı bu süreçte, kullanıcı ihtiyaçlarına uygun, güvenli, verimli ve etkili bir eğitim ortamının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

2.4.3. Kuramsal dizey

Kuramsal dizey, araştırmacıların alanyazındaki mevcut kuramsal yaklaşımları, teorileri veya kavramları karşılaştırmasına ve analiz etmesine yardımcı olmaktadır. Kuramsal dizey genellikle iki boyutlu bir tablo şeklinde oluşturulmaktadır ve bir boyutta araştırmacılar, inceledikleri kuramsal yaklaşımları, teorileri veya kavramları temsil eden farklı değişkenleri veya konuları listelemektedir. Diğer boyutta ise bu değişkenlerin veya konuların farklı özellikleri veya boyutları yer alır. Bu analiz, araştırmacılara mevcut alanyazındaki kuramsal boşlukları veya çelişkileri belirlemelerine ve çalışmalarını bu eksiklikleri gidermeye yönelik olarak tasarlamalarına olanak tanımaktadır. Çalışmanın araştırma aşamasında yararlanılan kuramlardan türetilen kuramsal dizey tablo 2.5.'da verilmiştir.

Tablo 2.5. *Kuramsal dizey*

	Kurumsal	**Yönetim**	**Teknoloji**	**Ara Yüz Tasarım**	**Değerlendirme**	**Etik**
Sosyal Boyut	Sürdürülebilirlik	Merkeziyetsizlik	Blokzincir Okuryazarlığı	Kullanım kolaylığı	Şeffaflık	Unutulma hakkı
Teknik Boyut	(1) Yasal Düzenlemeler (2) Veri Standartları	Otonomluk	(1) Akıllı sözleşme vb. (2) Maliyet	(1) Sistemlerin Entegrasyonu (2) Erişilebilirlik	Ölçeklenebilirlik	Veri gizliliği ve güvenliği

Tablodaki dizeyde, dikey sütunlar sosyoteknik kuramdaki boyutları, yatay sütunlar ise e-öğrenme çerçevesi bağlamında AUÖ ortamlarının bileşenlerini göstermektedir. Kuramsal dizey, AUÖ alanında blokzincir kullanımına yönelik kavramlarla

doldurulmuştur. Yine şekil 2.30.'da verilen kavram bulutu da bu dizeyden türetilmiş daha geniş bir bakış açısıdır.

3. YÖNTEM

Bu araştırma, yöntemsel olarak nitel bir durum çalışmasıdır. Gürbüz ve Şahin (2016, s. 403) nitel araştırma sürecini, belirli aşamaları içeren ve bu aşamaların karşılıklı etkileşimin olduğu bir süreç olarak tanımlamaktadır. Bir başka deyişle, nitel araştırmada sürekli, kesin ve belirli aşamalar bulunmamakla birlikte; esnek bir süreç dahilinde araştırmacı karşılaştığı duruma göre bu aşamaları yenileyebilmektedir. Durum çalışmaları ise istatistiksel genellemeden ziyade analitik olmayı tercih ederler ve araştırmacıların diğer benzer vakaları, fenomenleri veya durumları anlamalarına yardımcı olmaya odaklanır (Cohen vd., 2007, s. 253). Bu tez çalışmasında nitel araştırma yöntemi olarak seçilmesindeki temel neden, araştırmacının yaptığı araştırmayı genellemelerden uzak, deneyimleriyle ve gözlemleriyle içselleştirdiği süreçleri detayları ile ortaya koyma isteği ve çabasıdır.

Araştırma boyunca yürütülecek anket ve görüşmeler için Anadolu Üniversitesi'nin ilgili biriminden etik kurul onayı alınmıştır. Etik kurul onay belgesi EK-8'de verilmiştir.

Tezin bu bölümünde araştırma basamaklarından detaylı biçimde bahsedilecek ve sırasıyla araştırma modeli, araştırma alanı ve katılımcılar, veri toplama araçları, araştırma süreci, verilerin çözümlenmesi, araştırmanın ve araştırmacının inanılırlığı, araştırmanın güçlü ve sınırlı yönleri açıklanacaktır.

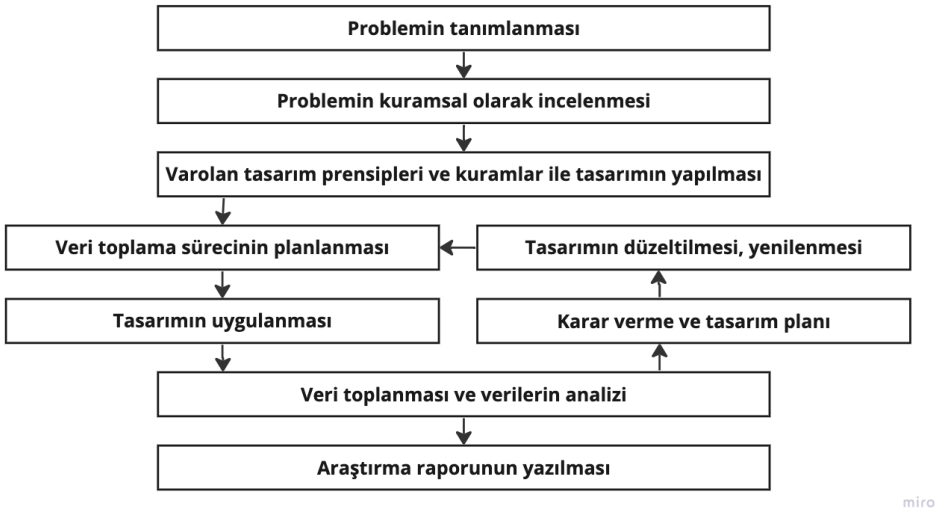
3.1. Araştırma Modeli

AUÖ alanında uzman görüşlerini alarak blokzincir teknolojisi destekli bir eğitim cüzdanı uygulaması geliştirmeyi ve mevcut uygulamalardan farklı bir bakış açısı sunmayı hedefleyen bu araştırmada, kavram kanıtı boyutunda bir uygulama geliştirilmiş ve kullanıcıların uygulamaya yönelik görüşleri alınarak AUÖ ortamlarında blokzincir teknolojisinin kullanımına ilişkin yorumlar yapılmıştır. Araştırma, tasarım tabanlı bir çalışma olarak desenlenmiştir. Teoriden yola çıkaran bir yazılım geliştirmeyi hedefleyen bu çalışmada, yazılım geliştirme aşamaları yeniden tasarımla devam etmektedir ve yaşayan bir süreç halindedir. Tasarım tabanlı araştırma, eğitime pratik ve teorik katkılara özen gösteren derinlemesine araştırmaya yönelik sistematik ve yinelemeli bir yaklaşımdır. Bu araştırma 5 basamaktan oluşmaktadır:

1. AUÖ alanında blokzincir teknolojilerine ilişkin küreyerel (küresel + yerel) bağlamda gelişmelerin incelenmesi

2. AUÖ alanında blokzincir teknolojilerinin araştırma öncelikleri ve ihtiyaçlarının belirlenmesi
3. AUÖ alanında blokzincir teknolojileri bağlamında yurt dışında gidilen üniversitenin akademik ağı aracılığıyla uluslararası eğitim teknolojileri standartları incelenerek alan uzmanları ile görüşmelerin yapılması
4. AUÖ alanında blokzincir teknolojileri kullanılarak geliştirilen Eğitim Cüzdanı Projesi'nin kavram kanıtı (PoC) çalışmalarının yapılması ve uygulamanın geliştirilmesi
5. AUÖ alanında blokzincir teknolojileri kullanılarak tasarlanan projenin uygulanması ve uygulamaya yönelik görüşlerin alınması

Bu araştırma basamakları kuramsal, geliştirme ve uygulama aşamaları olmak üzere toplam 3 temel aşamada yapılandırılmıştır. Bu basamakları yerine getirebilmek için birinci basamakta ulusal düzeyde (yerel) uzmanlarla SWOT analizi, iki ve üçüncü basamaklarda uluslararası düzeyde (küresel) uzmanların görüşlerinin alınması için TÜBİTAK 2214 bursu ile gidilen üniversite ve ağındaki uzmanlarla görüşmeler, dördüncü basamakta uygulamanın geliştirilmesi için TÜBİTAK 1512 desteği ile şirketleşme ve son basamakta da tasarlanan uygulamaya yönelik kullanıcı görüşlerin alınması ve değerlendirilme süreci yer almaktadır. Tasarım tabanlı araştırmanın uygulama basamakları Şekil 3.2'de verilmiştir (Kuzu vd., 2011) ve her basamak çalışma kapsamında aşağıda incelenmiştir.



Şekil 3.1 *Tasarım tabanlı araştırmanın uygulama basamakları*

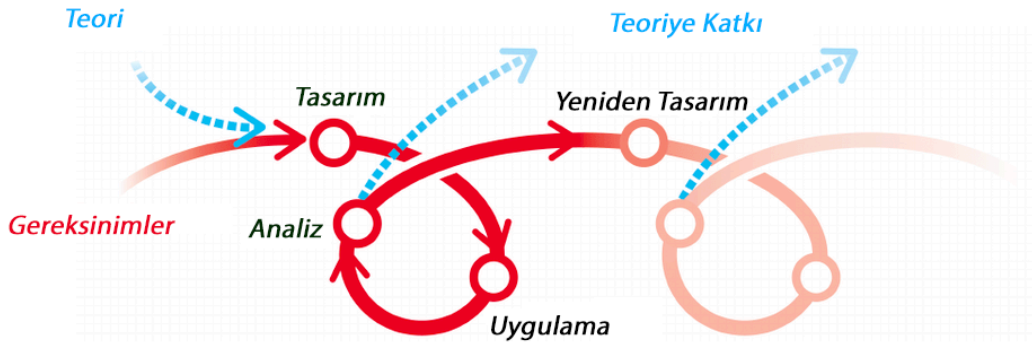
Problemin Tanımlanması: AUÖ alanında blokzincir teknolojisinin kullanımı mevcut alanyazın taranarak incelendiğinde, teknolojinin potansiyeline dikkat çeken çalışmaları görmekteyiz. Tek başına potansiyelin ortaya konması teknik olarak blokzincir teknolojisinin açık ve uzaktan eğitim alanında iyi uygulamalarını görmek için yeterli olmayacaktır. Bu nedenle de geliştirilen uygulamaların genellikle kavram kanıtı boyutunda kaldığı gözlenmektedir. Bu çalışmanın amaçlarından biri de bu boşluğa yönelik öneriler getirmektir.

Problemin kuramsal olarak incelenmesi: AUÖ alanında yenilikçi teknolojileri entegre etmeye yönelik pek çok kuram ve uygulama mevcuttur. Bu çalışmada sosyoteknik kuram ve e-öğrenme çerçevesi odaklanılmıştır. Bu bağlamda oluşturulan kuram matrisi yol gösterici olmuş ve araştırma sorularının oluşturulması aşamasında işe koşulmuştur.

Var olan tasarım prensipleri ve kuramlar ile tasarımın yapılması: Bu çalışmada AUÖ ortamları bileşenleri ve sosyoteknik kuram bağlamında hem teoride hem de pratikte uygulama yoluna gidilmiştir. İlgili konunun araştırma öncelikleri ve gereksinimlerinin belirlenmesi ve bir yol haritası çıkarılmasının da önemi ortaya konulması çalışılmıştır. Teknik boyutta blokzincir teknolojisinin eğitim sistemlerine entegrasyonundaki mevcut sınırlı yönler tartışılmaktadır.

Veri toplama sürecinin planlanması: Bu çalışmada nitel bir araştırma süreci tercih edilmiştir. Bu bağlamda teoriden gelen boyutlarda veri toplama süreci planlanmıştır. Kuram matrisinden yola çıkılarak oluşturulan planlanan araştırma sürecinde SWOT analizi ile mevcut durum ortaya konulmuştur. Ardından uzaktan eğitim ve blokzincir uzmanları ile yapılan görüşmeler ve tez izleme komitesinde gelen geri bildirimler doğrultusunda bir uygulama geliştirme sürecine başlanması karar verilmiştir. Son aşamada geliştirilen uygulamanın bir grup tarafından deneyimlenmesi, görüş ve önerileri doğrultusunda uygulamanın değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Tasarımın uygulanması: Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen uygulama sarmal geliştirme süreciyle ilerlemektedir. Şekil 3.3.'te araştırmanın ayrı ayrı her aşamasında toplanan verilerden yeniden tasarım aşamasına dönüşümünü gösterilmiştir. Araştırmanın uygulama geliştirme süreci halen devam etmekte olup sürekli kendini yenileyen ve geri bildirimlerden öğrenerek tekrarlayan bir yaşam döngüsüne sahiptir.



Şekil 3.2. *Bir yenilik süreci olarak tasarım tabanlı araştırma*

3.2. Araştırma Alanı ve Katılımcılar

Bu araştırma AUÖ alanında blokzincir teknolojisinin kullanımını konu almaktadır ve bu alanda geliştirme yapmak isteyen araştırmacılara yol gösterici bir uygulamanın geliştirilmesine odaklanılmıştır. Bu bağlamda, araştırma alanı olarak blokzincir teknolojisi ve AUÖ alanları seçilmiş, ilgili kuramlar ve alan uzmanlarının görüşünden yola çıkarak çalışılmıştır.

Bu araştırmanın 3 tür katılımcısı bulunmaktadır. Bunlar SWOT analizi katılımcıları, yurt dışı alan uzmanları ve geliştirilen uygulamayı deneyen son kullanıcılardır.

SWOT analizi sorularını yanıtlayan araştırmacılar, uzaktan eğitim veya blokzincir teknolojisi alanında çalışmalar yapmış yurt içindeki uzmanlardır. Toplam 18 adet katılımcı bulunmaktadır, bazı araştırmacılar en az iki alanda uzmanlığı olan kişilerdir. SWOT analizi katılımcılarının uzman oldukları alana göre dağılımı tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. *SWOT analizi katılımcıları*

Uzmanlık Alanı	**Sayısı**
Uzaktan Eğitim Uzmanı	10
Blokzincir Uzmanı	8
Yönetim ve Strateji Uzmanı	2
Tekil Toplam	**18**

TÜBİTAK 2214-A bursu ile yurtdışında ziyaretçi araştırmacı olarak gidilen üniversite ve çevresindeki uzaktan eğitim ve blokzincir teknolojisi alanında çalışmalar yapmış uzmanlar ile yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. 11 farklı ülkeden, 28 farklı kurumdan 67 uzmanla yaklaşık 16 saati bulan görüşme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, W3C VC-EDU gibi uluslararası çalışma gruplarının toplantılarına aktif olarak katılım sağlanmış ve takip edilmiştir. Katılımcılar hakkında bilgi tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. *Yurtdışı alan uzmanlarının ülkelerine göre dağılımı*

Ülke	**Sayısı**
A.B.D.	29
İngiltere	11
Almanya	6
Kanada	5
Malta	4
Romanya	4
Japonya	3
Slovenya	2
Hindistan	1
Yunanistan	1
İrlanda	1
Toplam	**67**

Nispeten yeni gelişen bir alan olduğundan alan uzmanı sayısının az olması ve alan uzmanı bulmada yaşanabilecek sorunları en aza indirmek için, katılımcılar seçilirken amaçlı örneklem (Patton, 2014) ve kartopu (zincir) örnekleme (Goodman, 1961) yöntemleri kullanılmıştır. Amaçlı örneklem seçimi sayesinde, uygun ve faydalı bilgiler vermesi en muhtemel olan yanıtlayıcılara ulaşılmıştır. Kartopu yönteminde erişilen uzmanlara bu alanda tanıdığı ya da çalışmaları olduğunu bildiği uzmanları önermesi istenmiştir. Amaçlı örneklem olarak da alan uzmanları seçilirken şu kriterlere dikkat edilmiştir:

- AUÖ ve/veya blokzincir alanında akademik çalışmaları olmak

- AUÖ ve/veya blokzincir alanında pratikte ya da uygulamada çalışmaları olmak

Alan uzmanlarına ek olarak, geliştirilen uygulamayı kullanan ve uygulamaya yönelik görüşlerini bildiren katılımcılar da bulunmaktadır. Geliştirilen uygulama 10 kullanıcı tarafından test edilmiştir. Katılımcılar belirlenirken yine amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Uygulamayı deneyimleyecek son kullanıcılar belirlenirken kişilere kolay ulaşılabilmesi, blokzincir teknolojisine hâkim olması, teknoloji okuryazarlığının yüksek olması kriterleri dikkate alınmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları ve Süreci

Araştırma süresince kullanılan veri toplama araçları tablo 3.3.'te verilmiştir ve her süreç ayrıntılarıyla aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 3.3. *Veri toplama araçları*

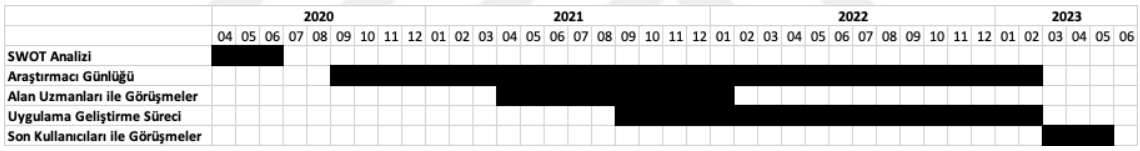
Veri toplama araçları	**Detayları**
Araştırmacı Günlükleri	Tasarım aşamasında tutulan günlükler Uygulama aşamasında tutulan günlükler
Açık Uçlu Sorular	SWOT analizi aşamasında sorulan açık uçlu sorular
Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler	(1) Blokzincir ve AUÖ alan uzmanları ile yapılan görüşmeler (2) Sistem son kullanıcıları ile yapılan görüşmeler

Araştırmacı Günlükleri: Araştırma verileri her aşamada farklı gereksinimler doğrultusunda toplanmıştır. Uygulama tasarımının öncesi ve sonrasını gözlemleyerek, süreci içselleştirerek daha iyi analiz edebilmek için nitel araştırma yöntemlerinden biri olan araştırmacı günlüğü (Burgess, 1981) kullanılmıştır. Bu sayede tezin her aşamasını gözleme ve yorumlama fırsatı yakalanmıştır. Araştırmacı günlüğü yöntemi SWOT analizi sonuçları ve kuramsal çerçeve belirlendikten uygulama geliştirme sürecinin sonuna kadar tutulmuştur. Günlüklerin araştırmanın hem tasarım hem de uygulama sürecinde detaylı bir veri kaynağı sağladığı düşünülmektedir.

Açık Uçlu Sorular: SWOT analizi için oluşturulan anket, 2-15 Nisan 2020 tarihleri arasında 45 uzmana çalışmaya katılım çağrısı (EK-2) ile gönderilmiştir. Gönderilen çağrı toplam 23 uzman tarafından kabul edilmiştir. 1 Mayıs 2020 tarihinde uzmanların yanıtlamasına açılan ankete bir ay boyunca yanıt kabul edilmiştir. Toplam 18 alan uzmanı ankete yanıt vermiştir.

Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler: Yurt dışı uzmanlarla konuyu daha derinlemesine anlayabilmek adına görüşmeler planlanmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeler ve bu görüşmelerde sorulan sorular EK-3'te verilmiştir. Bu görüşmeler yurtdışı üniversiteye katılma tarihi olan 2 Nisan 2021'den itibaren organize edilmeye başlanmış ve ülkeye geri dönme tarihi olan 17 Ocak 2022'ye kadar devam etmiştir. Sistem son kullanıcıları için ise 3-15 Nisan 2023 tarihleri arasında 15 gün boyunca uygulamayı denemeleri istenmiş, 17-21 Nisan 2023 tarihleri arasında görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Sistem son kullanıcılar ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşme soruları EK-4'te verilmiştir.

Veri toplama süreci Şekil.3.3'te tarih aralıkları ile görselleştirilerek verilmiştir.



Şekil 3.3. *Veri toplama süreci*

3.4. Araştırma Süreci

Bu tez çalışması 3 araştırma sürecinden meydana gelmektedir:

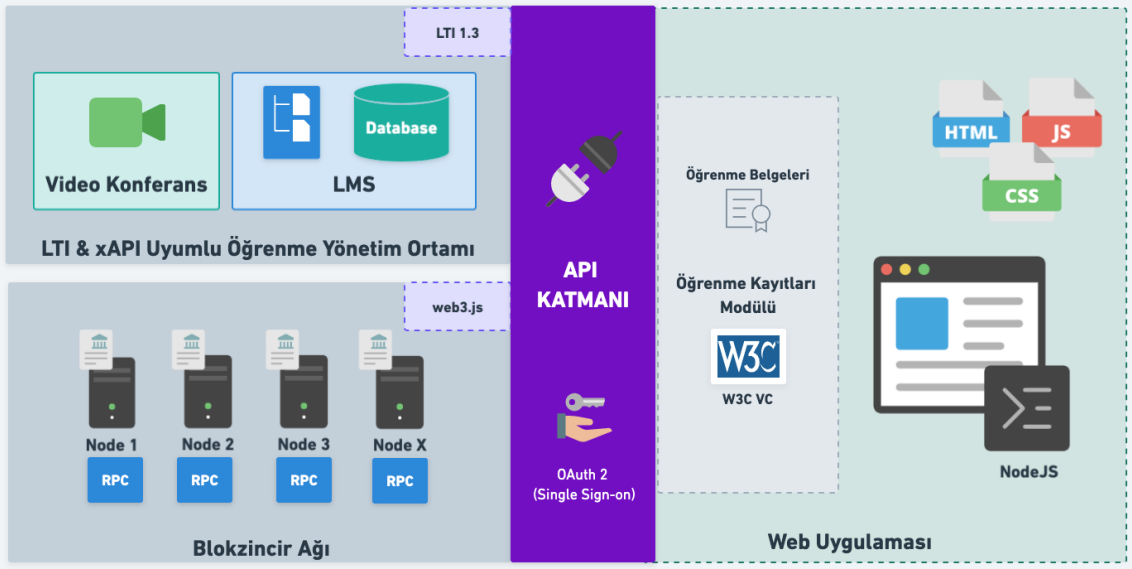
1. SWOT analizi
2. Uzmanlarla yarı yapılandırılmış görüşme
3. Uygulama geliştirme ve değerlendirme

SWOT analizi: Bir organizasyonun veya proje planının içsel ve dışsal faktörlerini değerlendirmek için kullanılan bir analiz yöntemidir. SWOT analizi, bir organizasyonun veya projenin güçlü yönlerini (strengths), zayıf yönlerini (weaknesses), fırsatlarını (opportunities) ve tehditlerini (threats) belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Hill & Westbrook, 1997). Güçlü ve zayıf yönler içsel, fırsat ve tehdit ise dışsal faktörlerdir. Bir araştırma yöntemi olarak SWOT analizi, araştırma konusunun güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatlar ve tehditlerle ilişkili faktörlerin analizi, araştırma alanında bir

değerlendirme yapmaya yardımcı olmaktadır. Araştırma konusunun mevcut durumunu anlamak, potansiyel fırsatları ve zorlukları belirlemek ve araştırma planını şekillendirmek için kullanılabilmektedir. Örneğin, bir araştırmacı SWOT analizi yaparak araştırma konusunda hangi alanların daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduğunu, hangi kaynakların mevcut olduğunu, hangi yöntemlerin en uygun olduğunu ve hangi engellerin aşılması gerektiğini belirleyebilmektedir. Bu tez çalışmasında SWOT analizi AUÖ alanında blokzincir kullanımı konusu bağlamında yapılandırılmıştır.

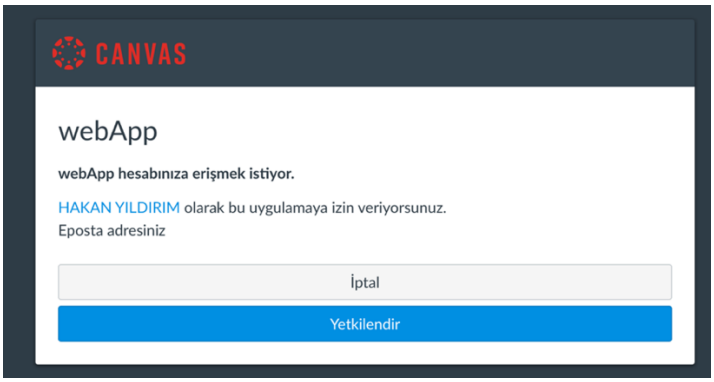
Uzmanlarla yarı yapılandırılmış görüşmeler: Yarı yapılandırılmış görüşme, araştırma veya veri toplama sürecinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, araştırmacılar önceden belirlenmiş bir dizi soru ve konu başlığına dayalı bir çerçeve oluştururken, görüşmecilere aynı zamanda esneklik sağlar ve katılımcıların daha detaylı ve kişisel deneyimlerini paylaşmalarına olanak tanımaktadır. Bu çalışmada blokzincir ve AUÖ uzmanları ile yukarıda belirtilen konuları ve araştırma hedeflerini kapsayan spesifik soruları içeren bir görüşme kılavuzu ve protokolü kullanılmıştır. Özellikle, bu bağlamda görüşmecilere serbestlik sağlanarak, katılımcıların öznel deneyimlerini, görüşlerini ve perspektiflerini ifade etmelerine izin verilmeye çalışılmıştır.

Uygulama geliştirme süreci ve değerlendirme: Bu bölümde geliştirilen uygulamanın teknik detayları aktarılacaktır. Şekil 3.4.'de geliştirilen uygulamanın sistem mimarisi yer almaktadır. Buna göre uluslararası e-öğrenme standartlarına uygun öğrenme yönetim sistemlerine (ÖYS) entegre olabilen üçüncü parti web tabanlı (mobil uyumlu, responsive) bir uygulama geliştirilmiş ve bu uygulama öğrenme yönetim sisteminde istenilen verileri özellikle de blokzincir ağına kaydedebilmeye yardımcı olmuştur. Şekilde kullanılan teknolojiler ve modüllerin arasındaki ilişki gösterilmiştir.



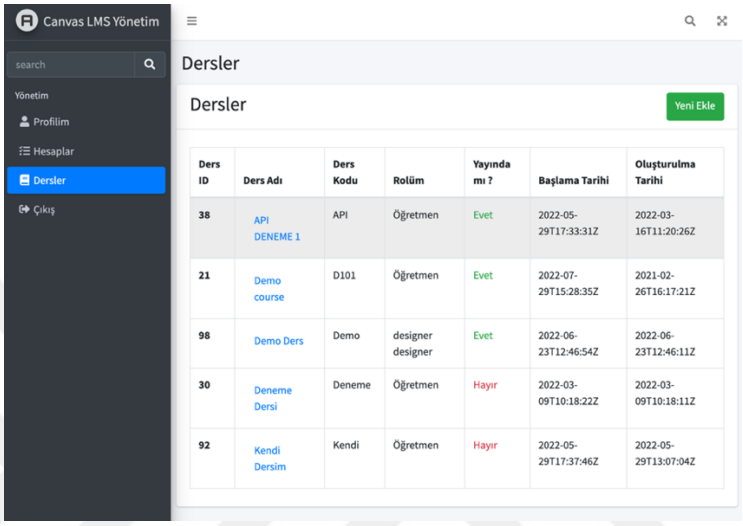
Şekil 3.4. *Sistem mimarisi*

Önerilen sistem için en uygun ÖYS Canvas LMS seçilmiştir. Bunun yanı sıra Moodle ve diğer ÖYS'ler de incelenmiştir, ilerleyen sürümlerde tüm ÖYS'lere entegre olabilecek için EduAppCenter gibi araçlara entegrasyon planlanmaktadır. Canvas LMS açık kaynaklı ve ticari sürümleri bulunan, kullanıcı dostu ara yüzü bulunan ve modern yazılım mimarisi ile kodlanmış bir öğrenme yönetim sistemi olması bu seçimin nedenlerinden bazılarıdır. Şekil 3.5'de gösterilen ekranda, geliştirilen sisteme OAuth2 protokolü ile kullanıcının sistem üzerinde öğrenme yönetim sistemindeki bilgileri ile oturum açması sağlanmaktadır. Bu sayede, sisteme entegre olan ÖYS'ler için kullanıcının yeniden hesap açmasına gerek kalmamaktadır.



Şekil 3.5. *Canvas LMS'in kullanıcıyı sisteme giriş için yetkilendirme ekranı*

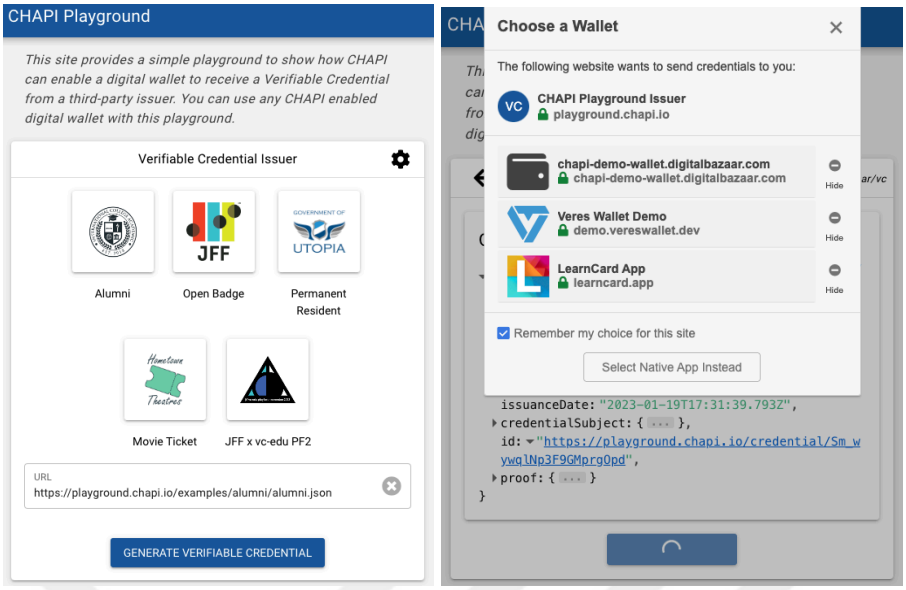
Kullanıcı sistemden yetki aldığında ÖYS üzerindeki oturumunu sistemde taşıyabilmektedir (Şekil 3.6.) ve eğitim cüzdanı olarak adlandırdığımız panele gelmektedir. Bu panelde kullanıcı profilini düzenleyebilmekte, atandığı dersleri görebilmekte yönetici ise ders ekleyebilmektedir, yani kısacası ÖYS üzerinde yapabildiği işlemleri burada gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 3.6. *Eğitim cüzdanı web uygulaması ekranı*

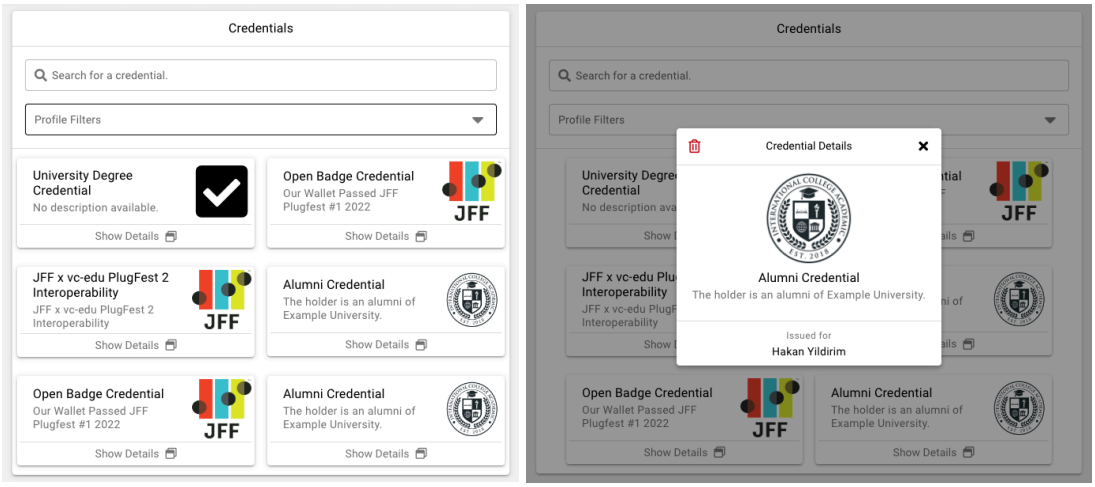
Eğitim cüzdanı uygulaması kullanıcıya elde ettiği başarımları, ders içerikleri gibi alanları gösterebilmektedir. Buna ek olarak uygulamaya özel olarak tasarlanan bir modül ile daha önce bahsini ettiğimiz W3C VC veri standardı JSON-LD biçiminde düzenlenmiş veri üretebilmekte ve bunu kaydedebilmektedir. Bu belge sayesinde elde edilen kanıtlı dijital veri istenilen cüzdan aracılığıyla blokzincir ağlarına taşınabilmektedir.

Şekil 3.7.'da CHAPI protokolü kullanılarak üretilmiş bir JSON dosyasının cüzdana kaydının yapıldığı ekranlar verilmiştir. Soldaki görüntü ilgili linkteki bilgi butona basıldığında cüzdana aktarılmaya hazır hale gelmektedir. Sağdaki görüntüde ise cüzdan seçimi ve bilginin kaydedilmesini göstermektedir.



Şekil 3.7. *CHAPI protokolünde belge kaydı*

Şekil 3.8.'de örnek bir cüzdanda yer alan ve daha önce kaydedilmiş veriler gösterilmektedir. Ekranlarda görüldüğü gibi istenilen sayıda kayıt girebilmek ve bu kayıtları yönetebilmek mümkündür.



Şekil 3.8. *Kaydedilen verilerin cüzdanda görünümü*

Uygulama geliştirme sürecinin sonunda alfa ve beta testleri gönüllü kullanıcılarla yürütülmüştür. Sistem ile ilgili geri bildirimler alınarak yazılım geliştirme yaşayan bir süreç olarak devam etmektedir.

3.5. Verilerin Çözümlenmesi

Nitel araştırmalarda veri çözümlemesi, araştırmanın amacına ve araştırma sorularına bağlı olarak farklı biçimlerde yürütülebilmektedir. İlk aşamada, ses kayıtları ve metin bazlı veriler olduğu için veri normalizasyonuna gidilmiştir. Çalışma süresinde toplanan ses kayıtları yazılı metinlere dönüştürülmüştür. Ardından çözümleme sürecinde, veriler belirli temalar, kavramlar veya kategoriler altında gruplandırılmıştır. Kuramsal dizey bağlamında sosyal ve teknik boyutların belirlenmesi amacıyla belirli kodlama sistemleri kullanarak veriler kategorilere ayrılmıştır. Araştırmanın tüm aşamalarında elde edilen verilerin çözümlenmesi için Microsoft Excel programı kullanılmıştır.

Kategorileştirilen verilerin daha kolay analiz edilebilmesi için etiketleme yöntemi ile ortak temalara gidilmeye çalışılmıştır. Tematik analiz sürecinde verilerin içeriklerinin anlaşılması ve ortaya çıkan desenlerin tanımlanması sağlanmıştır. Araştırmacı, verilerdeki ortak temaları ve motifleri belirleyerek bunları analiz etmiştir. Bu aşamada, verilerin altında yatan anlamları ve ilişkileri keşfetmek için derinlemesine bir inceleme yapılmıştır. Yurtdışında toplanan veriler İngilizce olduğu için bu aşamada ayrıca iki farklı dil uzmanından verilen yanıtların altında yatan anlamları detaylıca analiz edebilmek için destek alınmıştır. Son olarak, verilerin yorumlanması ve anlamlandırılması için analiz sonuçlarının araştırma özelinde ve araştırmanın amacına uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu bağlamda elde edilen tematik analiz sonuçları değerlendirilmiştir, bulgular yorumlanarak sonuçlar raporlanmıştır.

3.6. Araştırmanın İnanılırlığı

Araştırma sonucu ortaya konulan sonuçların inanılırlığını sağlamak amacıyla güvenilirlik ve geçerliliği için sağlama (triangulation) yöntemi kullanılmıştır. Nitel araştırmada sağlama, farklı veri kaynaklarının, araştırmacıların, teorilerin ve/veya farklı araştırma yöntemlerinin kullanılması yoluyla elde edilen verilerin karşılaştırılması ve doğrulanması süreci olarak tanımlanabilir (Patton, 2014). Sağlama araştırmacının araştırma bulgularının güvenirliğini ve geçerliliğini artırmak için önemli bir strateji olduğu söylenebilir. Bu araştırmada sağlama yapabilmek için aşağıda verilen şu yöntemler kullanılmıştır:

Veri kaynağı sağlama: Farklı veri kaynaklarını kullanarak aynı konuyla ilgili verileri karşılaştırılabilmektedir. Bu çalışmada blokzincir ve AUÖ alanında uzman yerel

ve küresel ölçekte kişilere ulaşılarak birbirinde farklı bakış açılarına başvurulmuştur. Bu sayede konu özelinde doğrulama yapılmıştır.

Araştırmacı sağlama: Birden fazla araştırmacının aynı araştırma sürecinde çalışması ve bağımsız olarak verileri analiz etmesi, bulguların doğrulanması açısından önemlidir. Bu çalışmada alanında uzman araştırmacıların görüşlerine başvurularak bağımsız olarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve birbirine uyumlu bulgular desteklenmiştir. Bulgular ve sonuçlar diğer araştırmacıların da destekleriyle gözden geçirilmiş ve sağlama yapılmıştır.

Yöntem sağlama: Nitel araştırmalarda birden fazla araştırma yöntemi kullanarak ilgili konu incelenebilir. Bu çalışmada SWOT analizi, görüşmeler ve araştırmacı günlüğü veri kaynaklarından elde edilen bulguları karşılaştırarak, ortak temalara gidilmiş ve çalışmanın tutarlılığı sağlanmıştır.

Teori/Kuram sağlama: Birden fazla teorik yaklaşımı veya perspektifi kullanarak aynı konuya farklı değerlendirmelerle zenginleştirmek mümkündür. Bu çalışmada iki farklı teorik çerçeve kullanarak elde edilen bulguları karşılaştırılmış ve teoriler arasındaki tutarlılık değerlendirilmiştir.

3.7. Araştırmacının İnanılırlığı

Nitel araştırmalarda, araştırmacının araştırma sürecindeki rolü ve etkisi önemlidir. Bu bağlamda, araştırmacının ön kabulleri, önyargıları ve etkileri çalışmada açıkça vurgulanmasında fayda olduğu söylenebilir. Bu sayede, şeffaflık ve hesap verilebilirlik önemli ölçüde yerine getirilir. Araştırmacının tez konusu bağlamında deneyimleri ile ilgili şunlar yazılabilir:

Araştırmacı, Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Öğretmenliği lisans ve Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uzaktan Eğitim Ana Bilim Dalı tezli yüksek lisans mezunudur. Anadolu Üniversitesi Uzaktan Eğitim Ana Bilim Dalı doktora eğitimine devam etmektedir. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sivrihisar MYO Bilgisayar Programcılığı programında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Çalıştığı üniversitenin Uzaktan Eğitim Araştırma Uygulama Merkezinde (ESUZEM) görevler almıştır. Lisans eğitiminden bu yana uzaktan eğitim ile ilgili çalışmalar yürütmektedir, İstanbul Aydın Üniversitesi uzaktan eğitim merkezlerinin kuruluş ekibinde yer almıştır. Araştırmacı çalıştığı kurumlarda web tasarım ve yazılım konusunda çalışmalar yapmıştır ve yapmaya devam etmektedir. Ayrıca,

Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesine bağlı Web Tasarım ve Kodlama bölümünden 2019 yılında mezun olmuştur. 2017 yılından bu yana blokzincir teknolojisini yakından ilgilenmiş ve akademik çalışmalar yaparak Ontology ve Internet Computer Protocol gibi projelere katkılar sağlamıştır. Bu bağlamda, araştırmacı hesaplamalı sosyal bilimler ve blokzincir tabanlı sistemlere ilgi duymaktadır. Araştırmacı tez konusu ile ilgili akademik yayınları ve bilimsel etkinliklere katılımı mevcuttur. Bunlardan bazıları tezin sonuna eklenen özgeçmişte verilmiştir.

Araştırmacı doktora tezi kapsamında TÜBİTAK 2214/A Yurtdışı Doktora Sırası Araştırma Bursu ile Nisan 2021 – Ocak 2022 ayları arasında 10 ay boyunca Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Purdue Üniversitesi'nde tez çalışmaları kapsamında ziyaretçi araştırmacı olarak çalışmıştır. TÜBİTAK tarafından verilen burs destek yazısı EK-5'te verilmiştir. Yine tez kapsamında, Haziran 2021'de TÜBİTAK 1512 *Eğitim Cüzdanı: Blokzincir Tabanlı Uzaktan Eğitim Çözümleri* başlıklı proje desteği ile Asystee Eğitim, Yazılım ve Danışmanlık Limited Şirketini (https://asystee.com) Anadolu Üniversitesi Teknoparkında kurmuştur. 12 ay süreli projenin başarılı bir biçimde sonlandırıldığına dair TÜBİTAK yazısı EK-6'da verilmiştir. Şirket araştırma geliştirme ve ürün geliştirme çalışmalarına ilgili alanlarda devam etmektedir. Ayrıca, araştırmacı hakkında ayrıntılı bilgiye kişisel web sitesi https://hakanyildirim.com adresinden erişilebilmektedir. Bu tez çalışmasının eğitimde blokzincir teknolojisinin uygulama alanlarını belirleme konusunda ülkemize AR&GE, ÜR&GE ve teknoloji transferinin sağlanmasını bakımından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bunlara ek olarak, araştırmacı tez konusu ile doğrudan ilgili uluslararası çalışma gruplarına (W3C VC-EDU vb.) katılım sağlamış ve Medium, LinkedIn gibi sosyal medya ağlarında bu alanda çalışan kişilerle iletişim kurmaya çalışmaktadır.

3.8. Araştırmanın Güçlü ve Sınırlı Yönleri

Bu tez çalışmasının güçlü ve sınırlı yönleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- Bu çalışma tezin konusu, amacı, alt amaçları, kuramsal temeli, yöntemi, süresi ve katılımcıları ile sınırlıdır.
- Araştırmada tezin konusu ile ilgili yapılan SWOT analizinden, yarı yapılandırılmış görüşmelerden, araştırmacı günlüklerinden, sistem kullanıcılarından ve alan uzmanlarından elde edilen nitel veriler kullanılmıştır.

- Araştırmanın katılımcıları amaçlı örnekleme ve kar topu yöntemleri ile seçilmiştir.
- Araştırma kapsamında yurt dışında bir üniversiteye ziyaretçi araştırmacı olarak gidilerek alan uzmanları ile görüşme fırsatı yakalanmıştır.
- Araştırma kapsamında uygulama geliştirme boyutuna geçilerek deneyimler elde edilmiş ve çalışmada paylaşılmıştır.
- Araştırma boyunca araştırmayla ilgili 3 farklı proje başvurusu yapılmış (TÜBİTAK 2214-A, TÜBİTAK 1512, TÜBİTAK 2551), 2 proje önerisi kabul edilmiş ve çalışma bu bağlamlarda yürütülmüştür.
- Araştırma süresi boyunca hakemli süreçlere dahil olunmuş ve denetçi uzmanlar tarafından süreç boyunca kontrol edilerek izlenmiştir.
- Geliştirilen uygulama kavram kanıtı boyutunda kalmıştır.
- Araştırmacı çalışmanın her aşamasında aktif rol almıştır.
- Araştırma hem uygulama hem teorik boyutta ilerlediğinden elde edilen sonuçların alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4. BULGULAR VE YORUM

Bu çalışmanın temel amacı, AUÖ alanında blokzincir teknolojisi destekli sürdürülebilir bir eğitim cüzdanı uygulamasının geliştirilmesidir. Bu amaç doğrultusunda araştırma kapsamında SWOT analizi, alan uzmanları ile yapılan görüşmeler, geliştirilen uygulamaya yönelik son kullanıcı ile yapılan görüşmeler ve araştırmacı günlüğü veri toplama araçlarından elde edilen bulgular ve yorumlar verilmiştir. Ayrıca, bu alanda araştırma öncelikleri ve ihtiyaçlarına yönelik yorumlara da yer verilmiştir.

4.1. SWOT Analizi Bulguları ve Yorumlar

Blokzincir ve AUÖ alan uzmanlarına eğitimde blokzincir kullanımının güçlü, sınırlı yönleri, fırsatlar ve tehditlerin neler olduğuna yönelik açık uçlu bir anket yapılmıştır.

Güçlü ve sınırlı yönler

Uzmanların verdiği cevaplarda tekrarlanan ve bu bağlamda çıkarılan temalar tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. *Blokzincirin eğitimde kullanımına yönelik güçlü ve sınırlı yönler*

Güçlü Yönler	**Sınırlı Yönler**
Şeffaflık	Ölçeklenebilirlik
Erişilebilirlik	Entegrasyon zorlukları
Anonim olabilme	Yeterince bilinmemesi
Dağıtık sistemin gücü	Kullanım senaryolarının yaygın olmaması
Merkeziyetsizlik	Anonim kullanıcılar
Yüksek kullanılabilirlik süresi (uptime)	Performans sorunları
İzlenebilirlik	Veri mahremiyeti sorunları
Kurcalanamazlık (tamper-proof)	Gizlilik

Alan uzmanlarının verdiği cevaplarda aşağıdaki şu güçlü yönler de vurgulanmıştır:

- *"Verinin ileri ya da geriye doğru takip edilebilmesi"*
- *"Güven protokolü olarak kullanılabilmesi"*
- *"Taraflar arasında güven sağlaması"*
- *"Değiştirilmeye dirençli bir yapısının olması"*
- *"Yetkisiz erişimi engelleme becerisi (tamper-proof)"*

Yerel bağlamda değerlendirilen ve henüz gelişmemiş sınırlı olarak görülen yönler de şöyle ifade edilmiştir:

- *"KVKK uyumluluğu"*
- *"Blokzincir teknolojisinin kripto para kavramı ile karıştırılması"*
- *"Veri işletilme maliyetlerinin yüksekliği"*
- *"Teknolojiye yönelik hazırbulunuşluğun düşük olması"*
- *"Teknolojinin henüz olgunluğa ulaşmamış olması"*
- *"Blokzincire eklenen bir kaydın kalıcı olarak değiştirilemiyor olması"*

Uzmanların verdiği yanıtlarda dikkat çeken bir başka nokta, blokzincire yazılan verilerin değiştirilemez olmasının hem güçlü hem de sınırlı yönlerde değerlendirilmesi olmuştur. Bu madde ayrıca kuram matrisinde ilgili bölüme unutulma hakkı olarak işlenmiştir (Diri & Yalçınkaya, 2022; Güçlütürk, 2019). Buna benzer şekilde blokzincir kavramı "güven protokolü" olarak tanımlanırken veri mahremiyeti sorunu da yarattığı uzmanlar tarafından ifade edilmiştir. Yani, güvenlik kavramı da hem güçlü hem de zayıf yön olarak algılanmaktadır. Alammary ve arkadaşları da (2019) yaptıkları alanyazın çalışmasında blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımda sağladığı güvenliği fayda ve zorluk kategorisinde göstermesi çalışmadaki bu bulguyu desteklemektedir.

Fırsat ve tehditler

Uzmanların verdiği yanıtlarda tekrarlanan ve bu bağlamda çıkarılan temalar tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. *Blokzincirin eğitimde kullanımına yönelik fırsatlar ve tehditler*

Fırsatlar	**Tehditler**
• Kendine egemen kimlik • Yaşam boyu öğrenmeyi destekleme • Önceki öğrenmelerin tanınması • Mikro yeterlilikler • Hızlı ve kolay akreditasyon süreçleri	• Sosyal belirsizlikler • Teknik belirsizlikler • Yasal belirsizlikler • Alan uzmanlarının farkındalığının düşük olması • Blokzincir alt yapı sorunları

Alan uzmanlarının verdiği cevaplara göre aşağıdaki şu fırsatlar da vurgulanmıştır:

- *"Eğitim sisteminde, bütün aktörlerin güvenini kazanacak bir sistem elde edilebilir."*
- *"Eğitim süreçleri ve çıktıları, regülasyonlara uygun bir şekilde, izlenebilirlik ve denetlenebilirlik sağlanarak kayıt altına alınabilir."*
- *"Mikro krediler, nano-dereceler ve önceki öğrenilenlerin tanınması bağlamında güçlü ve güvenilir altyapı seçeneği sunması bir fırsat olarak değerlendirilebilir."*
- *"Geleceğin merkeziyetsiz dünyasını üçüncü parti doğrulayıcılara ihtiyaç duymadan tasarlamaya olanak sağlaması"*
- *"Şeffaflığı sayesinde adil bir eğitim sistemi sağlayacaktır."*
- *"Eğitim kurumlarının kendi süreçlerini uygulayabileceği bir geliştirme ortamı sağlayabilir."*
- *"Diploma kimlik doğrulaması veya öğrenmede kaydedilen ilerlemenin değerlendirmesi, öğrenme faaliyetlerinin tasarlanması ve uygulaması, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde ilerlemesinin izlenmesi açısından öğrenme-öğretme faaliyetleri sunduğu fırsatlar sayılabilir."*
- *"Uluslararasılaşan öğrenme ortamları ve akreditasyon süreçleri açısından pek çok fırsat barındırmaktadır."*

Buna karşın, alan uzmanlarının verdiği cevaplara göre aşağıdaki şu tehditler de vurgulanmıştır:

- *"Teknolojinin merkeziyetsiz oluşu yayılımı aşamasında devlet vb. otoriteleri tehdit eder nitelikte görülebilecektir."*
- *"Bilginin merkeziyetsizleşmesi aynı zamanda bilginin kontrolsüzleşmesi demektir. Yanlış bilgi zamanla topluluk tarafından benimsenmesi durumunda zincirin kötüye kullanımı sağlanabilir."*
- *"Blokzincir teknolojinin doğru şekilde mevcut sistemlere entegre edilememesi ile ilgili teknolojiye duyulan tehdit ve devam eden süreçlerin yarıda bırakılması"*

- *"Yeni saldırı yüzeyleri (consensus saldırıları gibi), gelecekte genelin terk edeceği bir teknoloji kullanmak"*
- *"Güvenlik tehditleri ve mevcut öğrenme sistemlerinde meydana getireceği köklü değişime karşı gösterilecek direnç"*

Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına yönelik tehditler konusunda verilen yanıtlar incelendiğinde, blokzincir ağlarındaki güvenlik tehditleri ve bu ağlara yapılabilecek saldırılar vurgulanmıştır.

SWOT analizi sonucunda çalışmanın kuramsal çerçevesine karar verilmiştir. Alan uzmanlarının özellikle belirttikleri blokzincir teknolojisinin sosyal ve teknik boyutlar nedeniyle sosyo-teknik kurama, AUÖ ortamlarının bileşenleri bağlamında da e-öğrenme çerçevesine ulaşılmıştır.

4.2. Alan Uzmanlar ile Görüşme Bulguları ve Yorumlar

Bu çalışma kapsamında SWOT analizi aşamasından sonrasında yurtdışında gidilen üniversitenin akademik ağı kullanılarak uluslararası blokzincir ve AUÖ alan uzmanlarına ulaşılarak kuram çerçevesinde belirlenen alanlarda yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda elde edilen temalar ve bu temalarla ilintili alt temalar tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. *Görüşme soruları temaları ve alt temalar*

Tema	**Alt Temalar**
Uluslararasılaştırma	Doğrulanabilir kimlik E-öğrenme standartları Ölçeklenebilirlik ve performans
Birlikte Çalışabilirlik ve Standartlar	Blokzincir ağlarının sürdürülebilirliği ve ölçeklenebilirliği Öğrenme yönetim sistemleri entegrasyonu Akademik araştırma

Tablo 4.3. *Görüşme soruları temaları ve alt temalar (Devam)*

Tema	Alt Temalar
Yönetişim ve Karar Alma	Merkeziyetsiz otonom organizasyonlar
	Kendine egemen kimlik
	Dağıtık cüzdan teknolojisi
	Nitelikli fikri tapu
Nitelikli Eğitim	Sürdürülebilirlik
	Fırsat eşitliği
	Adaptif öğrenme
Sosyal ve Kültürel Etki	Güven
	Şeffaflığı teşvik etme
	Eşitlik ve kapsayıcılık
	Dijital uçurum
Veri Gizliliği ve Güvenliği	Kişisel verilerin anonimliği
	Kimlik yönetimi
	Yasal düzenlemeler
	GDPR, KVKK vb.
Etik ve Yasal Çerçeveler	Veri gizliliği ve güvenliği
	Mevcut sistemlerle uyumluluk
	Veri Yönetimi
	Akıllı Sözleşme Yönetimi
	Siber Güvenlik
	Denetim
Maliyet Etkinliği ve Sürdürülebilirlik	Altyapı maliyetleri
	Donanım ve yazılım maliyetleri
	Geliştirme maliyetleri
	Eğitim maliyetleri
	Bakım maliyetleri
	İlk yatırım maliyeti

Tablo 4.3. *Görüşme soruları temaları ve alt temalar (Devam)*

Tema	Alt Temalar
Yaşam Boyu Öğrenme ve Beceri Geliştirme	Yetenek bazlı işe alım Yaşam boyu öğrenme pasaportu Önceki öğrenmelerin tanınması Mikro yeterlilikler
İş Birliği ve Ortaklıklar	Akademik blokzincir ağları Çalışma grupları
Pedagojik Yenilikler	Öğrenme analitikleri Adaptif öğrenme Kişiselleştirilebilir öğrenme İşbirlikçi öğrenme
Kullanıcı Deneyimi ve Benimseme	UX/UI çalışmaları Kullanılabilirlik Erişilebilirlik Cüzdan teknolojisi Kullanıcı yetkilendirme
Kültürel ve Bağlamsal Faktörler	Yerel ve eğitim sistemlerine özgü çalışmalar Uzun vadeli etki ve sosyal dönüşüm
Geleneksel Eğitim Kurumları Üzerindeki Etkisi	Merkezi yönetimlerden gelen değişime olan direnç Belirli ölçülerde bürokrasiyi aşma

Uzmanlarla yapılan görüşmeler süresince gelişmekte olan bir alan olduğu için blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı standartlar ve bu standartlara uyum çalışmaları gözlenmiştir (Lemoie & Soares, 2020). Görüşmelerde bir başka odak noktası da araştırma boşlukları ve öncelikleri tespit etmekti. Bu başlıkta ortaya çıkan temalardan yola çıkarak araştırmanın son bölümünde bireylere, kurumlara ve araştırmacılara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

4.3. Araştırmacı Günlüğü Bulguları ve Yorumlar

Araştırma sırasında yurtdışı üniversiteye katılma sürecini ve uygulama geliştirme süreçlerini takip edebilmek için araştırmacı tarafından dikkat çeken hususlar dijital bir

günlük ile tutulmuştur. Bu günlükler analizi sonucu tablo 4.4.'teki temalar ve yorumlar ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.4. *Araştırmacı günlükleri temaları*

Tema	**Yorum**
Dokümantasyon	Geliştirme ortamları için açıklayıcı rehberlere duyulan ihtiyaç Topluluklar ve gelişmeleri bu açıdan önemli Geliştiricilerin önünde bir sınırlılık
Uluslararasılaşma	Doğrulanabilir kimlik standartlarının belirlenmesi Ulusal ve uluslararası standartların geliştirilmesi
Birçok farklı alt yapı ve platformun bulunması	Mevcut durumda alanyazında bahsedilen birçok farklı alt yapı bulunmakta, bunlardan proje için en uygununa karar verebilmek sınırlı bir yön, yeterince platform testi ve uygulaması eksikliği
Kullanıcı deneyimi ve ara yüz tasarımı	Blokzincir teknolojileri UX/UI çalışmaları artırılmalı, cüzdan teknolojisi Brave Browser blokzincire entegre bir yapı, fırsatlar sunuyor
Akademik alt yapı	Araştırmacılara yol gösterebilecek açık kaynak yazılım alt yapıları ve topluluk eksikliği

Araştırmada hangi blokzincir ağının tercih edileceği sıklıkla kafa karıştıran bir konu olmuştur. Blokzincir ağlarının kendilerine göre güçlü ve sınırlı yönleri bulunmaktadır. Bu açıdan blokzincir tabanlı eğitim sistemleri genellikle Ethereum ağını tercih etmektedirler. Bunun en önemli nedenlerinden birinin yaygın geliştirici ağı ve kolay erişilebilir olması olduğu düşünülmektedir. Alanyazında bu bulguyu destekler nitelikte çalışmalar bulunmaktadır (Delgado-von-Eitzen vd., 2021, s. 14). Ağ tercihi geliştirme aşamasında bir projeyi baştan sona değiştireceğinden çalışmanın başlangıcında belirlenmesi gereken önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Geliştirme süreci yakından takip edilen EduCTX projesi alt yapı konusunda bu sorunu yaşamıştır (Holbl vd., 2018; Turkanovic vd., 2018). Blokzincir tabanlı sistemler yaygınlaşmaya

başladığında kullanıcı deneyimi ve tasarımı üzerine gelecekte çalışmalar yapılabilir (Jang & Han, 2022).

4.4. Son Kullanıcı Görüşlerine Yönelik Bulgular ve Yorumlar

Çalışmanın son aşamasında, geliştirilen uygulama son kullanıcı tarafından kullanılabilirliği boyutunda test edilmiştir. Öğrenenlerin sisteme bağlı bir öğrenme yönetim sistemi üzerinden elde ettiği rozetleri eğitim cüzdanı olarak adlandırılan sistem aracılığıyla kişisel cüzdanlarına taşımaları istenmiştir. Teknoloji ve blokzincir okuryazarlığı olan grup tarafından belirlenen görevler yerine getirilmesi istenmiştir. Son kullanıcının görüşleri doğrultusunda çıkarılan temalar tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. *Son kullanıcı görüşleri temaları*

Tema	**Yorum**
Mevcut merkezi sistemler nedeniyle oluşan direnç	Blokzincir teknolojisine yönlendirilen eleştirilerden birisi "blokzincir sorun arayan bir çözümdür" (Glomann vd., 2020) bunu destekleyen tepkiler gözlenmiştir.
Tarayıcı uzantıları	Uygulamayı deneyimleyen bazı kullanıcılar tarayıcıya bir cüzdan kurmaları gerektiğini gördüklerinde şaşırdılar
Kullanılabilirlik	Henüz ara yüzler pratik ve kullanışlı değil
Algılanan fayda	Blokzincir kullanıcıların verilerine, kimliklerine ve dijital varlıklarına tamamen sahip olma vaadinde bulunuyor ya peki gerçekten kendi verimizin sahibi olmak istiyor muyuz?

Mevcut merkezi sistemlerde belirli ölçülerde çözülebilen sorunlar örneğin ülkemizde E-devlet üzerinden bir eğitim belgesinin ya da sertifikanın görüntülenmesi, doğrulanabilmesi gibi süreçleri yeniden blokzincir teknolojisi ile tanımlandığında haliyle kullanıcılar tarafından anlaşılması güç olabiliyor. Bu nedenle böyle bir sisteme neden ihtiyaç olduğunun ya da olacağının iyi açıklanması gerekmektedir.

Blokzincir tabanlı sistemlere kullanıcıları geçirebilmek için onlara net bir biçimde sisteme karşı motivasyon vermek gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle sistemlerin kullanıcıya sağladığı aktif fayda iyi anlatılıp kolay keşfedilebilir ve kolay erişilebilir olması gerekmektedir. Ayrıca, blokzincir sistemlerinde cüzdana erişim için gerekli olan erişim kelimeleri (seed phrase) kaybolduğunda yeniden cüzdana geri dönülemeyeceği de açıklanmalıdır. Merkezi sistemlerdeki "şifremi unuttum" gibi bir seçenek blokzincir sistemlerinde bulunmamaktadır.

Uygulama sürecinde oluşan bir başka gözlem, Grech ve arkadaşlarının (2021) blokzincirin eğitimde kullanımını konusunda merkezi otoritelerin direnci olarak nitelendirildiği ve bunu destekler nitelikte çalışmamızda uzman görüşmelerinde de benzer ifadelerle karşılaşılmıştır. Ancak, aslında yalnızca merkezi otorite tarafından değil son kullanıcı gözünden de bir bakış açısı sunma şansı yakaladığımız testlerde, son kullanıcının da teknolojiyi anlamlandırma konusunda zorluk çektiği gözlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırma bağlamında ortaya çıkan bireysel, kurumsal ve toplumsal ihtiyaçlar çerçevesinde sonuçlara ve bu sonuçlar ışığında bireylere, kurumlara ve araştırmacılara yönelik önerilere yer verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Blokzincirin eğitimde kullanımıyla ilgili olarak, daha fazla araştırma ve uygulama yapıldıkça, yeni fırsatların ve yeniliklerin ortaya çıkması beklenmektedir. Bu açıdan araştırma sonucunda elde edilen bulgulardan bireysel, kurumsal ve toplumsal ihtiyaçlar çerçevesinde sonuçlar çıkarılmıştır.

5.1.1. Bireysel ihtiyaçlar çerçevesinde sonuçlar

Blokzincir teknolojisinin eğitim alanında daha etkili ve güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla gelecekteki çalışmalara odaklanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda bu çalışmada öne çıkan önemli iki kullanım senaryoları:

- Sertifikalar ve akreditasyon
- Yaşam boyu öğrenmeyi destekleme

Bu kullanım senaryolarının dışında kalan diğer alanlarda sayıca az çalışma olduğu dikkat çekmektedir. Blokzincir teknolojisi, yaşam boyu öğrenme verilerinin güvenliğini sağlama potansiyeline sahiptir diyebiliriz. Blokzincir teknolojisi öğrenenlerin kişisel verileri, blokzincir üzerinde şifrelenmiş bir şekilde depolanabilir ve değiştirilemez şekilde kaydedilebilir. Bu sayede, veri hırsızlığı ve manipülasyon riskini azaltarak öğrenenlerin kişisel bilgilerinin korunmasına yardımcı olabilmektedir. Öneriler bölümünde gelecekte yapılabilecek çalışmalar ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

Bireyler açısından blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı öğrenenlerin kişisel verilerini istedikleri ölçekte istediği uygulamalarla paylaşabilme özgürlüğünü sunuyor olmasıdır. Web3 olarak adlandırılan ve kullanıcıya kendi verisinin sahibi olmasına olanak tanıyan bu teknolojik gelişmelerin eğitimde kullanımı yaşam boyu öğrenen bireyler için yeni fırsatlar sunabilir.

5.1.2. Kurumsal ihtiyaçlar çerçevesinde sonuçlar

Kurumsal ihtiyaçlar çerçevesinde blokzincir teknolojisi belgelerin güvenliğini ve güvenilirliğini sağlayabilir, kurumların kendi arşiv sistemlerini kurmalarına yardımcı olabilir. Blokzincir tabanlı sistemler açık ve izinsiz bir ağa kaydedildiğinde, çevreci ve sürdürülebilir bir ekosistem haline gelebilmektedir. Buna ek olarak, aracıların ortadan kalkması ve süreçlerin otomatikleşmesi nedeniyle maliyetleri düşürebilir ve iş süreçlerini daha verimli hale getirebilir.

Blokzincir tabanlı sistemler eğitim kurumlarında otonom şekilde kurgulandığında bürokrasiden kaynaklı zaman kayıplarını en aza indirebilirler. Akıllı sözleşmeler, kurumsal süreçleri otomatikleştirme ve güvenli bir şekilde yürütme imkânı sağlayabilir. Bu sayede işlemlerin daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini ve insan hatalarının azalmasını sağlayabilmektedir. Her kurumun ihtiyaçları birbirinden farklı olabileceğinden, blokzincirin olası potansiyel etkileri ve sonuçları kurum özelinde değerlendirilerek tartışılmalıdır.

5.1.3. Toplumsal ihtiyaçlar çerçevesinde sonuçlar

Blokzincir teknolojisi bir güven mekanizması olarak tanımlandığında bu doğrultuda, şeffaflık ve hesap verebilirlik noktalarında toplumsal ihtiyaçlara yönelik olumlu sonuçlar doğurabilmektedir. Bireysel ve kurumsal ihtiyaçlarda olduğu gibi toplumun ilgili tarafları, blokzincir üzerinde gerçekleşen işlemleri izleyebilir ve kayıtların güvenliğini ve doğruluğunu sağlayarak güven oluşturabilir.

Alanyazın bölümünde bahsini ettiğimiz doğrulanabilir kimlik protokolü gelişip yaygınlaşmaya başladığında blokzincir teknolojisi, bireylerin dijital kimliklerini güvenli bir şekilde yönetmelerine olanak tanıyabilir. Pandemi sürecinde aşı pasaportu gibi pilot uygulamalarına tanıklık ettiğimiz blokzincir tabanlı sistemler bu yönleriyle gelecekte toplumsal ihtiyaçlara cevap verebilir.

5.2. Öneriler

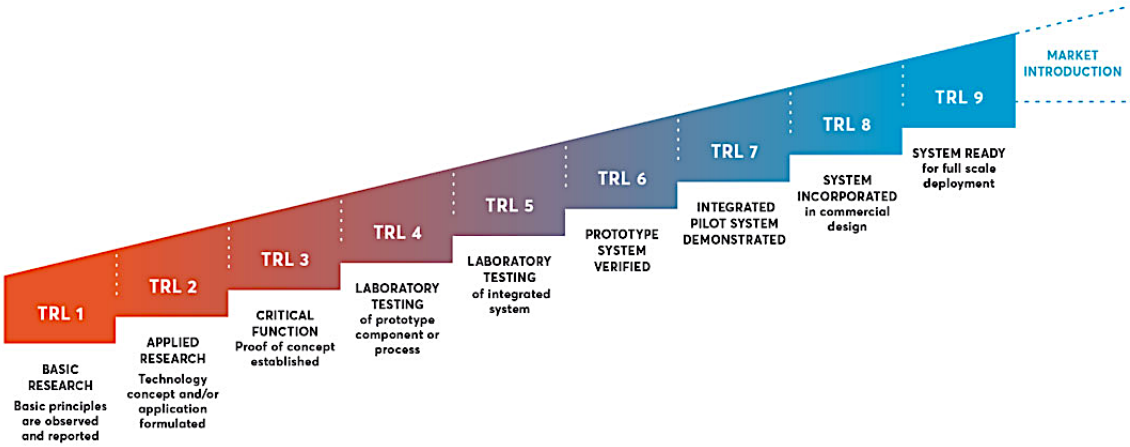
Bu tez çalışması yürütülürken karşılaşılan sorunlardan birinin yabancı kavramları Türkçeye çevirme olduğu söylenebilir. Özellikle alanyazında bazı kavramlar için birden fazla farklı çevirinin yer aldığı gözlenmiştir. Dilde ortaklık sağlayamamanın kavramları tanımlamak ve üzerine çalışmak adına olumsuz etkiler doğurabileceği düşünülmektedir.

Bu nedenle, kavramların Türkçeleştirmesine yönelik çalışmalar yapılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Eğitimde blokzincir teknolojisi ile ilgili mevcut tarama çalışmaları ilgili bölümde sunulmuştur. Bu çalışmalara teknik ve sosyal boyutta derinlemesine yenilerinin eklenmesi faydalı olacağı düşünülmektedir. Alanyazındaki mevcut çalışmalar daha çok blokzincir teknolojisinin potansiyeline yönelik çalışmalar olduğu gözlenmiştir. Bunlara ek olarak çalışma ağlarının birlikte geliştirdiği uygulamalar, testler, pilot çalışmalar alana genişlik kazandırabilir. Kavram kanıtı çalışmaları karşılaştıran güçlü ve sınırlı yönlerini tespit eden alanyazın taraması çalışmaları değerli olabilir.

Blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına yönelik olarak ***etik boyut*** detaylıca tartışılmalıdır. Blokzincirde kaydedilen verilerin silinemez olduğu düşünüldüğünde, bireylerin internette unutulma haklarını korumalarına yönelik çalışmalar yapılmalı ve blokzincire yazılan verilerin kişisel verileri açığa çıkaracak şekilde olmamasına özen gösterilmelidir. Blokzincirde mahremiyetin ve gizliliğin sağlanmasını amaçlayan çeşitli teknolojiler ve protokoller bulunmaktadır. Bu teknolojiler arasında gizli işlemler (zk-SNARKs ve zk-STARKs), gizli hesaplar, gizli işlem katmanları ve gizli blokzincir ağları (Hyperledger Fabric, Ethereum Enterprise) gibi çözümler bulunur. Bu teknolojiler, blokzincirin şeffaflık avantajını korurken, kullanıcıların mahremiyetini sağlamak için kriptografik yöntemler kullanmaktadır. Bu bağlamda, blokzincirin eğitimde kullanımına yönelik etik sorunlara odaklanan çalışmalar önemli olabilir.

Blokzincir ağına veri eklemek ağın yoğunluğuna göre maliyetli olabilmektedir. Bu maliyetleri en aza indirmek için EBSI, AWS, Hyperledger gibi merkezi blokzincir yapıları önerilmektedir. Ancak bu tür sistemler de daha kontrolcü ve merkezi olacakları için açık değildirler. Bu nedenle oluşturulan uygulamalar kavram kanıtı boyutunda kalmaktadır. Kavram kanıtı, Teknoloji Hazırlık Seviyesinde (Şekil 5.1.) gösterildiği gibi bir uygulamanın erken dönem kullanılabilirliğine yönelik prototipe yakın olan aşamayı göstermek için kullanılmaktadır (Arnouts vd., 2022; EU Commission, 2014). Bu tür uygulamaların daha geniş kitlelerce denenerek market ürünü haline gelebilmesi için daha geniş ve kapsamlı teknik çalışmalara ihtiyaç olduğu söylenebilir.



Şekil 5.1. *Teknoloji hazırlık seviyesi*

Bu tez çalışmasında yukarıdaki önerilere ek olarak, bireylere, kurumlara ve araştırmacılara da aşağıdaki öneriler sunulmaktadır.

5.2.1. Bireylere yönelik öneriler

Blokzincir teknolojisi anlaması güç bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır, bu zorluğa mevcut sistemlerdeki karmaşık ara yüzler eklendiğinde sistem kullanıcıları zorluklar yaşamaktadır. Bu nedenle, daha kullanıcı dostu ara yüzler tasarlanmalıdır.

Blokzincir teknolojisini yalnızca kripto paralardan ibaret görmemek ve diğer kullanım alanlarının da keşfedilmesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda bireyler blokzincir okuryazarlığını artırmaya yönelik gayret göstererek teknolojiyi daha iyi anlayabilirler. Yine bu alandaki son gelişmeleri ve trendleri yakından takip edebilirler. Dijital ve blokzincir teknolojisi okuryazarlığının artması, bireylere verilerini kimlerle ve ne ölçüde paylaşacağı özgürlüğünü getirecektir. Bunun yanı sıra, bireylerin kötü amaçlı yazılım ya da sistemlere karşı da korunaklı hale gelmesi için de çalışmalar yürütülmelidir. Burada yine kişisel verilerin korunumu ve sıfır bilgi ispatı gibi konuların tartışılması önemlidir.

Bireylerin yaşamları boyunca çeşitli kaynaklardan elde ettikleri öğrenme kayıtlarına erişmelerini ve bunları kendi kontrollerinde istediği ölçüde paylaşabilmesini sağlama potansiyeli olan blokzincir teknolojisi, yaşam boyu öğrenme süreçlerini önemli ölçüde destekleyebilir. Bunu yapabilmek için bireylerin eğitim alanında blokzincir destekli projeleri veya topluluklarıyla etkileşime geçmesi, görüşlerinizi paylaşması önemlidir. Bu sayede, bireyler eğitimde blokzincir teknolojisinin kullanımında geleceğini şekillendirmeye, değerli topluluklar ve bağlantılar oluşturmaya yardımcı olabilirler.

Merkeziyetsiz otonom organizasyon başlığında bahsettiğimiz Ed3DAO buna güzel bir örnektir diyebiliriz.

5.2.2. Kurumlara yönelik öneriler

Yerel boyutta ülkemizde eğitimde blokzincirin kullanımında rol alabilecek YÖK, MEB, MYK, YÖKAK gibi politika yapıcı kurumlara ve ayrıca küresel boyutta diğer tüm paydaş olabilecek kurumlara aşağıdaki önerilerde bulunulmaktadır:

Farkındalık ve Eğitim: Blokzincir teknolojisinin potansiyelini ve eğitimdeki kullanım alanlarını anlamak için politika yapıcıların bilinçlenmesi ve bilinçlendirmesi önemlidir diyebiliriz. Politika yapıcılar, blokzincirin sağladığı avantajları, mevcut uygulama örneklerini ve ilgili politika yönergelerini araştırmalı ve bu konuda eğitim almış uzmanlardan bilgi edinmelidir.

- Yükseköğretim kurumları müfredatlarına blokzincir teknolojisi okuryazarlığını artırabilmeye yönelik dersler ekleyebilir. Bu bağlamda MIT, Cornell gibi dünyanın önde gelen üniversiteleri blokzincir teknolojisini ders kataloglarına eklemiştir.
- Yükseköğretim kurumlarında blokzincir bölümleri açılabilir ve blokzincir araştırma merkezleri, öğrenci kulüplerinin sayılarının artırılması teşvik edilebilir.
- K12 eğitiminde ders kitaplarına ve materyallerine blokzincir teknolojisine yönelik farkındalığın artırılması amaçlı içerikler eklenebilir.
- Blokzincir hakkında farkındalığı artırmaya yönelik sosyal medya kanallarından yayınlar yapılabilir. Buna örnek olarak Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi gösterilebilir.
- MYK'nın blokzincir programcısı, analisti gibi meslek tanımlarını yürürlüğe koyması olumludur diyebiliriz. Bu yetkinlikleri veren kurumların sayılarının artırılması teşvik edilebilir.
- Açık ve uzaktan öğrenme alanında faaliyet gösteren eğitim kurumları birlikleri (EADTU, ICDE vb.) blokzincir altyapısı çalışmalarını tartışarak çözümler geliştirebilir ve iş birlikleri kurabilirler.

İş birliği ve ortaklık: Eğitimde blokzincir teknolojisinin etkin kullanımı için politika yapıcılar, eğitim kurumları, teknoloji şirketleri, uzmanlar ve diğer paydaşlar arasında iş birliği ve ortaklık sağlamalıdır. Ortak projeler, pilot uygulamalar ve deneme çalışmaları

yoluyla blokzincir teknolojisinin etkisini değerlendirmek ve iyileştirmek için birlikte çalışılmalıdır.

- TÜBİTAK BİLGEM Blokzincir Araştırmaları Merkezi kamu ve özel kurumlarla iş birliği ve ortaklık yürütmektedir.
- Türkiye Bilişim vakfı inisiyatifi olan Blockchain Türkiye Platformu yine bu alanda öncü çalışmalar yürütmektedir.
- Bankalararası Kart Merkezi raporlar ve yayınlar yapmaktadır.
- GUnet – Greek Universities Network (https://www.gunet.gr/en/) örneğinde olduğu gibi ULAKBİM gibi ulusal araştırma ağları blokzincir tabanlı altyapı çalışmaları yürütebilir.

Yasal ve Düzenleyici Çerçeve: Politika yapıcılar, blokzincir teknolojisinin kullanımıyla ilgili yasal ve düzenleyici çerçeveyi belirlemelidir. Veri gizliliği, güvenlik, sertifika doğrulama, veri saklama süreleri gibi konuları düzenleyen politikaların oluşturulması ve güncellenmesi önemlidir. Aynı zamanda, blokzincirin kullanımıyla ilgili yasal sorumluluklar ve haklar da açıkça tanımlanmalıdır.

- Yükseköğretimde kredi transferi, ders sayılması gibi konularda yasal çerçeveler blokzincir tabanlı eğitim sistemleri ile mümkün olabilir.
- Akreditasyon süreçleri ve kurumların belge kayıt arşiv sistemleri blokzincir tabanlı hale getirilebilir. Bu sayede, belgelerin geçerliliğinin kanıtlanması ve güvenilirliğinin sağlanması merkeziyetsiz olarak yapılandırılabilir.
- Blokzincir alanında faaliyet gösteren sivil toplum kuruluşları teşvik edilebilir. Buna İstanbul Blockchain Women örnek gösterebilir.
- Nitelikli fikri tapu, merkezi olmayan otonom organizasyonlar gibi alanyazında bahsedilen ve henüz tam olarak keşfedilmemiş kavramların eğitimde kullanımına yönelik politikalar geliştirilebilir.

Altyapı ve Teknoloji Desteği: Eğitimde blokzincir teknolojisinin kullanımı için uygun altyapı ve teknoloji desteği sağlanmalıdır. Politika yapıcılar, eğitim kurumlarına blokzincir teknolojisini benimsemeleri için gerekli teknik altyapı, kaynaklar ve teknik destek sağlamalıdır. Bu sayede, eğitim kurumlarının blokzincir tabanlı uygulamaları başarıyla uygulayabilmesini sağlanabilir.

- TÜBİTAK BİLGEM Blokzincir Araştırmaları Merkezinin öncülüğünde üniversitelerin bir blokzincir ağı kurmalarına yönelik başlatılan BAĞ (Blokzincir Ağı) https://bag.org.tr alanyazın bölümünde bahsettiğimiz

EBSI alt yapısına benzer niteliktedir. Bu tür çalışmaların blokzincir tabanlı kurumsal sistemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı ve desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

- Yükseköğretim kurumları için ULAKBİM altyapı ve teknolojik destek ile ilgili çalışmalar yürütebilir.

Standartlar ve Birlikte Çalışılabilirlik: Politika yapıcılar, eğitimde blokzincir teknolojisinin kullanımı için standartlar ve birlikte çalışılabilirlik konularını teşvik etmelidir. Standartlar, veri formatları, kimlik doğrulama protokolleri, sertifika şablonları gibi alanlarda belirlenmeli, ulusal ve uluslararası standartlar incelenmeli ve ayrıca uygulamaların birbirleriyle etkileşimini kolaylaştıracak şekilde düzenlenmelidir. Bu, farklı sistemlerin uyumlu çalışmasını sağlar ve veri paylaşımını kolaylaştırmaktadır.

- Topluluklar başlığında tartışılan ve bazı ülkelerin ulusal ya da uluslararası standart geliştirme çabaları olduğuna dikkat çekilmişti. Buna benzer çalışmaların ülkemizde de yürütülmesine yönelik topluluklar ve çalışma grupları oluşturulabilir.

Eğitim Politikalarının Gözden Geçirilmesi: Blokzincir teknolojisinin kullanımıyla birlikte eğitim politikalarının gözden geçirilmesi gerekebilir. Politika yapıcılar, blokzincir tabanlı eğitim uygulamalarının mevcut eğitim politikalarıyla uyumlu olmasını sağlamalı ve gerektiğinde politikaları güncellemelidir.

Yukarıdaki öneriler, politika yapıcıların blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımını desteklemek ve etkin bir şekilde yönlendirmek için dikkate almaları gereken bazı noktaları içermektedir. Ancak, politikalar her ülkenin eğitim sistemi ve yapısı farklı olduğundan, bu öneriler yerel/kültürel koşullara ve ihtiyaçlara göre uyarlanarak geliştirilmelidir.

5.2.3. Araştırmacılara yönelik öneriler

Bu tez çalışmasının amaçlarından biri, alan uzmanlarının görüşlerin doğrultusunda blokzincir teknolojisinin AUÖ alanında araştırma önceliklerinin ve gereksinimlerinin belirlenmesidir. Bu bağlamda tez önerisi sunumunda ve ilk 5 tez izleme komitesinde bu bağlamda çalışmalara odaklanılmıştır. Araştırma sonunda blokzincirin eğitimde kullanımına yönelik araştırma gereksinimleri olduğu gözlenmiştir. Bu açıdan hem blokzincir alanını ilgilendiren hem de blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımına yönelik teknik çalışmaların araştırılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak,

eğitim bilimleri boyutunda teknopedagojik yaklaşımların önemi ortadadır. Nispeten yeni bir alan olduğundan birçok keşfe açık olan blokzincir teknolojisinin eğitimde kullanımı araştırmacılar için de fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda araştırmacılara yönelik şu başlıklar altında önerilerde bulunulabilir:

Kullanıcı Deneyimi ve Benimseme: Kullanıcı deneyimi, bir teknolojinin geniş kitlelerce başarılı bir şekilde benimsenmesinde önemli roller oynamaktadır. Blokzincir tabanlı eğitim sistemleriyle ilgili kullanıcı perspektiflerini, beklentilerini ve zorluklarını anlamak için araştırmalara ihtiyaç olduğu söylenebilir. Bu nedenle, teknolojiyi benimsenmeyi ve kullanımı kolaylaştırmak için kullanıcı dostu ara yüzlerin, sezgisel tasarımın ve mevcut sistemlere iş akışlarıyla sorunsuz entegrasyonun araştırılması gerekmektedir. Dağıtık cüzdan teknolojisi henüz geniş kitleler tarafından deneyimlenmediği için bu alanda yapılan araştırmalar gelecekte önemli bulgular ve sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Etki Değerlendirme ve Benimseme Çalışmaları: Blokzincir teknolojisinin eğitim çıktıları, öğrenen katılımı, idari süreçler ve kurumsal uygulamalar üzerindeki gerçek etkisini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma sonunda, farklı öğretim ortamları çerçevesinde blokzincirin etkililiğini, verimliliğini ve genel değer önerisini değerlendirmek için ampirik çalışmalar, vaka analizleri ve benimseme çalışmaları yürütmek önerilmektedir.

Sosyal Dönüşüm ve Kültürel Etki: Blokzincir teknolojisinin eğitimdeki daha geniş sosyal ve kültürel etkisini anlamak için araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu konuya, eğitim ekosisteminde güveni artırma, işgücü gelişimi, şeffaflığı teşvik etme ve öğrenme topluluklarını güçlendirme konularının araştırılması da dahildir.

Uluslararasılaşma ve Hareketlilik: Blokzincir teknolojisi eğitim belgelerinin ulusal ve uluslararası sınırlar arasında tanınmasını ve aktarılmasını nasıl kolaylaştırabileceğini keşfetmek için araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu, blokzincirin kimlik değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmadaki, eğitim hareketliliğini teşvik etmedeki ve eğitimde uluslararası iş birliklerini desteklemedeki rolünü araştırmayı içerir.

İş birliği ve Ortaklıklar: Eğitimde blokzincir teknolojisinin kullanımı inovasyonu ve ortak öğrenmeyi teşvik etmek için eğitim kurumları, teknoloji sağlayıcıları, politika yapıcılar ve diğer paydaşlar arasındaki iş birliği modellerini ve ortaklıkları keşfetmek için araştırmalara ihtiyaç olduğu söylenebilir. Bu alanda yeni projelere, akademik yayınlara, çalışma gruplarına ve organizasyonlara ihtiyaç olduğu söylenebilir. Ancak bu sayede, iş

birliği, bilgi paylaşımı ve kolektif problem çözme için etkili stratejiler belirlenebilecektir. Çalışmanın alanyazın bölümünde bahsedilen topluluklara yenilerinin eklenmesi, küresel ve yerel toplulukların kültürel ve temsil ettikleri bölgeye ait farklılıkları yeni alanlar ve çalışma konularının keşfedilmesini sağlayacaktır.

Etik ve Yasal Hususlar: Eğitimde blokzincir kullanımı, eğitim kayıtlarının mülkiyeti, veri paylaşımı için izin ve veri koruma düzenlemelerine uyum gibi etik ve yasal hususları gündeme getirmektedir. İlgili tüm paydaşların haklarını ve korunmasını sağlayarak eğitimde blokzincir teknolojisinin kullanımını yöneten etik sonuçları ve yasal çerçeveleri keşfetmek için araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Maliyet ve Kaynak Optimizasyonu: Geleneksel sistemlere kıyasla blokzincir tabanlı eğitim sistemlerinin uygulanmasının maliyet boyutunun değerlendirmek için araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir. Hem kurulum hem de işletme maliyeti olarak değerlendirilerek süreçte fayda/zarar analizi yapılabilir. Blokzincirin verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlayabileceği alanları belirlemek için altyapı gereksinimlerini, işlem maliyetlerini, enerji tüketimini ve kaynak tahsisini analiz etmek gerekmektedir.

Uzun Vadeli Sürdürülebilirlik ve Bakım: Blokzincir tabanlı eğitim sistemleri, uzun vadeli sürdürülebilirliklerini sağlamak için sürekli bakım, güncelleme ve yönetişim gerektirecektir. Sistem bakımı, yükseltmeler ve blokzincir tabanlı eğitim platformlarının sürekli gelişimini ve işleyişini desteklemek için kendi kendini idame ettiren toplulukların veya kuruluşların kurulmasına yönelik stratejileri keşfetmek için araştırmaya ihtiyaç vardır. Nitelikli fikri tapu, merkezi olmayan otonom organizasyonlar gibi alanyazında bahsedilen ve eğitimde kullanımına yönelik henüz az keşfedilmemiş kavramların araştırılması yapılabilir.

Standartlar ve Birlikte Çalışabilirlik: Standartların ve birlikte çalışabilirlik çerçevelerinin geliştirilmesi, blokzincir tabanlı eğitim sistemlerinin mevcut eğitim altyapısı ve platformlarıyla sorunsuz entegrasyonu için gereklidir. Farklı blokzincir ağları ve eğitim paydaşları arasında birlikte çalışabilirliği ve veri alışverişini mümkün kılan ortak veri formatlarını, protokolleri ve birlikte çalışabilirlik mekanizmalarını tanımlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Yaşam Boyu Öğrenme ve Beceri Geliştirme: Yaşam boyu öğrenme pasaportu olarak addedilen blokzincir teknolojisinin yaşam boyu öğrenmeyi ve sürekli beceri gelişimini nasıl destekleyebileceğini incelemek için araştırmalara ihtiyaç vardır denilebilir. Burada

mikro yeterlilikler, önceki öğrenmelerin tanınması, yaşam boyu öğrenme portföyleri kavramları çerçevesinde yenilikçi araştırmalar yürütülebilir.

Teknopedagojik Çıkarımlar: Blokzincir teknolojisinin eğitime entegrasyonu, pedagojik uygulamaları ve öğrenme ortamlarını dönüştürme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir. Öğretim ve öğrenim çıktılarını geliştirmek için blokzincir teknolojisinden yararlanabilecek yenilikçi öğretim tasarımı yaklaşımlarını, değerlendirme yöntemlerini ve öğrenme analitiği tekniklerini keşfetmek için araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Ölçme ve Değerlendirme: Blokzincir tabanlı eğitim sistemleri için uygun ölçme ve değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesi için araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu konuda öğrenme çıktılarını, yetkinlik gelişimini ve blokzincirin eğitim uygulamaları ve öğrenci başarısı üzerindeki etkisini değerlendirmek için yeni yaklaşımların araştırılmasını kapsamaktadır. Blokzincirin eğitimde kullanımı her ne kadar doğrudan öğrenen-öğretici arasında yer almasa da gelecekte oluşabilecek kullanım senaryoları ile ilgili de araştırmalar yapmakta fayda olduğu söylenebilir.

Gelişen Teknolojilerle Entegrasyon: Yenilikçi ve sürükleyici eğitim deneyimleri yaratmak için blokzincirin yapay zekâ, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve artırılmış gerçeklik/sanal gerçeklik (AR/VR) gibi diğer gelişmekte olan teknolojilerle entegrasyonunu keşfetmek amacıyla araştırmalara ihtiyaç olduğu söylenebilir. Metaverse kavramı da bu teknolojiler için kapsayıcı bir çerçeve sunmaktadır.

Geleneksel Eğitim Kurumları Üzerindeki Etkiler: Blokzincir teknolojisinin yükseköğretim kurumları ve K-12 düzeyindeki okullar gibi geleneksel eğitim kurumları üzerindeki potansiyel etkilerini anlamak için araştırmalar yapılmalıdır. Bu araştırmaların başında, organizasyon yapıları, müfredat tasarımı, akreditasyon süreçleri ve eğitim kurumlarının merkezi olmayan, öğrenen merkezli bir ortam haline dönüştürülmesinin kurumlar üzerindeki etkileri gelmektedir. Mevcut sistemler dönüşürken yaşanan ve yaşanabilecek direnç de farklı çalışmaların konusu olabilir.

Gizlilik ve Veri Koruma: Blokzincir teknolojisi şeffaflık ve değişmezlik sağlarken, gizlilik ve veri koruma açısından da zorluklar yaratabilir. Blokzincirde depolanan eğitim verilerinin gizliliğini ve güvenliğini sağlayabilecek gizlilik koruma teknikleri, onay yönetimi mekanizmaları, veri şifreleme yöntemleri, kullanıcı kimliği koruması, veri anonimleştirme teknikleri ve mevzuata uygunluğu konularında daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık: Blokzincir teknolojisi, merkezi olmayan ve erişilebilir bir altyapı sağlama potansiyeli ile eğitimde eşitlik ve kapsayıcılık konularını mümkün kılabilir. Blokzincirin eğitim kaynaklarına eşit erişimi nasıl destekleyebileceğini, engelleri nasıl azaltabileceğini ve yetersiz hizmet alan yerlerdeki veya elverişsiz topluluklardaki öğrenenler de dahil olmak üzere farklı geçmişlere sahip bireyler için kapsayıcılığı nasıl teşvik edebileceğini incelemek için yeni araştırmalar yapılabilir. Bu bağlamda blokzincir teknolojisi BM sürdürülebilir kalkınma amaçları dahilinde nitelikli eğitim çerçevesinde tartışılabilir.

Ölçeklenebilirlik ve Performans: Blokzincir teknolojisi, büyük hacimli işlemlerin gerçek zamanlı olarak işlenmesi söz konusu olduğunda ölçeklenebilirlik ve performans açısından bu tezin yazıldığı dönemde hala zorluklarla karşılaşmaktadır. Eğitim bağlamında blokzincir sistemlerinin ölçeklenebilirliğini ve performansını artırabilecek teknik çözümleri keşfetmek ve geliştirmek için araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Bu teknik çalışmalar optimizasyon tekniklerini, katman 2 çözümlerini ve zincir dışı ölçeklendirme çözümlerini de kapsamaktadır.

Güven ve İtibar Sistemleri: Güven protokolü olarak tanımlanan blokzincir teknolojisi, eğitimde güven ve itibar sistemlerinin geliştirilmesini kolaylaştırarak öğrenenlerin ve eğitim kurumlarının kimlik bilgilerini ve başarılarını belirlemelerini ve doğrulamalarını sağlayabilir. Blokzincire kaydedilen eğitim başarılarını etkili bir şekilde değerlendirebilecek ve doğrulayabilecek güven modellerini, itibar mekanizmalarını ve algoritmaları tasarlamak ve değerlendirmek için araştırmaya ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Bu bahsini ettiğimiz araştırma ihtiyaçlarının ele alınması, eğitimde blokzincir teknolojisinin potansiyel faydalarının, zorluklarının ve etkili uygulama stratejilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacaktır. Ayrıca, sağlam ve sürdürülebilir blokzincir tabanlı eğitim sistemlerinin geliştirilmesinin önünü açacaktır. Bu sayede, eğitimde blokzincir alanı daha kapsamlı ve bilinçli bir şekilde ilerleyebilir ve gerçek dünyadaki zorlukları ele alan ve öğrenenlere, eğitimcilere, eğitim kurumlarına ve tüm diğer paydaşlara anlamlı faydalar sağlayan pratik uygulamalara yol açabilir.

KAYNAKÇA

Aamir, M., Qureshi, R., Khan, F. A., & Huzaifa, M. (2020). Blockchain Based Academic Records Verification in Smart Cities. *Wireless Personal Communications*, *113*(3), 1397-1406. https://doi.org/10.1007/s11277-020-07226-0

Abdullah, M., & Ali, N. A. A. (2017). E-learning standards. Içinde S. de Alencar (Ed.), *Communication, Management and Information Technology*. Taylor & Francis Group.

Alabdulwahhab, F. A. (2018). Web 3.0: The Decentralized Web Blockchain networks and Protocol Innovation. *2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*, 1-4. https://doi.org/10.1109/CAIS.2018.8441990

Alammary, A., Alhazmi, S., Almasri, M., & Gillani, S. (2019). Blockchain-Based Applications in Education: A Systematic Review. *Applied Sciences*, *9*(12), 2400. https://doi.org/10.3390/app9122400

Ali, M. (2017). *Trust-to-trust design of a new Internet* [Academic dissertations (Ph.D.), Princeton, NJ : Princeton University]. http://arks.princeton.edu/ark:/88435/dsp019306t191k

Ali, S. I. M., Farouk, H., & Sharaf, H. (2022). A blockchain-based models for student information systems. *Egyptian Informatics Journal*, *23*(2), 187-196. https://doi.org/10.1016/j.eij.2021.12.002

Alsobhi, H. A., Alakhtar, R. A., Ubaid, A., Hussain, O. K., & Hussain, F. K. (2023). Blockchain-based micro-credentialing system in higher education institutions: Systematic literature review. *Knowledge-Based Systems*, 110238. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.110238

Angelis, J., & Ribeiro da Silva, E. (2019). Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons*, *62*(3), 307-314. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.12.001

Arnouts, S., Brown, S., de Arriba, M. L., Donabedian, M., & Charlier, J. (2022). Technology Readiness Levels for vaccine and drug development in animal health: From discovery to life cycle management. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1016959

Artha, K. A. R., Zain, S. N., Alkautsar, A. A., & Widianto, M. H. (2022). Implementation of Smart Contracts for E-Certificate as Non-Fungible Token using Solana Network. *2022 IEEE 7th International Conference on Information Technology and Digital Applications (ICITDA)*, 1-6. https://doi.org/10.1109/ICITDA55840.2022.9971423

Aydemir, M. (2019). *Önceki Öğrenmenin Tanınması ve Türk Yüksek Öğretim Sistemi İçin Politika Önerisi* [Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü]. https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/26100

Bamakan, S. M. H., Motavali, A., & Babaei Bondarti, A. (2020). A survey of blockchain consensus algorithms performance evaluation criteria. *Expert Systems with Applications*, *154*, 113385. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113385

Bankalararası Kart Merkezi. (2020). *Herkes için Blokzincir: belgem.io*. https://bkm.com.tr/wp-content/uploads/2015/06/herkes_icin_blokzincir_2020_web.pdf

Bapat, C. (2020). *Blockchain for Academic Credentials*. http://arxiv.org/abs/2006.12665

Bates, A. W. (2015). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning*. BCcampus.

BCTR. (2019). *Blokzinciri Teknolojisi Terminoloji Çalışması*. https://bctr.org/bctr-rapor-blokzinciri-teknolojisi-terminoloji-calismasi-9674/

Blokzinciri Teknolojisi Terminoloji Çalışması, 1 (2019). https://bctr.org/wp-content/uploads/2019/07/BCTR_Blokzinciri_Teknolojik_Terimler.pdf

BCTR. (2021). *Akıllı Sözleşme Raporu*. https://bctr.org/dokumanlar/Akilli_Sozlesme_Raporu.pdf

Bellavitis, C., Fisch, C., & Momtaz, P. P. (2022). The rise of decentralized autonomous organizations (DAOs): a first empirical glimpse. *Venture Capital*. https://doi.org/10.1080/13691066.2022.2116797

Benchoufi, M., Porcher, R., & Ravaud, P. (2017). Blockchain protocols in clinical trials: Transparency and traceability of consent. *F1000Research*, *6*, 66. https://doi.org/10.12688/f1000research.10531.4

Beoku-Betts, I., & Kaye, T. (2022). *EdTech Horizon Scan: Blockchain technology in education*. https://doi.org/10.53832/edtechhub.0101

Bez, M., Fornari, G., & Vardanega, T. (2019). The scalability challenge of ethereum: An initial quantitative analysis. *Proceedings - 13th IEEE International Conference on Service-Oriented System Engineering, SOSE 2019, 10th International Workshop on*

Joint Cloud Computing, JCC 2019 and 2019 IEEE International Workshop on Cloud Computing in Robotic Systems, CCRS 2019, 167-176. https://doi.org/10.1109/SOSE.2019.00031

Birleşmiş Milletler. (2016). *Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri - Nitelikli Eğitim*. https://sdgs.un.org/goals/goal4

Blockchain.com. (2014). *Drawing the distinction between the uppercase "B" and lowercase "b" in Bitcoin*. https://blockchain.medium.com/c37ae4464c22

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. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988579

Boucher, P., Nascimento, S., & Kritikos, M. (2017). How Blockchain Technology Could Change Our Lives. *European Parliamentary Research Service*, 24. https://doi.org/10.2861/926645

Bouoiyour, J., & Selmi, R. (2015). What does Bitcoin look like? *Annals of Economics and Finance*, *16*(2), 449-492.

Bozkurt, A. (2017). Türkiye'de uzaktan eğitimin dünü, bugünü ve yarını. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırma Dergisi*, *3*(2), 85-124.

Bozkurt, A. (2019). Vizyon 2023: Türkiye'de açık ve uzaktan öğrenme alanında somut ve soyut teknolojiler bağlamında eğilimler. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, *5*(4), 43-64.

Bozkurt, A. (2020). Koronavirüs (Covid-19) pandemi süreci ve pandemi sonrası dünyada eğitime yönelik değerlendirmeler: Yeni normal ve yeni eğitim paradigması. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, *6*(3), 112-142.

Bozkurt, A., Jung, I., Xiao, J., Vladimirschi, V., Schuwer, R., Egorov, G., Lambert, S., Al-Freih, M., Pete, J., & Olcott Jr, D. (2020). A global outlook to the interruption of education due to COVID-19 pandemic: Navigating in a time of uncertainty and crisis. *Asian Journal of Distance Education*, *15*(1), 1-126.

Bozkurt, A., & Sharma, R. C. (2020). Emergency remote teaching in a time of global crisis due to CoronaVirus pandemic. *Asian journal of distance education*, *15*(1), i-vi.

Breidenbach, L., Cachin, C., Chan, B., Coventry, A., Ellis, S., Juels, A., Koushanfar, F., Miller, A., Magauran, B., Moroz, D., Nazarov, S., Topliceanu, A., Tramèr, F., &

Zhang, F. (2021). *Chainlink 2.0: Next Steps in the Evolution of Decentralized Oracle Networks*. https://naorib.ir/white-paper/chinlink-whitepaper.pdf

Bucea-Manea-Țoniș, R., Martins, O. M. D., Bucea-Manea-Țoniș, R., Gheorghiță, C., Kuleto, V., Ilić, M. P., & Simion, V.-E. (2021). Blockchain Technology Enhances Sustainable Higher Education. *Sustainability*, *13*(22), 12347. https://doi.org/10.3390/su132212347

Burgess, R. G. (1981). Keeping a research diary. *Cambridge Journal of Education*, *11*(1), 75-83. https://doi.org/10.1080/0305764810110106

Buterin, V. (2021). *Why sharding is great: demystifying the technical properties*. https://vitalik.ca/general/2021/04/07/sharding.html

Cant, Bart; Khadikar, Amol; Ruiter, Antal; Bronebakk, Jakob Bolgen; Coumaros, Jean; Buvat, Jerome; Gupta, A. (2016). Smart Contracts in Financial Services: Getting from Hype to Reality. Içinde *Capgemini consulting*.

Capetillo, A., Camacho, D., & Alanis, M. (2022). Blockchained education: challenging the long-standing model of academic institutions. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, *16*(2), 791-802. https://doi.org/10.1007/s12008-022-00886-1

Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*, *36*(May 2018), 55-81. https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006

Chaim, P., & Laurini, M. P. (2019). Is Bitcoin a bubble? *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, *517*, 222-232. https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.11.031

Chakroun, B., & Keevy, J. (2018). *Digital Credentialing Implications for the recognition of learning across borders*. https://oer4nosp.col.org/id/eprint/16

Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N.-S. (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. *Smart Learning Environments*, *5*(1), 1. https://doi.org/10.1186/s40561-017-0050-x

Chen, R., Wu, X., & Liu, X. (2023). RSETP: A Reliable Security Education and Training Platform Based on the Alliance Blockchain. *Electronics*, *12*(6), 1427. https://doi.org/10.3390/electronics12061427

Chen, Y. (2018a). Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation. *Business Horizons*, *61*(4), 567-575. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.006

Chen, Y. (2018b). Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation. *Business Horizons*, *61*(4). https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.006

Choi, E., Choi, Y., & Park, N. (2022). Blockchain-Centered Educational Program Embodies and Advances 2030 Sustainable Development Goals. *Sustainability*, *14*(7), 3761. https://doi.org/10.3390/su14073761

Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, *4*, 2292-2303. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (Sixth Edition). Routledge.

CoinMarketCap. (2023). *Top 100 Cryptocurrencies by Market Capitalization*. https://coinmarketcap.com/

Cucko, S., & Turkanovic, M. (2021). Decentralized and Self-Sovereign Identity: Systematic Mapping Study. *IEEE Access*, *9*, 139009-139027. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3117588

Çarkacıoğlu, A. (2016). Kripto-Para Bitcoin. Içinde *Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi*.

Çekin, M. S. (2019). Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var Mı? *İstanbul Hukuk Mecmuası*, 315-341. https://doi.org/10.26650/mecmua.2019.77.1.0012

Dannen, C. (2017). Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners. Içinde *Apress*. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2535-6

de Vries, A. (2021). Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption. *Joule*, *5*(3), 509-513. https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.02.006

Delgado-von-Eitzen, C., Anido-Rifón, L., & Fernández-Iglesias, M. J. (2021). Blockchain Applications in Education: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, *11*(24), 11811. https://doi.org/10.3390/app112411811

Deloitte. (2021). *Deloitte's 2021 Global Blockchain Survey: A new age of digital assets*.

Deloitte Türkye. (2018). *Blokzincir potansiyelinin keşfi*.

Dewangan, N. K., Chandrakar, P., Kumari, S., & Rodrigues, J. J. P. C. (2022). Enhanced privacy-preserving in student certificate management in blockchain and interplanetary file system. *Multimedia Tools and Applications*. https://doi.org/10.1007/s11042-022-13915-8

Di Pierro, M. (2017). What Is the Blockchain? *Computing in Science & Engineering*, *19*(5), 92-95. https://doi.org/10.1109/MCSE.2017.3421554

Diri, N., & Yalçınkaya, B. (2022). Blokzincir Uygulamalarında Kişisel Veri Problemi: Depolama Riskleri ve Öneriler. *Bilgi Yönetimi*, *5*(1), 47-67. https://doi.org/10.33721/by.1000702

Do, B.-L., Dinh, H.-N., Nguyen, V.-T., Tran, M.-H., Le, T.-L., & Nghiem, V.-T. (2022). B4E: A System for Creating and Validating Digital Credentials using Remote Signing and Blockchain. *The 11th International Symposium on Information and Communication Technology*, 420-426. https://doi.org/10.1145/3568562.3568656

Drosatos, G., & Kaldoudi, E. (2019). Blockchain Applications in the Biomedical Domain: A Scoping Review. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, *17*, 229-240. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2019.01.010

Dündar, Y. (2021). *On self sovereign identity based guardianship* [Yuksek Lisans Tezi]. Marmara Universitesi.

EBSI. (2023). *A PhD student applies for specific courses in a foreign country*. https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/EBSI/Micro-credentials

EU Commission. (2014). *Technology Readiness Levels*. https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf

Ezell, A., & Bear, J. (2012). *Degree Mills: The Billion-Dollar Industry That Has Sold Over a Million Fake Diplomas*. https://www.amazon.com/Degree-Mills-Billion-Dollar-Industry-Diplomas/dp/1616145072

Fekete, D. L., & Kiss, A. (2023). Toward Building Smart Contract-Based Higher Education Systems Using Zero-Knowledge Ethereum Virtual Machine. *Electronics*, *12*(3), 664. https://doi.org/10.3390/electronics12030664

Firat, M. (2016). Paradigm Shift in Distance Education in the 21st Century. *Journal of Higher Education and Science*, *6*(2), 142. https://doi.org/10.5961/jhes.2016.151

Firat, M. (2023). *Towards a Unified Open Education Ecosystem through Generative AI, Blockchain, DAO, MMLA and NFT*. https://doi.org/10.31219/osf.io/rkpt4

Frizzo-Barker, J., Chow-White, P. A., Adams, P. R., Mentanko, J., Ha, D., & Green, S. (2020). Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review. *International Journal of Information Management*, *51*(April), 102029. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.014

Fromm, K. (2017). *Learn why blockchain technology has the potential to transform every industry*. https://acloudguru.com/blog/engineering/the-blockchain-stack-get-ready-for-big-things-to-come

Fuchs, C., Hofkirchner, W., Schafranek, M., Raffl, C., Sandoval, M., & Bichler, R. (2010). Theoretical foundations of the web: Cognition, communication, and co-operation. towards an understanding of web 1.0, 2.0, 3.0. *Future Internet*, *2*(1), 41-59. https://doi.org/10.3390/fi2010041

Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society. *Japan Spotlight*.

Gajria, H. (2020, Mayıs 26). *Understanding Web 3.0*.

Gao, J., Asamoah, K. O., Sifah, E. B., Smahi, A., Xia, Q., Xia, H., Zhang, X., & Dong, G. (2018). GridMonitoring: Secured Sovereign Blockchain Based Monitoring on Smart Grid. *IEEE Access*, *6*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2806303

Gartner Inc. (2015). *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2015*. https://www.gartner.com/en/documents/3100227

Gartner Inc. (2022). *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2022*. https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2022-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies

Geuder, J., Kinateder, H., & Wagner, N. F. (2019). Cryptocurrencies as financial bubbles: The case of Bitcoin. *Finance Research Letters*, *31*(November 2018), 179-184. https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.11.011

Gilda, S., & Mehrotra, M. (2018). Blockchain for Student Data Privacy and Consent. *2018 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2018*, 1-5. https://doi.org/10.1109/ICCCI.2018.8441445

Glomann, L., Schmid, M., & Kitajewa, N. (2020). *Improving the Blockchain User Experience - An Approach to Address Blockchain Mass Adoption Issues from a*

Human-Centred Perspective (ss. 608-616). https://doi.org/10.1007/978-3-030-20454-9_60

Goodman, L. A. (1961). Snowball sampling. *The annals of mathematical statistics*, 148-170.

Gorkhali, A., Li, L., & Shrestha, A. (2020). Blockchain: a literature review. *Journal of Management Analytics*, *7*(3), 321-343. https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1801529

Govindwar, R., Didhate, S., Dalal, S., Musale, N., Shelke, P., Mirajkar, R., & Sable, N. P. (2023). Blockchain Powered Skill Verification System. *2023 International Conference for Advancement in Technology (ICONAT)*, 1-8. https://doi.org/10.1109/ICONAT57137.2023.10080848

Grech, A., Balaji, V., & Miao, F. (2022). *Education and blockchain*. UNESCO & COL. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384003

Grech, A., & Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in Education*. https://doi.org/10.2760/60649

Grech, A., Sood, I., & Ariño, L. (2021). Blockchain, Self-Sovereign Identity and Digital Credentials: Promise Versus Praxis in Education. *Frontiers in Blockchain*, *4*(March), 1-12. https://doi.org/10.3389/fbloc.2021.616779

Gresch, J., Rodrigues, B., Scheid, E., Kanhere, S. S., & Stiller, B. (2019). *The Proposal of a Blockchain-Based Architecture for Transparent Certificate Handling* (ss. 185-196). https://doi.org/10.1007/978-3-030-04849-5_16

Guerreiro, S., Ferreira, J. F., Fonseca, T., & Correia, M. (2022). Integrating an academic management system with blockchain: A case study. *Blockchain: Research and Applications*, *3*(4), 100099. https://doi.org/10.1016/j.bcra.2022.100099

Güçlütürk, O. G. (2019). Blokzincir Üzerinde Depolanan Verilerin Kişisel Veri Niteliği ve Silinemezlik, Yok Edilemezlik Sorunu. *Kişisel Verileri Koruma Dergisi*, *1*(2), 30-40.

Güneş, A. (2022). *Teknoloji ile Zenginleştirilmiş Öğrenme Ortamlarında Mikro-kredilendirmenin Geleceğinin Değerlendirilmesi: Bir Delphi Araştırması*.

Gürbüz, S., & Şahin, F. (2016). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri* (3. Baskı). Seçkin Yayıncılık.

Güven, V., & Şahinöz, E. (2018). *Blokzincir Kripto Paralar Bitcoin* (3. bs). Kronik Kitap.

Hamutoğlu, N. B., Bozkurt, A., & Erdoğan, B. Z. (2022). Sürdürülebilir Eğitim Ekolojisi Olarak Açık ve Uzaktan Öğrenme. İçinde *Döngüsel Ekonomi ve Sürdürülebilir Hayat* (ss. 237-258). Turkish Academy of Sciences. https://doi.org/10.53478/TUBA.978-605-2249-97-0.ch09

Haque, A. B., Naqvi, B., Islam, A. K. M. N., & Hyrynsalmi, S. (2021). Towards a GDPR-Compliant Blockchain-Based COVID Vaccination Passport. *Applied Sciences*, *11*(13), 6132. https://doi.org/10.3390/app11136132

Haque, M. A., Haque, S., Zeba, S., Kumar, K., Ahmad, S., Rahman, M., Marisennayya, S., & Ahmed, L. (2023). Sustainable and efficient E-learning internet of things system through blockchain technology. *E-Learning and Digital Media*, 204275302311567. https://doi.org/10.1177/20427530231156711

Harari, Y. N. (2018). *21. Yüzyıl için 21 Ders* (S. Siral, Ed.). Kolektif Kitap.

Hayes, A. S. (2017). Cryptocurrency value formation: An empirical study leading to a cost of production model for valuing bitcoin. *Telematics and Informatics*, *34*(7), 1308-1321. https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.05.005

Herbke, P., & Yildiz, H. (2022). ELMO2EDS: Transforming Educational Credentials into Self-Sovereign Identity Paradigm. *2022 20th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 1-7. https://doi.org/10.1109/ITHET56107.2022.10031276

Hill, T., & Westbrook, R. (1997). SWOT analysis: It's time for a product recall. *Long Range Planning*, *30*(1), 46-52. https://doi.org/10.1016/S0024-6301(96)00095-7

Hoang, L. T., & Baur, D. G. (2021). How stable are stablecoins? *The European Journal of Finance*, 1-17. https://doi.org/10.1080/1351847X.2021.1949369

Holbl, M., Kamisalic, A., Turkanovic, M., Kompara, M., Podgorelec, B., & Hericko, M. (2018). EduCTX: An Ecosystem for Managing Digital Micro-Credentials. *2018 28th EAEEIE Annual Conference (EAEEIE)*, 1-9. https://doi.org/10.1109/EAEEIE.2018.8534284

Hoy, C. S. (2019). *A-to-Z of Blockchain Consensus*. https://medium.com/tendermint/a-to-z-of-blockchain-consensus-81e2406af5a3

Hyperledger. (2023). *Hyperledger Ecosystem*. https://www.hyperledger.org/home_aug17-2

Ismail, L., & Materwala, H. (2019). A Review of Blockchain Architecture and Consensus Protocols: Use Cases, Challenges, and Solutions. *Symmetry*, *11*(10), 1198. https://doi.org/10.3390/sym11101198

Jang, H., & Han, S. H. (2022). User experience framework for understanding user experience in blockchain services. *International Journal of Human-Computer Studies*, *158*, 102733. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2021.102733

Jani, C., Mishra, R. A., & Kalla, A. (2023). Secure blockchainized Decentralized Messaging Application (DMApp) for Educational Institute. *Software Impacts*, *16*, 100494. https://doi.org/10.1016/j.simpa.2023.100494

Jiang, S., Li, Y., Lu, Q., Hong, Y., Guan, D., Xiong, Y., & Wang, S. (2021). Policy assessments for the carbon emission flows and sustainability of Bitcoin blockchain operation in China. *Nature Communications*, *12*(1), 1938. https://doi.org/10.1038/s41467-021-22256-3

John, F., & Chandran, N. V. (2022). Applications of blockchain technology for sustainable education. Içinde *Blockchain for Industry 4.0* (ss. 143-159). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003282914-7

Jovović, B., Popović, T., Šandi, S., & Djikanović, Z. (2023). A Blockchain-Based Approach to Management of University Diploma Authenticity. *2023 27th International Conference on Information Technology (IT)*, 1-4. https://doi.org/10.1109/IT57431.2023.10078715

Juričić, V., Radošević, M., & Fuzul, E. (2019). *Creating student ' s profile using blockchain technology*. 629-633.

K, K., & Jayalakshmi, S. (2018). The Impact of the Blockchain on Academic Certificate Verification System-Review. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, *8*(36), 169426. https://doi.org/10.4108/eai.29-4-2021.169426

Karakolis, E., Kapsalis, P., Skalidakis, S., Kontzinos, C., Kokkinakos, P., Markaki, O., Vlachou, S., & Psarras, J. (2020). *QUALICHAIN CURRICULUM DESIGNER – PROVIDING INTELLIGENT RECOMMENDATIONS FOR CURRICULUM RESTRUCTURING BASED ON LABOUR MARKET NEEDS*. 7932-7939. https://doi.org/10.21125/iceri.2020.1760

Karataş, E. (2018). Moodle Öğrenme Yönetim Sistemi için Ethereum Blok Zinciri Tabanlı Belge Doğrulama Akıllı Sözleşmesinin Geliştirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *11*(4), 399-406. https://doi.org/10.17671/gazibtd.452686

Kewell, B., & Michael Ward, P. (2017). Blockchain futures: With or without Bitcoin? *Strategic Change*, *26*(5), 491-498. https://doi.org/10.1002/jsc.2149

Khan, B. H. (2000). A framework for web-based learning. *TechTrends*, *44*(3), 51-51. https://doi.org/10.1007/BF02778228

Khan, M., & Naz, T. (2021). Smart Contracts Based on Blockchain for Decentralized Learning Management System. *SN Computer Science*, *2*(4), 260. https://doi.org/10.1007/s42979-021-00661-1

Kırık, A. M. (2014). Uzaktan eğitimin tarihsel gelişimi ve Türkiye deki durumu. *Marmara Iletisim Dergisi*, *21*, 73-73. https://doi.org/10.17829/midr.20142110299

Kistaubayev, Y., Mutanov, G., Mansurova, M., Saxenbayeva, Z., & Shakan, Y. (2022). Ethereum-Based Information System for Digital Higher Education Registry and Verification of Student Achievement Documents. *Future Internet*, *15*(1), 3. https://doi.org/10.3390/fi15010003

Kocaman-Karoğlu, A., Bal-Çetinkaya, & Kübra Çimşir, E. (2020). Toplum 5.0 Sürecinde Türkiye'de Eğitimde Dijital Dönüşüm. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, *3*(3), 147-158.

Kontzinos, C., Markaki, O., Kokkinakos, P., Karakolis, V., Skalidakis, S., & Psarras, J. (2019). *IMPLEMENTING BLOCKCHAIN AND COMPUTER INTELLIGENCE FOR UNIVERSITY PROCESS OPTIMISATION: THE QUALICHAIN CASE*. 10841-10848. https://doi.org/10.21125/iceri.2019.2664

Krugman, P. (2013). *Bitcoin Is Evil*. The New York Times. https://archive.nytimes.com/krugman.blogs.nytimes.com/2013/12/28/bitcoin-is-evil/

Kuleto, V., Bucea-Manea-Ţoniş, R., Bucea-Manea-Ţoniş, R., Ilić, M. P., Martins, O. M. D., Ranković, M., & Coelho, A. S. (2022). The Potential of Blockchain Technology in Higher Education as Perceived by Students in Serbia, Romania, and Portugal. *Sustainability*, *14*(2), 749. https://doi.org/10.3390/su14020749

Kumar, N. N., Kumar, R. S., Basale, R. R., & Saffath, M. (2022). Decentralized Storage Of Educational Assets Using NFTs And Blockchain Technology. *2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 260-266. https://doi.org/10.1109/ICSSIT53264.2022.9716362

Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011). Tasarım Tabanlı Araştırma ve Öğrenme Ortamlarının Tasarımı ve Geliştirilmesinde Kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 1-1.

Lee, A. (2021). What is Programmable Money? *FEDS Notes*, *2021*(2915). https://doi.org/10.17016/2380-7172.2915

Lemoie, K. (2021). *Determinants of Behavioral Intention to Use a Self-Sovereign Identity Digital Wallet: Extending the UTAUT with Trustworthiness* [Dissertation or Thesis, Fielding Graduate University]. https://www.proquest.com/docview/2572607831/fulltextPDF/42E467BB1A374599PQ/

Lemoie, K., & Soares, L. (2020). *Connected Impact: Unlocking Education and Workforce Opportunity Through Blockchain*. https://ipfs.io/ipfs/QmdEnhQcWHTY4ndotRs1YRpeTdjZGAyisHz8buqfYidkP2

Li, X., Jiang, P., Chen, T., Luo, X., & Wen, Q. (2020). A survey on the security of blockchain systems. *Future Generation Computer Systems*, *107*, 841-853. https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.020

Li, Z. Z., Liu, J. K., Yu, J., Gasevic, D., & Yang, W. (2022). *CVallet: A Blockchain-Oriented Application Development for Education and Recruitment* (ss. 580-597). https://doi.org/10.1007/978-3-031-23020-2_33

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, *55*(12), 3609-3629. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576

Litan, A. (2022). *Metaverse, Web3 and Crypto: Separating Blockchain Hype from Reality*. Gartner Inc. https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-08-30-metaverse-web3-and-crypto-separating-blockchain-hype-from-reality

Liu, L., Han, M., Zhou, Y., & Parizi, R. M. (2019). *E2C-Chain: A Two-stage Incentive Education Employment and Skill Certification Blockchain*. *July*.

Lizcano, D., Lara, J. A., White, B., & Aljawarneh, S. (2020). Blockchain-based approach to create a model of trust in open and ubiquitous higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, *32*(1), 109-134. https://doi.org/10.1007/s12528-019-09209-y

Locke, T. (2021). *Mark Cuban says cryptos trade is 'exactly like the internet stock bubble'—but thinks bitcoin can 'survive'*. CNBC.

Lu, Y. (2018). Blockchain and the related issues: a review of current research topics. *Journal of Management Analytics*, *5*(4), 231-255. https://doi.org/10.1080/23270012.2018.1516523

Lu, Y. (2019). The blockchain: State-of-the-art and research challenges. *Journal of Industrial Information Integration*. https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.04.002

Manski, S. (2017). Building the blockchain world: Technological commonwealth or just more of the same? *Strategic Change*, *26*(5), 511-522. https://doi.org/10.1002/jsc.2151

Marsal-Llacuna, M. L. (2017). Future living framework: Is blockchain the next enabling network? *Technological Forecasting and Social Change*, *128*(August 2017), 226-234. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.005

Merkle, R. C. (1979). Secrecy, Authentication, And Public Key Systems. Içinde *ProQuest Dissertations and Theses*. https://www.proquest.com/dissertations-theses/secrecy-authentication-public-key-systems/docview/302984000/se-2?accountid=16716

Michelman, P., & Catalini, C. (2017). Seeing beyond the blockchain hype. *Mit Sloan Management Review*, *58*(4).

Mikroyannidis, A. (2020). Blockchain Applications in Education: A Case Study in Lifelong Learning. *he 12th International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning (eLmL 2020)*.

Mikroyannidis, A. (2022). The Role of Web 3.0 and Blockchain in the Future of Education. Içinde C. K. A. Panagiotakopoulos & S. Armakolas (Ed.), *7th Panhellenic Scientific Conference* (ss. 31-37). http://oro.open.ac.uk/85992/1/Published%20paper.pdf

Mohammad, A., & Vargas, S. (2022). Challenges of Using Blockchain in the Education Sector: A Literature Review. *Applied Sciences*, *12*(13), 6380. https://doi.org/10.3390/app12136380

Morais, E., Koens, T., van Wijk, C., & Koren, A. (2019). A survey on zero knowledge range proofs and applications. *SN Applied Sciences*, *1*(8), 946. https://doi.org/10.1007/s42452-019-0989-z

Murray, M. (2019). Tutorial: A Descriptive Introduction to the Blockchain. *Communications of the Association for Information Systems*, *45*(1), 464-487. https://doi.org/10.17705/1CAIS.04525

Mutlu, M. E. (2015). E-öğrenme standartlarında yeni yönelimler. *AUAd*, *1*(4), 8-35.

Nadeem, N., Hayat, M. F., Qureshi, M. A., Majid, M., Nadeem, M., & Janjua, J. (2023). Hybrid Blockchain-based Academic Credential Verification System (B-ACVS). *Multimedia Tools and Applications*. https://doi.org/10.1007/s11042-023-14944-7

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

Nguyen, M. D., Nguyen-Dinh, C. H., & Phuong, L. A. (2022). BOCA: A novel semantic blockchain-based authentication system of educational certificates. *International Journal of Computers and Applications*. https://doi.org/10.1080/1206212X.2022.2111509

Nikolic, S., Matic, S., Capko, D., Vukmirovic, S., & Nedic, N. (2022). Development of a Blockchain-Based Application for Digital Certificates in Education. *2022 30th Telecommunications Forum (TELFOR)*, 1-4. https://doi.org/10.1109/TELFOR56187.2022.9983672

Ocheja, P., Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Flanagan, B., & Ogata, H. (2022). Blockchain in Education: A Systematic Review and Practical Case Studies. *IEEE Access*, *10*, 99525-99540. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3206791

Ocheja, P., Flanagan, B., & Ogata, H. (2018). Connecting decentralized learning records: A Blockchain Based Learning Analytics Platform. *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '18*, 265-269. https://doi.org/10.1145/3170358.3170365

Ocheja, P., Flanagan, B., Ueda, H., & Ogata, H. (2019). Managing lifelong learning records through blockchain. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, *14*(1), 4. https://doi.org/10.1186/s41039-019-0097-0

Ocheja, P. I. (2022). *Blockchain of Learning Logs (BOLL): Connecting Distributed Educational Data across Multiple Systems*. https://doi.org/10.14989/doctor.k24260

Ogata, H., Ocheja, P., & Flanagan, B. (2018). Connecting Learning Histories of Students Across Different Institutions Using Blockchain. *The 32nd Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, 1-4.

Pathak, S., Gupta, V., Malsa, N., Ghosh, A., & Shaw, R. N. (2022). *Blockchain-Based Academic Certificate Verification System—A Review* (ss. 527-539). https://doi.org/10.1007/978-981-19-2980-9_42

Patton, M. Q. (2014). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (Fourth Edition). Sage Publications, Inc.

Perera, S., Nanayakkara, S., Rodrigo, M. N. N., Senaratne, S., & Weinand, R. (2020). Blockchain technology: Is it hype or real in the construction industry? *Journal of Industrial Information Integration*, *17*(August 2019), 100125. https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100125

Piña, A. A. (2010). Online diploma mills: implications for legitimate distance education. *Distance Education*, *31*(1), 121-126. https://doi.org/10.1080/01587911003725063

Pirkkalainen, H., Sood, I., Padron Napoles, C., Kukkonen, A., & Camilleri, A. (2022). How might micro-credentials influence institutions and empower learners in higher education? *Educational Research*, 1-24. https://doi.org/10.1080/00131881.2022.2157302

Popa Chivu, R.-G., Popa, I.-C., Orzan, M.-C., Marinescu, C., Florescu, M. S., & Orzan, A.-O. (2022). The Role of Blockchain Technologies in the Sustainable Development of Students' Learning Process. *Sustainability*, *14*(3), 1406. https://doi.org/10.3390/su14031406

Pradeep, C. D., Ashislh, M., Aishwarya, R., & Yogitha, R. (2023). A Blockchain Application for the Verification of Academic Information and Scalable Certification. *2023 7th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 1082-1087. https://doi.org/10.1109/ICCMC56507.2023.10083848

Preukschat, A., & Reed, D. (2021). *Self-sovereign identity*. Manning Publications.

Purdon, I., & Erturk, E. (2017). Perspectives of Blockchain Technology, its Relation to the Cloud and its Potential Role in Computer Science Education. *Engineering Technology and Applied Science Research*, *7*(6), 2340-2344. https://doi.org/10.5281/zenodo.1119016

Ragnedda, M., & Destefanis, G. (2020). Blockchain and Web 3.0. Içinde *Journal of Chemical Information and Modeling* (C. 53, Sayı 9).

Rama Reddy, T., Prasad Reddy, P. V. G. D., Srinivas, R., Raghavendran, Ch. V., Lalitha, R. V. S., & Annapurna, B. (2021). Proposing a reliable method of securing and

verifying the credentials of graduates through blockchain. *EURASIP Journal on Information Security*, *2021*(1), 7. https://doi.org/10.1186/s13635-021-00122-5

Raval, S. (2016). *Decentralized Applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain Technology* (T. McGovern, Ed.; First Edit). O'Reilly Media, Inc.

Reid, F., & Harrigan, M. (2013). An Analysis of Anonymity in the Bitcoin System. Içinde *Security and Privacy in Social Networks* (ss. 197-223). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4139-7_10

Robertson, H. (2021). *Crypto looks like the dotcom space of the 1990s, and bitcoin may not survive it, investment chief says*. Business Insider. https://markets.businessinsider.com/currencies/news/crypto-like-1990s-dotcom-boom-bitcoin-may-not-survive-btc-2021-4-1030359060?miRedirects=1

Rocket, T., Yin, M., Sekniqi, K., van Renesse, R., & Sirer, E. G. (2019). *Scalable and Probabilistic Leaderless BFT Consensus through Metastability*. http://arxiv.org/abs/1906.08936

Ronning, A., & Chung, W. W. (2019). *Blockcerts Proposal V3*. https://github.com/blockchain-certificates/cert-issuer

Samanta, A. K., Sarkar, B. B., & Chaki, N. (2021). A Blockchain-Based Smart Contract Towards Developing Secured University Examination System. *Journal of Data, Information and Management*, *3*(4), 237-249. https://doi.org/10.1007/s42488-021-00056-0

Samir, E., Wu, H., Azab, M., Xin, C., & Zhang, Q. (2022). DT-SSIM: A Decentralized Trustworthy Self-Sovereign Identity Management Framework. *IEEE Internet of Things Journal*, *9*(11), 7972-7988. https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3112537

Savelyeva, T., & Park, J. (2022). Blockchain technology for sustainable education. *British Journal of Educational Technology*, *53*(6), 1591-1604. https://doi.org/10.1111/bjet.13273

Say, C. (2019). *5 Soruda Blokzinciri* (G. G. Erbil, Ed.). İncekara Matbaacılık.

Schäffer, M., di Angelo, M., & Salzer, G. (2019). *Performance and Scalability of Private Ethereum Blockchains* (ss. 103-118). https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_8

Schinckus, C. (2020). The good, the bad and the ugly: An overview of the sustainability of blockchain technology. *Energy Research & Social Science*, *69*, 101614. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101614

Schmidt, J. P., Geith, C., Håklev, S., & Thierstein, J. (2009). Peer-To-Peer Recognition of Learning in Open Education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *10*(5), 83-93. https://doi.org/10.19173/irrodl.v10i5.641

Schmidt, P. (2016). *Blockcerts — An Open Infrastructure for Academic Credentials on the Blockchain*. https://medium.com/mit-media-lab/blockcerts-an-open-infrastructure-for-academic-credentials-on-the-blockchain-899a6b880b2f

Selvaratnam, R., & Sankey, M. (2021). The State of Micro-Credentials Implementation and Practice in Australasian Higher Education. *Open Praxis*, *13*(2), 228. https://doi.org/10.5944/openpraxis.13.2.130

Sert, T. (2019). *Sorularla Blockchain*. https://bctr.org/dokumanlar/Sorularla_Blockchain_Turan_Sert.pdf

Sharples, M., de Roock, R., Ferguson, R., Gaved, M., Herodotou, C., Koh, E., Kukulska-Hulme, A., Looi, C.-K., McAndrew, P., Rienties, B., Weller, M., & Wong, L. H. (2016). Innovating Pedagogy 2016: Open University Innovation Report 5. Içinde *Innovating Pedagogy 2016?* https://doi.org/10.2791/83258

Sharples, M., & Domingue, J. (2016). The Blockchain and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward. Içinde T. Verbert, K.; Sharples, M. and Klobuˇcar (Ed.), *Adaptive and Adaptable Learning: Proceedings of 11th European Conference on Technology Enhanced Learning* (C. 490–496, ss. 490-496). https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_48

Sikorskaia, G., & Savelyeva, T. (2022). Vocational cum Pedagogical Tertiary Education and Sustainable Development in Russia. Içinde *Sustainable Tertiary Education in Asia* (ss. 179-195). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5104-6_11

Skiba, D. J. (2017). The Potential of Blockchain in Education and Health Care. *Nursing Education Perspectives*, *38*(4), 220-221. https://doi.org/10.1097/01.NEP.0000000000000190

Sporny, M., Longley, D., Sabadello, M., Reed, D., Steele, O., & Allen, C. (2022). *Decentralized Identifiers (DIDs) v1.0*. https://www.w3.org/TR/did-core/

Straight, R. (2023). The State of Online Learning in Web3: How Educators Understand and Implement Ed3, Blockchain, and Metaversal Technologies. *OLC Innovate 2023*. https://doi.org/10.17605/OSF.IO/E8SZT

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

Swan, M. (2015b). Blockchain Thinking : The Brain as a Decentralized Autonomous Corporation [Commentary]. *IEEE Technology and Society Magazine*, *34*(4), 41-52. https://doi.org/10.1109/MTS.2015.2494358

Szabo, N. (1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, *2*(9). https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548

Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. T. (2019). Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 203-217. https://doi.org/10.17671/gazibtd.547122

Tapscott, D. (2017). Will Change Organizations. *MIT Sloan Management Review*, *58*(2).

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revoution*.

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2017). How Blockchain Will Change Organizations. *MIT Sloan Management Review*, *58*(2).

Taşkıran, A. (2021). Açık ve uzaktan öğrenme süreçlerinin yönetim, öğrenme, teknoloji ve değerlendirme boyutları. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*. https://doi.org/10.51948/auad.984969

The Economist. (2015, Ekim 31). *The trust machine*. The Economist. https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine

Thi Ngoc Ha, N., Spittle, M., Watt, A., & Van Dyke, N. (2022). A systematic literature review of micro-credentials in higher education: a non-zero-sum game. *Higher Education Research & Development*, 1-22. https://doi.org/10.1080/07294360.2022.2146061

Tosh, D. K., Shetty, S., Liang, X., Kamhoua, C., & Njilla, L. (2018). Consensus protocols for blockchain-based data provenance: Challenges and opportunities. *2017 IEEE 8th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference, UEMCON 2017*. https://doi.org/10.1109/UEMCON.2017.8249088

Trist, E. L. (1981). *The evolution of socio-technical systems* (C. 2). Ontario Quality of Working Life Centre Toronto.

Turcu, C., Turcu, C., & Chiuchișan, I. (2019). *Blockchain and its Potential in Education*. https://doi.org/10.48550/arXiv.1903.09300

Turkanovic, M., Holbl, M., Kosic, K., Hericko, M., & Kamisalic, A. (2018). EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform. *IEEE Access*, *6*, 5112-5127. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2789929

Usta, A., & Doğantekin, S. (2018). *Blockchain 101 v.2*. https://bctr.org/dokumanlar/Blockchain101v2r2.pdf

Ünal, E. (2022, Ağustos 11). *Solidity 1 — Temel Bilgiler*. https://enginunal.medium.com/solidity-1-temel-bilgiler-40ab2ac36878

Ünal, G., & Ulusoy, Ç. (2020). Blok Zinciri Teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *13*(2), 167-175. https://doi.org/10.17671/gazibtd.516990

Vranken, H. (2017). Sustainability of bitcoin and blockchains. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *28*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.04.011

Wijaya, D. A., Liu, J. K., Steinfeld, R., Liu, D., & Yu, J. (2019). On The Unforkability of Monero. *Proceedings of the 2019 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security*, 621-632. https://doi.org/10.1145/3321705.3329823

Wikipedia. (2023). *Gartner hype cycle*. https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner_hype_cycle

Wood, G. (2014). *Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger*. 1-32. https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf

Wood, G. (2022). *Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger*.

Worley, C., & Skjellum, A. (2018). Blockchain Tradeoffs and Challenges for Current and Emerging Applications: Generalization, Fragmentation, Sidechains, and Scalability. *2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, 1582-1587. https://doi.org/10.1109/Cybermatics_2018.2018.00265

Wu, C.-H., & Liu, C.-Y. (2022). Educational Applications of Non-Fungible Token (NFT). *Sustainability*, *15*(1), 7. https://doi.org/10.3390/su15010007

Wust, K., & Gervais, A. (2018). Do you Need a Blockchain? *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, 45-54. https://doi.org/10.1109/CVCBT.2018.00011

Decentralized autonomous organizations, (2021) (testimony of Wyoming Legislature). https://www.wyoleg.gov/Legislation/2021/SF0038

Xu, M., Chen, X., & Kou, G. (2019). A systematic review of blockchain. *Financial Innovation*, *5*(1), 27. https://doi.org/10.1186/s40854-019-0147-z

Xu, Y., Li, X., Zeng, X., Cao, J., & Jiang, W. (2020). Application of blockchain technology in food safety control : current trends and future prospects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *0*(0), 1-20. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1858752

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

Yang, J., Xiao, J., Wang, J., Liu, Y., Yang, W., Liao, Z., & Zhou, Q. (2023). *Consortium Blockchain-Based Student Status Management Framework* (ss. 18-31). https://doi.org/10.1007/978-3-031-32443-7_2

Yıldırım, H. (2018). Açık ve uzaktan öğrenmede blokzincir teknolojisinin kullanımı. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, *4*(3), 142-153.

Yıldırım, H. (2019). *Blokzincir mi, blok zincir mi, blok zinciri mi?* https://medium.com/@hakany/blokzincir-mi-blok-zincir-mi-blok-zinciri-mi-70ef05b5fd45

Yıldırım, H., & Meriç, G. (2019). Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Tabanlı Sistemler: Eleştirel Bir Bakış. *International Open & Distance Learning Conference 2019*, 435-440. https://www.researchgate.net/publication/338235773

Yılmaz Orhan, B. Z. (2022). Merkeziyetsiz Otonom Organizasyonlar, Kurumsal Yönetim ve Blokzincir. *Maltepe Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *2*, 153-164. https://orcid.org/0000-0001-9140-5115.

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), e0163477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477

Zhao, G., He, H., Di, B., & Chu, J. (2023). StuChain: an efficient blockchain-based student e-portfolio platform integrating hybrid access control approach. *Multimedia Tools and Applications*. https://doi.org/10.1007/s11042-023-15560-1

Zhao, M., Liu, W., Saif, A. N. M., Wang, B., Rupa, R. A., Islam, K. M. A., Rahman, S. M. M., Hafiz, N., Mostafa, R., & Rahman, M. A. (2023). Blockchain in Online Learning: A Systematic Review and Bibliographic Visualization. *Sustainability*, *15*(2), 1470. https://doi.org/10.3390/su15021470

Zhao, X., & Si, Y.-W. (2021a). NFTCert: NFT-Based Certificates With Online Payment Gateway. *2021 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*, 538-543. https://doi.org/10.1109/Blockchain53845.2021.00081

Zhao, X., & Si, Y.-W. (2021b). NFTCert: NFT-Based Certificates With Online Payment Gateway. *2021 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*, 538-543. https://doi.org/10.1109/Blockchain53845.2021.00081

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, 557-564. https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85

Ziyi Li, Z., Joseph, K. L., Yu, J., & Gasevic, D. (2022). Blockchain-based Solutions for Education Credentialing System: Comparison and Implications for Future Development. *2022 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*, 79-86. https://doi.org/10.1109/Blockchain55522.2022.00021

EKLER

EK-1. Tez Başlığı Değiştirme Kararı

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal Bilimler Enstitüsü
ENSTİTÜ YÖNETİM KURULU KARARI

Toplantı Tarihi: 25 OCAK 2023		Karar No: 2023/4

Toplantı Tarihi : 25 Ocak 2023
Toplantı Saati : 11.00
Toplantı No : 2023/4

GÜNDEM:

1. Tez konularındaki değişiklik/yeni tez konusu belirleme/İngilizce yazma taleplerinin görüşülmesi.

KARAR:

1. Tez konularındaki değişiklik/yeni tez konusu belirleme/İngilizce yazma taleplerinin aşağıdaki şekliyle belirlenmesinin kabulüne;

Öğrencinin Adı Soyadı : Hakan YILDIRIM
Tez Danışmanı : Prof.Dr.Gülsün KURUBACAK
Yeni Tez Konusu (Türkçe) :" Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blok Zincir Teknolojisi ile Sürdürülebilir Bir Eğitim Cüzdanı Uygulamasının Geliştirilmesi"
Yeni Tez Konusu (İngilizce):"Developing a Sustainable Learning Credential Wallet Application with Blockchain Technology in Open and Distance Learning"

Karar verildi.

Prof.Dr.Saime ÖNCE
Müdür

EK-2. SWOT Analizi Soruları

Anket adresi: https://forms.gle/kTKbmukKkuVapK5q7

Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisinin Araştırma Önceliklerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uzaktan Eğitim Anabilim Dalı Doktora programında yürütülmekte olan "Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisinin Araştırma Önceliklerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi" başlıklı doktora tezi kapsamında alan uzmanlarının görüş ve deneyimlerinden yararlanmak istiyoruz.

Bu çalışmanın ilk aşamasında SWOT analizi kullanmayı planlıyoruz. Bu oturumlar gerektiğinde yüz yüze ya da çevrimiçi görüşmelerle desteklenebilecektir. Çalışmaya katılımda gönüllülük esas olup katılımcıların kimlikleri ve verecekleri tüm yanıtlar gizli kalacaktır.

Aşağıdaki formda araştırmanın ilk aşaması olan SWOT analizi soruları yer almaktadır. Açık uçlu sorulara dilediğiniz gibi yanıt verebilirsiniz, ayrıca yanıtlarınızı kaydederek yeniden düzenleyebilirsiniz. Araştırmaya ilişkin tüm sorularınızı aşağıdaki iletişim kanallarından iletebilirsiniz.

Araştırmaya sağladığınız katkılardan dolayı teşekkür eder, iyi çalışmalar dileriz.

İletişim
Doktora Adayı Hakan Yıldırım

Tez Danışmanı Prof. Dr. Gülsün Kurubacak

* Zorunlu soruyu belirtir

E-posta*

E-posta adresiniz

Açık ve uzaktan öğrenme alanında blokzincir teknolojisinin kullanım senaryolarını değerlendirdiğinizde; bu teknolojinin, güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri nelerdir?

Aşağıda bulunan uzun yanıt kutularına cevaplarınızı yazabilirsiniz.

Güçlü yönleri*

Yanıtınız

Zayıf yönleri*

Yanıtınız

Fırsatları*

Yanıtınız

Tehditleri*

Yanıtınız

Gönder

Formu temizle

EK-3. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Soruları

Greeting and introduction:

Good [Morning/Afternoon], dear expert/professor,

I am Hakan Yıldırım, and I am currently pursuing my PhD in distance education department at Anadolu University. I have been researching the intersection of blockchain technology and education, specifically exploring the potential applications and implications of blockchain in educational settings. I am truly honored to have the opportunity to speak with you today as a renowned expert in the field of blockchain and its impact on education.

As we delve into the interview, I am particularly interested in gaining insights from your extensive knowledge and experience regarding the use of blockchain technology in educational contexts. I believe that your expertise will provide valuable insights into the potential benefits, challenges, and future prospects of integrating blockchain into educational systems.

During our interview, I hope to gain a deeper understanding of the current landscape of blockchain in education, the potential challenges and limitations it faces, and the future directions it may take. I am particularly interested in exploring the practical applications of blockchain in educational institutions, the role of decentralized systems in reshaping traditional educational models, and the potential benefits and risks associated with the adoption of blockchain technology in educational ecosystems.

Your valuable insights and expertise will undoubtedly contribute to the advancement of knowledge in this field and help shape the future of blockchain in education. I greatly appreciate your time and willingness to share your expertise with me today.

Once again, thank you for granting me this opportunity to interview you. I am excited to engage in a thought-provoking and insightful conversation about the intersection of blockchain and education. I am eager to learn from your vast experience and perspectives.

With that, I would like to begin the interview and invite you to share your valuable insights and perspectives on the exciting possibilities that blockchain technology presents for the field of education.

Thank you.

Questions:

- Do you believe in use of blockchain technology in education?
    - If yes, in what ways? If no, why?
- What are the possible applications of blockchain technology in education?
- Why blockchain technology is important in education?
- What are the specific needs for blockchain technology in education?
- What are the needs for its implementation in education?

- What are the current obstacles of using blockchain technology in education?
- When do you think this technology should/will be part of education system?
- How this technology will impact educational systems?
- Which strategies should educators/universities should take if they use blockchain technology?
- What are the risks of using blockchain technology in education?
- In what ways blockchain technology can change education systems?
- What policies are needed for blockchain technology to be used widely?
- What needs are there for adaptation of blockchain technology in schools? For students and for educators as well as stakeholders?
- What effects has blockchain technology has/will have on education system?
- What are the differences of using blockchain technology would bring in existing education system?
- What should be implemented for making blockchain technology to be accepted widely in education?
- What are the challenges of blockchain-based educational records systems?
- What are social impacts of blockchain technology?

EK-4. Son kullanıcı görüşme soruları

- Sistemin kullanılabilirliği nasıldı? Kullanıcı ara yüzü kolay anlaşılır mıydı? İşlemleri gerçekleştirmek için herhangi bir zorluk yaşadınız mı?
- Sistemin güvenilirliği ve güvenliği nasıldı? Kişisel verileriniz veya işlemlerinizin güvenliği konusunda endişeleriniz oldu mu?
- Sistemin performansı nasıldı? İşlemlerin hızı ve işlem kapasitesi beklentilerinizi karşıladı mı?
- Sistemin şeffaflığı ve izlenebilirliği nasıl sağlandı? Blokzincir tabanlı sistemdeki işlemleri ve kayıtları izlemek ve doğrulamak konusunda kolaylık yaşadınız mı?
- Sistemin maliyeti ve sürdürülebilirliği nasıldı? Kullanım maliyeti ve işletme maliyetleri beklediğiniz seviyede miydi? Sistem gelecekte sürdürülebilir olabilir mi?
- Sistemin kullanımı sonrasında elde ettiğiniz faydalar nelerdi? Blokzincir teknolojisi kullanmanın size sağladığı avantajlar nelerdi?
- Sistemin geliştirilebilecek yönleri nelerdir? Kullanıcı deneyimini artıracak veya sistemin işlevselliğini geliştirecek potansiyel iyileştirmeler var mı?
- Sistemin genel olarak eğitim alanında kullanımına ilişkin düşünceleriniz nelerdir? Blokzincir teknolojisinin eğitimde ne gibi potansiyelleri olduğunu düşünüyorsunuz?

EK-5. TÜBİTAK 2214-A Destek Yazısı

BE8RK7TNC

TÜBİTAK

T.C.
TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU BAŞKANLIĞI
Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı

Sayı : 21514107-115.99-E.193487 21/12/2020
Konu : Hakan YILDIRIM(TCKN:

TO WHOM IT MAY CONCERN

Hakan YILDIRIM is awarded a grant by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK).

The fellow will receive 9 months x USD in total and perform a research at PURDUE UNIVERSITY, USA. The Scientific and Technological Research Council of Turkey is to be informed in case the fellow is supported financially by other institutions.

Travel expenses (from residence to the research base and return) will be covered by the Council.

Sincerely,

Doç. Dr. Ömer Faruk URSAVAŞ
BİDEB Başkanı V.

P.S: This document is valid provided that the fellow starts the stated research until 17 September 2021.
This document is not a permission letter for the fellow to go abroad. It is prepared as a proof of the financial support of The Scientific and Technological Research Council.

BELGENİN ASLI ELEKTRONİK İMZALIDIR.
Evrak doğrulama işlemi http://evrakdogrulama.tubitak.gov.tr?V=BE8RK7TNC adresinden yapılabilir.
Atatürk Bulvarı No:221 06100 Kavaklıdere Ankara
Telefon No:(0 312) 468 53 00 Faks No:(0 312) 427 74 89
KEP Adresi:tubitak.baskanlik@tubitak.hs03.kep.tr
e-Posta:tubimer@tubitak.gov.tr Internet Adresi:www.tubitak.gov.tr
Bilgi için: Hande Yıldırımkaya Altındaş
Unvanı: Bilimsel Programlar Uzmanı

EK-6. TÜBİTAK 1512 Proje Tamamlama Belgesi

T.C.
TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU BAŞKANLIĞI
Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı

Sayı : E-76851151-045.99-355454
Konu : 2210250 Proje Numaralı 1512 Programı Projesi için Tamamlandı Yazısı

ASYSTEE EĞİTİM YAZILIM VE DANIŞMANLIK LİMİTED ŞİRKETİ
SAYIN HAKAN YILDIRIM
YEŞİLTEPE MAH. İSMET İNÖNÜ-2 CAD. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ YUNUSEMRE KAMPÜSÜ ETGB
ANADOLU TEKNOPARKI NO:2/57 B12 26470 TEPEBAŞI ESKİŞEHİR

İlgi : 06.01.2023 tarihli yazı.

TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) bünyesinde yürütülen destek programlarına, 14.02.2021 tarihinde başvurusu bulunan ilgi yazınıza konu 2210250 numaralı ve "EĞİTİM CÜZDANI: BLOKZİNCİR TABANLI UZAKTAN EĞİTİM TEKNOLOJİSİ ÇÖZÜMLERİ" başlıklı iş planınız, 31.08.2021 tarihinde imzalanan sözleşmeyle 01.08.2021 – 31.07.2022 tarihleri arasında desteklenmiş ve iş planında yer alan faaliyetler, TÜBİTAK 1512 Girişimcilik Destek Programında öngörülen hedefler doğrultusunda son dönemine ilişkin teknik ve mali değerlendirmeleri de yapılarak 02.01.2023 tarihi itibariyle başarıyla tamamlanmıştır.

İş planı faaliyetleriniz sonucunda elde ettiğiniz çıktıların, Ar-Ge çalışmalarıyla performans ve işlevsellik bakımından iyileştirilmesi ile ticarileşme potansiyellerinin arttırılması amacıyla Programın 3. aşaması kapsamında TÜBİTAK 1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı'na 1512-Girişimcilik Destek Programı Uygulama Esasları 6'ncı maddesinin birinci fıkra (c) bendinde belirtildiği şekilde "...destek bitiş tarihinden sonraki 24 ay içerisinde..." başvuru yapabilirsiniz. Aşama 3 kapsamında proje başvurusu, projelerin desteklenmesi, izlenmesi ve sonuçlandırılması süreçlerinde TÜBİTAK KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı'na ait Uygulama Esasları hükümleri uygulanır.

1507 Programı kapsamında açılan çağrılardan bağımsız olarak gerçekleştireceğiniz başvurunuzun desteklenmesi durumunda 1507 Programı Uygulama Esaslarının 10'uncu maddesinin üçüncü fıkrasında belirtildiği şekilde proje genel gideri desteği sağlanacaktır.

TÜBİTAK 1512 Girişimcilik Destek Programı kapsamında desteklenen iş planlarının destek süreci sonrasında beklenen çıktısı bir prototip olmakla birlikte bazı iş planlarında ön prototip ya da bir teknolojik doğrulama da olabilmektedir. İşbu yazının verilmesi kapsamında firmanıza ilişkin mali, idari, hukuki ve milli güvenlik açısından herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır.

Bilgilerinizi saygılarımla rica ederim.

Elif KOŞOK
Başkan a.
Gir. Des. Grup Koordinatörü V.

Bu belge elektronik olarak imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BSC63VY63T
Belge Takip Adresi : https://turkiye.gov.tr/ebd?eK=5445&eD=BSC63VY63T&eS=355454

Adres:Atatürk Bulvarı No:221 06100 Kavaklıdere Ankara
Telefon:(0 312) 468 53 00 Faks:(0 312) 427 74 89
e-Posta:tubimer@tubitak.gov.tr Web:www.tubitak.gov.tr
Kep Adresi:tubitak.baskanlik@tubitak.hs03.kep.tr
Bilgi için: Sinan Özer
Unvanı: Bilimsel Programlar Başuzmanı

EK-7. JSON formatında VC örneği


```
{
  "@context": [
    "https://www.w3.org/2018/credentials/v1",
    "https://www.w3.org/2018/credentials/examples/v1",
    "https://w3id.org/security/suites/ed25519-2020/v1"
  ],
  "id": "http://asystee.com/credentials/3732",
  "type": [
    "VerifiableCredential",
    "KatilimSertifikasi"
  ],
  "issuer": "https://asystee.com/issuers/14",
  "credentialSubject": {
      "id": "did:example:ebfe31f712ebc6f1c276e12ec21",
      "alumniOf": {
        "id": "did:example:c276e1a2c21ebfeb1f712eac6f1",
        "name": [{
        {
          "value": "Asystee Eğitim Teknolojileri",
          "lang": "tr"
        },
          "value": "Asystee EdTech",
          "lang": "en"
        },]
      }
    },

  "issuanceDate": "2010-01-01T19:23:24Z",
  "expirationDate": "2030-01-01T19:23:24Z",
  "credentialSubject": {
    "id": "did:example:ebfeb1f471e2ebc6ec276e12ec21",
    "degree": {
      "type": "KatilimSertifikasi",
      "name": "Blokzincir 101"
    }
  },
  "proof": {
    "type": "Ed25519Signature2020",
    "created": "2023-01-12T11:53:23Z",
    "verificationMethod": "https://asystee.com/issuers/14#key-1",
    "proofPurpose": "assertionMethod",
    "proofValue": "z3zwwi434js3HdZv3u2TJwmmiBg7srtzRjM2ZykDeNDBeB9Meatc……
…vyB4Zea3RturwKqPdgk55cFSAdnyJ3yjvButH"
  }
}
```

EK-8. Etik Kurul Onayı

Ana. Uni. Evrak Tarih ve Sayısı: 27/12/2019-E.122235

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

* B E 5 N L M P 0 P *

Sayı : 41924959-050.99
Konu : Etik Kurul Kararı Hk.

Sayın Hakan YILDIRIM

Dilekçeniz ile istenilen, "Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisinin Araştırma Önceliklerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi" başlıklı Doktora Tez çalışmasına ilişkin talebiniz Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş olup konuya ilişkin karar yazımız ekinde gönderilmektedir.

Bilgilerinizi rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. Bülent GÜNSOY
Müdür

Ek: Etik Kurul Kararı

27/12/2019 Memur : Sibel KURUGÖL
27/12/2019 Enstitü Sekreteri : Talat DEMİR

Evrakı Doğrulamak İçin: http://belgedogrulama.anadolu.edu.tr/enVision-Sorgula/BelgeDogrulama.aspx?V=BE5NLMP0P Pin Kodu: 32912

Yunus Emre Kampüsü Tepebaşı/Eskişehir
Telefon No: +90 222 335 08 95 Faks No: +90 222 335 05 95
E-Posta: sosens@anadolu.edu.tr İnternet Adresi: www.sosbilens.anadolu.edu.tr
Bilgi İçin: Sibel KURUGÖL
Unvan: Memur
Telefon No: 1261

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununa göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır

Evrak Kayıt Tarihi: 13.12.2019	Protokol No: 99518

Tarih: 25.12.2019

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERÎ BİLİMLER BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU
KARAR BELGESİ

ÇALIŞMANIN TÜRÜ:	TÜBİTAK Projesi-Doktora Tez Çalışması
KONU:	Sosyal Bilimler
BAŞLIK:	Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisinin Araştırma Önceliklerinin ve İhtiyaçlarının Belirlenmesi
~~PROJE~~/TEZ YÜRÜTÜCÜSÜ:	Prof. Dr. Gülsün MERİÇ
TEZ YAZARI:	Hakan YILDIRIM
ALT KOMİSYON GÖRÜŞÜ:	-
KARAR:	Olumlu

Prof.Dr. Emel ŞIKLAR
(Başkan-İkt. ve İdari Bil. Fak.)

Prof.Dr. T. Volkan YÜZER *(Başkan Yardımcısı-Açıköğretim Fak.)*	**Prof.Dr. Esra CEYHAN** *(Eğitim Fak.)*
Prof. Hayri ESMER *(Güzel Sanatlar Fak.)*	**Prof.Dr. M. Erkan ÜYÜMEZ** *(İkt. ve İdari Bil. Fak.)*
Prof.Dr. Haydan DEVECİ *(Eğitim Fak.)*	**Prof.Dr. Oktay Cem ADIGÜZEL** *(Eğitim Fak.)*

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hakan Yıldırım

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim:

- 2017-Devam ediyor, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uzaktan Eğitim Ana Bilim Dalı Doktora Programı
- 2017-2019, Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Web Tasarım ve Kodlama
- 2010-2017, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uzaktan Eğitim Ana Bilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı
- 2002-2007, Anadolu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü

Mesleki Geçmişi:

- 2021-Devam ediyor, Kurucu Ortak, Asystee Eğitim Yazılım Dan. Ltd. Şti.
- 2021-2022, Ziyaretçi Araştırmacı, Purdue Üniversitesi
- 2010-Devam ediyor, Öğr. Gör., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, SMYO
- 2009-2010, Uzman, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Rektörlük
- 2008-2009, Öğr. Gör., İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu BİL MYO
- 2005-2007, Öğrenci-İşçi, Anadolu Üniversitesi Bilgisayar Destekli Eğitim Bir.

Akademik Çalışmalar:

- 2023, Kitap editörlüğü, Glocal Policy and Strategies for Blockchain: Building Ecosystems and Sustainability, IGI Global, Hershey, PA
- 2020, Kitap editörlüğü, Blockchain Technology Applications in Education, IGI Global, Hershey, PA
- 2019, Kitap bölümü, Blockchain Economics and Crypto Markets: Financial Innovations in the Digital Age kitabında Cryptocurrency and Tax Regulation: Global Challenges for Tax Administration, Springer

- 2019, Bildiri, Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Tabanlı Sistemler: Eleştirel Bir Bakış, International Open and Distance Learning Conference (IODL2019)
- 2018, Araştırma makalesi, Açık ve Uzaktan Öğrenmede Blokzincir Teknolojisinin Kullanımı, Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi