



Blokzincir Tabanlı Kripto Varlıklar ve Merkez Bankası Dijital Paraları (CBDC): Denetimde Dijitalleşme Çerçevesinde Kavramsal Bir Değerlendirme

Blockchain-Based Crypto Assets and Central Bank Digital Currencies (CBDC): A Conceptual Evaluation within the Framework of Digitalization in Audit

Meltem Bilirer¹, Cemal Elitaş²

¹Doktora Öğrencisi, Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uluslararası Ticaret ve Finansman Anabilim Dalı, meltem.bilirer@ogrenci.yalova.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-5496-840X

²Prof. Dr., Yalova Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Finansman Bölümü, cemal.elitas@yalova.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-6010-6574

MAKALE BİLGİSİ

Anahtar Kelimeler

Blokzincir,
Denetim,
Dijital para

Makale Geçmişi:

Geliş Tarihi: 11 Şubat 2025

Kabul Tarihi: 23 Haziran 2025

ARTICLE INFO

Keywords,

Blockchain,
Audit,
Digital money

ÖZET

Bu çalışma, blokzincir tabanlı kripto varlıkların ve merkez bankası dijital para birimlerinin (CBDC), denetim süreçleri üzerindeki potansiyel etkilerini incelemektedir. Blokzincir, merkeziyetsiz bir işleyişle, şeffaf ve güvenilir veri transferini sağlamak için tasarlanmış, kriptografi temelli bir altyapı sunmaktadır. Henüz yasal bir çerçeveye sahip olmasa da bu teknolojinin ölçeklenebilir, denetlenebilir ve sürdürülebilir yapısı, denetim faaliyetlerinde dönüşüm yaratma potansiyeline sahiptir. Bu anlamda özellikle kripto varlıkların yaygınlaşmasıyla birlikte, finansal tablolarda bu varlıkların nasıl raporlanacağı ve değer değişimlerinin nasıl kaydedileceği gibi konular muhasebe denetimi alanında önemli hale gelmiştir. Ayrıca, CBDC'lerin geliştirilmesi, ülkelerin yerel para birimlerini dijital bir ortamda sunmalarına olanak sağlayarak bu alanda bir fırsat oluşturmakta ve bu doğrultuda para politikalarını şekillendiren ve finansal istikrarı artıran bir etki ortaya koymaktadır. Teknolojik gelişmeler ile birlikte denetçilerin görev tanımının değişebileceği, dijitalleşmenin denetim uzmanlıklarını daha da genişletebileceği öngörülmektedir. Kripto varlıklar ve CBDC'lerin denetimi, bulut sistemlerin denetimiyle bağlantılı olup, bu alandaki gelişmelerin gelecekte denetim süreçlerini önemli ölçüde şekillendireceği düşünülmektedir. Bu süreçte denetçilerin stratejik ortak rolünü sürdüreceği öngörülmektedir.

ABSTRACT

This study examines the potential impacts of blockchain-based crypto assets and central bank digital currencies (CBDCs) on auditing processes. Blockchain provides a cryptography-based infrastructure designed to provide transparent and reliable data transfer in a decentralized manner. Although it does not yet have a legal framework, the scalable, auditable and sustainable structure of this technology has the potential to transform auditing activities. In this context, with the widespread adoption of crypto assets, issues such as how these assets are reported in financial statements and how value changes are recorded have become significant in the field of audit. In addition, the development of CBDCs creates an opportunity in this area by allowing countries to offer their local currencies in a digital environment, and thus has an impact that shapes monetary policies and increases financial stability. It is anticipated that with technological developments, the job description of auditors may

Article History:*Received: 11 February 2025**Accepted: 23 June 2025*

change and digitalization may further expand their audit expertise. The auditing of crypto assets and CBDCs is linked to the auditing of cloud systems, and it is thought that developments in this area will significantly shape auditing processes in the future. In this process, it is anticipated that auditors will continue to play the role of strategic partners.

Günümüzde teknolojik gelişmeler her alanda olduğu gibi denetimde de etkisini göstermeye başlamıştır. Bundan elli yıl öncesine kadar kalem, kâğıt, hesap makinesi gibi basit materyallerin kullanımıyla sürdürülmüş olan muhasebe ve denetim süreçleri son yıllarda Endüstri 4.0, blokzincir gibi yeni alanların ortaya çıkmasıyla mevcut iş modellerinin değişimi sonucunda güvence kalitesini geliştirmeye yönelik yeni yaklaşımları gerekli hale getirmiştir (Dai, 2017; Karahan & Tüfekçi, 2019). Bilişim ve iletişim teknolojilerinin birbirleriyle uyumlu, iç içe bir hale gelmesini sağlayan internet; veri depolama ve veri iletişim alanlarındaki hızlı gelişmelerin etkisiyle zaman içerisinde kriptografi, matematik, yazılım ve ekonomi gibi alanların da birbirleriyle entegre işleyişini mümkün kılmıştır (Doğan & Ertugay, 2019).

Muhasebe alanında standartlar oluşturulurken ve bu alanda incelemeler yapılırken, bu alanın yerleşik uygulamalarını ve tarihsel gelişimini dikkate almak önem arz etmektedir. Bununla birlikte Littleton (1933), muhasebe alanının göreceli ve ilerici olduğunu belirterek dönemler arasında değişen şartlara ve olgulara bağlı olarak mevcut yöntemlerin yeterli olmaması durumunda şartların yeni yöntem arayışlarını gerektirebileceğini ifade etmiştir. Özellikle teknolojik yeniliklerin artması ve bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim, vergilendirme, şeffaflık, bilgiye erişim ve ilgililerle bilgi paylaşımı gibi süreçlerin de güncellenmesini zorunlu kılmakta; bu durum söz konusu gerekliliğin açık bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Arslan & Yiğit, 2024; Umut & Özer, 2022).

Kriptografi prensiplerine uygun olarak oluşturulan, onaylanmış zaman damgalı işlemlerin herhangi bir otorite veya aracı olmaksızın dağıtık defter teknolojisi üzerinde kaydedildiği bir sistemi temsil eden blokzincir teknolojisi, yasal mevzuata dayanmasa da ölçeklenebilir, denetlenebilir, adapte edilebilir ve zaman içinde etkinliğini koruyabilecek bir yapıya sahiptir. Bu özellikleri sayesinde, bilgilerin depolanması, işlemlerin yürütülmesi ve güvenilir, etkin veri aktarımı gibi süreçlerde sağladığı avantajlarla denetim faaliyetleri üzerinde önemli etkiler yaratması kuvvetle muhtemeldir (Ceylan & Işık, 2023; Ünkaracalar, 2022). Öte yandan blokzincir altyapısı ile geliştirilmiş, farklı bir ödeme aracı görevi gören kripto varlık işlemlerinin, kâr sağlamak isteyen işletmeler arasında da oldukça yaygın hale gelmesi; bu varlıkların Sermaye Piyasası Kurulu veya Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu gibi düzenleyici bir merkezin denetiminde olmayan kullanımından dolayı finansal tablolara ilk kayıta varlık olarak gösterilmesi, değer değişimlerinin kaydedilmesi gibi muhasebe denetimi açısından önemli konuların gündeme gelmesine neden olmuştur (Deran vd., 2021). Kripto varlıklara ek olarak son zamanlarda paranın hızlı dönüşümünü takiben metadan veriye doğru bir sistemin oluşmasıyla, devletler, çağın gerekliliklerine ayak uydurmaya yönelik bir adım niteliği sayılabilecek yerel dijital para birimlerini (CBDC) oluşturmaya yönelik girişimlerde bulunmaya başlamışlardır. Merkez bankalarını, para politikalarını sıkılaştırmaya zorlayan merkeziyetsiz dijital paralara karşın; bu varlıkların temelini oluşturan blokzincir teknolojisinin sunduğuna benzer yöntemlerin geliştirilmesiyle zaten nakit kullanımının azaldığı günümüzde ülkelerin yerel dijital para birimlerini oluşturmaları için kendi platformlarını oluşturma ihtiyaçlarına yönelimleri yoğunlaşmıştır (Koç, 2020). Ödeme yöntemlerinde rekabet ve yeniliği sağlama, finansal alana alternatif oluşturulması, para politikası kapsamını genişleten ülkeleri CBDC çıkarmaya iten önemli hususlar olmakla birlikte; vergi yükümlülüklerinin takip edilmesiyle, kara para aklama ve terörün finansmanı gibi yasadışı faaliyetlerin önüne geçilmesi CBDC'leri ülkeler için önemli hale getiren diğer faktörlerdir (Acar & Öztürk, 2021).

Bu bağlamda blokzincir tabanlı kripto varlıklar ve merkez bankası dijital paralarını muhasebe ve uluslararası denetim standartları kapsamında incelemeyi amaçlayan bu çalışma dört ana bölümden oluşacak olup; ilk olarak literatür taramasıyla daha önce incelenen, konu kapsamında yapılmış benzer çalışmalar değerlendirilecek daha sonra üçüncü bölüm ile konunun iyi anlaşılması ve tahlili için kavramlar tek tek araştırılarak bilgiler sunulacaktır. Mevcut literatür göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmanın; blokzincir ve kripto varlıkların yanı sıra, özellikle son yıllarda sıkça gündeme gelen merkez bankası dijital paralarının da mali açıdan değerlendirilmesi ile ilgili çalışmaların yetersiz olduğu görüldüğünden literatürdeki boşluğa katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Erturan ve Ergin (2018) çalışmalarında denetim alanında dijitalleşmenin kaçınılmaz olduğunu ve verilerin dijital ortamla entegrasyonu ile denetim görevini yürüten yetkiliye uzaktan erişim, dinamik bilgi akışı ve hata-hile gibi durumların saptanmasında daha etkili şekilde imkân sağladığını bu anlamda kurumsal güveni desteklediğini ifade etmişlerdir.

Doğan ve Ertugay (2019) çalışmalarında, blokzincir teknolojisinin muhasebe sistemlerine entegrasyonunu ve dağıtık defter kullanılarak doğrulanarak üçüncü taraf kayıt sistemi ile sağlanan avantajları incelemişlerdir. Her işletmenin ayrı muhasebe kaydı tutmalarına gerek kalmadan, tüm tarafların onayıyla işlemlerin ortak bir deftere kaydedilmesini ve böylece verilerin doğruluğu ve tamlığı konusunda güvenilirliği sağlayan bu sistemle; kriptografik imza ile verilerin dağıtılması, gizlenmesi veya değiştirilmesinin olanaksız hale gelebileceği belirtilmiştir. Çalışmada blokzincirinin muhasebe uygulamalarındaki potansiyel kullanım alanları da ele alınarak, bu teknolojinin muhasebe süreçlerini nasıl dönüştürebileceğine dair bir bakış açısı sunulmuştur.

Çizmeci ve Göver (2020) çalışmalarında, Covid-19 pandemisinden sonraki dönemde dijitalleşmenin artışıyla Bitcoin'in ekonomik ve sosyal rolünü ve Türkiye'de Bitcoin'e olan yaklaşımı değerlendirmek; buna ek olarak geleneksel para yaklaşımındaki dönüşümü incelemek amacıyla Bitcoin'in yapısı, fonksiyonları ve kullanıcı yorumları incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda Bitcoin'in geleneksel para anlayışını dönüştürme potansiyeli olduğu ve dünya genelindeki algıya paralel olarak Türkiye'de de ödeme ve mübadele aracı olarak kullanımından ziyade bir yatırım aracı olarak görüldüğü belirtilmiştir.

Eren vd. (2020), kripto paraların düzenlemeleri ve muhasebeleştirilmesi ilgili güncel çalışmaları ele aldıkları çalışmalarında, kripto paraların muhasebeleştirilmesine yönelik bir uygulama önermişlerdir. Çalışmada Uluslararası Muhasebe Standartları (UMS) 2 ve 38'in kripto varlıklar özelinde de değerlendirilip kapsama alanının genişletilebileceği ya da konu ile ilgili yeni standartların oluşturulabileceği belirtilmiştir.

Özkul ve Baş (2020) çalışmalarında, blokzincir teknolojisine dayalı kripto para birimlerinin temel özelliklerini, itibari paralardan farklarını ve madencilik süreçlerini incelemişlerdir. Çalışmada, Türkiye'deki mevcut yasal çerçeve göz önünde bulundurularak, kripto paralara dair alım-satım işlemleri, mülkiyet hakları, finansal raporlama ve vergilendirme süreçlerinin henüz net bir şekilde düzenlenmediği belirtilmiş, ayrıca kripto paraların muhasebeleştirilmesi ve vergilendirilmesiyle ilgili ulusal mevzuat ile uluslararası finansal raporlama standartları çerçevesinde önerilerde bulunulmuştur. Çalışmanın sonunda kripto paraların düzenlenebilmesi için öncelikle doğru bir sınıflandırmanın yapılması ve bu sınıflandırmaya dayalı regülasyonlar geliştirilmesi gerektiği; ayrıca, kripto para birimlerinin muhasebeleştirilmesine ilişkin yeni düzenlemelerin oluşturulması ve vergi tahsilatında blokzincir teknolojisinin kullanılabileceği göz önünde bulundurularak vergi kanunlarında bu sınıflandırmanın dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Karyağdı (2022), dijital dönüşüm ve teknolojik gelişmelerin denetim alanındaki yansımalarını araştırdığı çalışmada bu alanda akademik çalışmaları olan akademisyenlerle yapılan birebir görüşmelerden elde edilen görüşler üzerinden inceleme gerçekleştirmiştir. İçerik analizi yöntemi kullanılan bu çalışmada sonuç olarak teknolojik gelişmelerin denetimde kalite ve etkinliği iyileştirdiği, süreci hızlandırdığı ve denetimde risk değerlendirmelerini daha güvenilir hale getirdiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte dijitalleşmede yaşanan gelişmeler nedeniyle denetçilerin sürekli kendilerini yenilemeleri gerektiği ve bu gelişmelerin istihdam üzerinde negatif sonuçlara neden olabileceği vurgulanmıştır.

Péter ve Kocsis (2022), CBDC (Merkez Bankası Dijital Para Birimi) ve blokzincir platformlarının entegre olduğu bir sistemde, işlemlerin doğruluğu ve uyumu üzerinde nasıl denetim yapılması gerektiğini incelemişlerdir. Çalışmalarında, denetim sırasında işlem detaylarının gizliliğinin korunmasının önemini vurgulamışlardır. Bu bağlamda, işlem detaylarını ifşa etmeden, işlemin doğruluğunu kanıtlamayı sağlayan Zero-Knowledge Proofs (ZKP) teknolojisini önererek, düzenleyicilerin ve bankaların CBDC işlemlerinin uyumlu ve doğru olduğunu denetlerken gizliliği koruyabilmelerini mümkün kılan bir denetim yöntemi geliştirmişlerdir.

Wang vd. (2022) blokzincir teknolojisinin sunduğu altyapıya dayalı; kapsamlı denetim, gizliliği koruyan işlemler, doğrulanabilir denetimler ve sabit miktarda CBDC kapsamında merkez bankası dijital para birimlerinin denetimine yönelik bir model önerisi sundukları çalışmalarında gerçek zamanlı işlem doğrulaması yapabilen dijital para elektronik ödeme prototipine dayalı bir CBDC sistemini önermişlerdir. Araştırmaları sonucu elde ettikleri veriler doğrultusunda önerdikleri modelin; güvenliğinin, etkinliğinin ve uygulanabilirliğinin kanıtlandığını belirtmişlerdir.

Kara vd. (2023) dijital paraların gelecekteki rolünü değerlendirerek, kripto para birimleri ve merkez bankası dijital para birimleri (CBDC) üzerine bir analiz sunmayı amaçladıkları çalışmalarında, dijital para birimlerinin sosyal ve ekonomik gerekliliklerini, itici güçlerini ve paranın değişim sürecini teknolojik gelişmeler bağlamında tarihsel bir perspektifle

incelemişlerdir. Çalışmada ayrıca, CBDC' nin uygulamaya girmesiyle ortaya çıkabilecek ekonomik ve sosyal riskler ile avantajlar tartışılmıştır.

Karyağdı ve Yolci'nin (2023) kripto varlık kullanımına bağlı olarak potansiyel sorunlar ve engellerin belirlenmesinde denetimin süreç içerisindeki rolünü ve etkisini tespit etmeyi amaçladıkları çalışmalarında kavramsal değerlendirme ve derinlemesine literatür araştırması yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kripto varlıkların ekonomideki rolü ve potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda ülkeler bazında yasal regülasyonların gerçekleştirilmesi ile muhasebe ve vergilendirme süreçlerinde entegrasyonun belirleyici olduğu, bu nedenle nitelikli denetim yapısı geliştirilmesinin ve denetim komitelerinin bu alanda eğitilmesinin kayıt dışı ekonominin kontrol altına alınması ve ekonomide şeffaflığın sağlanmasında önemli olduğu belirtilmiştir.

Islam vd. (2024) çalışmalarında merkez bankası dijital para birimleri (CBDC) için denetim, gizlilik, şeffaflık ve dayanıklılığı bir arada sağlamayı hedefleyen yeni bir harcanmamış işlem çıktısı (UTXO) modeli önermişlerdir. Yetki kanıtı (proof-of-authority) konsensüs algoritmasını kullanan özel bir blockchain ağında denenen model, kullanıcıların UTXO sahipliğini doğrulamak için sıfır bilgi kanıtları (zk-LTARK) teknolojisini kullanarak yüksek hız, düşük gecikme süresi ve küçük kanıt boyutları sunmakla birlikte kullanıcıların gizliliğini korurken, birden fazla anahtar çiftine gerek kalmadan, gizliliği muhafaza eden çok taraflı hesaplama ve çoklu imza protokollerini de içermektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak ele alındığında; Wang vd. (2022) ve Islam vd., (2024) çalışmalarında, CBDC sistemlerinin güvenliğini ve etkinliğini sağlamak için blockchain teknolojisini kullanmışlardır. Wang vd. (2022) dijital para ödeme prototipini gerçek zamanlı işlem doğrulamasıyla önerirken, Islam vd. (2024) daha teknik bir model sunarak UTXO (Unspent Transaction Output) modelini ve zk-LTARK sıfır bilgi kanıtlarıyla gizliliği muhafaza eden bir denetim yapısına odaklanmıştır. İki çalışma da CBDC'nin güvenli ve şeffaf bir şekilde çalışabilmesi için blockchain altyapısının önemini vurgulamaktadır. Peter ve Kocsis (2022) ise CBDC işlemlerinin denetimi için blockchain altyapısına dayalı bir denetim mekanizması geliştirmiştir. Bu çalışmada, işlemlerin doğruluğu ve gizliliği arasında denge kurmak için Zero-Knowledge Proofs (ZKP) teknolojisi kullanılarak, CBDC işlemlerinin uyumlu ve doğru şekilde denetlenebilmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte Islam vd. (2024) ile Peter ve Kocsis'in (2022) çalışmaları, CBDC sistemlerinde gizlilik ve denetim süreçlerine odaklanılmışlardır. Peter ve Kocsis, gizlilik ihlali olmadan doğrulama sağlamak için ZKP kullanırken, Islam vd. daha çok blockchain tabanlı gizlilik koruma protokollerine (zk-LTARK) ve çok taraflı hesaplamalara yönelmiştir. Bu iki çalışma da gizlilik ve güvenliği sağlamanın önemli bir zorluk olduğunu kabul etmekte ve farklı teknolojiler önererek bu sorunu çözmeye çalışmaktadır.

Eren vd. (2020), Özkul ve Baş (2020), Karyağdı ve Yolci (2023) çalışmalarında, kripto paraların düzenlenmesi ve muhasebeleştirilmesi konusuna odaklanılmışlardır. Eren vd. (2020) kripto varlıklar için mevcut muhasebe standartlarının yetersizliğini tartışarak yeni düzenlemeler önerirken, Özkul ve Baş (2020), Türkiye'deki mevcut yasal çerçeve altında kripto paraların vergilendirilmesi ve muhasebeleştirilmesine dair düzenlemeler geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Karyağdı ve Yolci (2023) ise ülkeler bazında kripto varlık kullanımı özelinde yasal düzenlemeler üzerinde çalışılmasının ve muhasebe vergilendirme süreçlerinde entegrasyonun belirleyici olduğu ve bu anlamda nitelikli denetim yapısının geliştirilmesinin; kayıt dışı ekonominin kontrol altına alınması ve ekonomide şeffaflığın sağlanmasında önemli olduğuna değinmiştir. Bu üç çalışma, CBDC ile doğrudan ilişkili olmasa da kripto varlıkların ekonomik ve finansal sistemlere entegrasyonu ve düzenlenmesi konularında öneriler sunmaktadır. Bununla birlikte Kara vd. (2023) dijital paraların gelecekteki sosyal ve ekonomik etkilerini inceleyerek, CBDC'nin uygulanmasıyla ortaya çıkabilecek avantajları ve riskleri tartışmıştır. Bu çalışma, CBDC'nin ekonomik ve sosyal bağlamda daha geniş bir perspektifle ele alınmasına olanak sağlamaktadır. Çizmeci ve Göver (2020) ise Bitcoin'in ekonomik ve sosyal rolünü ve Türkiye'de 'Bitcoin'e olan yaklaşımı incelemişlerdir. Çalışmada CBDC'ler bazında doğrudan araştırma yapılmış olmasa da Kara vd. (2023) çalışmasına benzer şekilde dijital paraların ekonomik ve toplumsal etkilerine yoğunlaşmaları açısından ortak bir noktada buluşmaktadır. Öte yandan, Doğan ve Ertugay (2019) blokzincir teknolojisinin muhasebe sistemleri ve finansal doğrulama süreçlerindeki potansiyel kullanımına odaklanmış ve özellikle dağıtık defter teknolojisinin güvenilirliğini vurgulamıştır. Erturan ve Ergin'in (2018) çalışmasında da denetim ile dijitalleşme alanlarında gerçekleştirecek entegrasyonun uzaktan erişim, dinamik bilgi akışı ile usulsüzlük ve hataların tespitinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Her iki çalışma da dijitalleşmenin ekonomik sistemlere entegrasyonu ve güvenli işlem doğrulama süreçlerine dair önemli katkılar sunmaktadır.

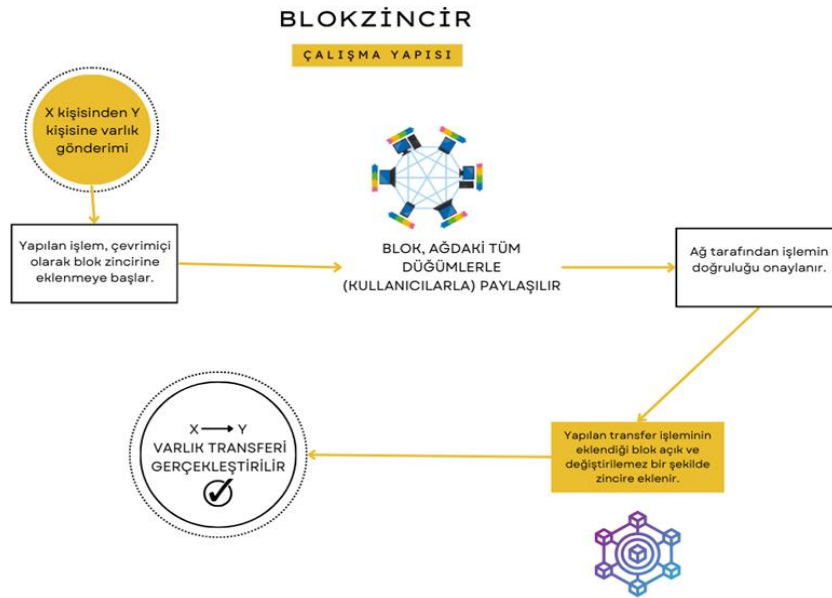
Bu çalışmalar, CBDC ve blockchain teknolojisinin potansiyelini farklı açılardan inceleyerek dijital para birimlerinin denetimi, gizliliği ve ekonomik etkileri üzerine kapsamlı bir literatür oluşturmaktadır. Çalışmalar hem teknik hem de düzenleyici açıdan bu sistemlerin etkinliğini sağlamak için çeşitli yaklaşımlar ve çözümler sunmaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Blokzincir Teknolojisi

1980'lerin sonlarında, bir grup yazılımcı, kriptografi ve gizlilik teknolojilerini kullanarak sosyal ve politik değişim yaratmayı amaçlayan tartışmalar başlatmış ve 1992'de "Cypherpunks" adı altında bir grup oluşturmuşlardır. 1993'te yayınladıkları manifestoda, mahremiyetin korunmasının halkın sorumluluğu olduğunu ve gerekli yazılımların geliştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. "Cypherpunks" grubunda yer alan, ancak gerçekte kim olduğu bilinmeyen, gizemli bir geliştirici olan ve Satoshi Nakamoto takma adını kullanan üyelerden biri, 2008'de Bitcoin kripto varlığını tanıtan bir makale yayımlamıştır (Karahan & Tüfekçi, 2019). Bitcoin, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan, verilerin güvenli bir şekilde birden fazla noktada saklandığı ve eşler arası işlemlerin gerçekleştiği dağıtık defter ve blokzincir teknolojilerine dayalı dijital bir varlıktır (Şafak vd., 2021; Vranken, 2017).

Blokzincir, dijital ortamda varlıkların veya verilerin, belirli kurallar çerçevesinde taraflar arasında güvenli bir şekilde transferini sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji, aktarılan verilerin ya da varlıkların silinmeden saklandığı ve şifreleme ile korunan bir veri tabanı yapısına dayanır. Bu veriler, tüm katılımcıların erişebileceği bir hesap defterine kaydedilir; geleneksel finansal sistemde merkezi bir hesap defteri yapısı kullanılırken, blokzincir merkeziyetsiz ve dağıtık bir hesap defteri yapısı (dağıtık defter teknolojisi) benimsemektedir (Tekin vd., 2020). Şekil 1' de blokzincirin çalışma yapısı şematize edilmiştir.



Şekil 1. Blokzincir Çalışma Yapısı

Kaynak: Türkmen & Durbilmez, (2019).

Şekil 1'de görüldüğü üzere, X kişisi, Y kişisine varlık gönderdiğinde, işlem çevrimiçi ortamda blokzincirine kaydedilmeye başlar. Bu işlem içeren blok, ağdaki tüm düğümlerle paylaşılır. Ağ, işlemin geçerliliğini kontrol eder ve onaylar. Ardından, bu

işlemlerle ilgili blok, zincire kalıcı ve değiştirilemez bir şekilde eklenir. Sonuç olarak, X kişisinden Y kişisine yapılan varlık transferi tamamlanmış olur.

2.2. Kripto Paralar

Blok zinciri teknolojisi, Bitcoin gibi kripto para birimlerinin işlem yapabilmesini sağlayan temel bir altyapıdır ve zamanla finansal ve finansal olmayan birçok alanda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Kripto para, “crypto” ve “currency” kelimelerinin birleşiminden türetilen bir terim olup, bu sistemlerin güvenliğini sağlamak için kriptoloji ve kriptografi yöntemlerine dayanmaktadır. Kriptoloji, verilerin güvenli bir şekilde şifrelenip alıcıya ulaştığında çözülmesini sağlayan bir bilim dalıdır ve kripto paralar da bu şifreleme yöntemleriyle güvenli bir şekilde işlem görmektedir. Kripto para birimleri, blok zinciri üzerinde internet aracılığıyla gerçekleştirilen işlemlerle varlık kazanan finansal araçlardır; değerleri arz ve talep doğrultusunda belirlenmekle birlikte merkezi hükümetler tarafından desteklenmemektedir. Bununla birlikte kripto varlıklar, tokenler ve kripto paralar olarak sınıflandırılmakta olup; tokenler aynı zamanda değer transferi dışında başka işlevlere de sahiptir. Kripto para sistemleri, madencilik yoluyla çalışır ve bloklar madenciler tarafından onaylanır, böylece sistemin güvenliği sağlanmaktadır (Akbaba & Alma, 2024; Huseynli, 2024). Kripto varlıklar, dağıtık defter teknolojisi (DDT) ile oluşturulan, depolanan ve transfer edilen dijital değerler olup, bu işlemlerin güvenliğini ve doğruluğunu sağlamak amacıyla kriptografi tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bu varlıklar, blok zinciri ekosisteminde çeşitli piyasa katılımcılarının etkileşime girmesine olanak tanımakta ve dijital ortamda değer ya da hakları temsil etmektedir. Ayrıca yasal açıdan, kripto varlıklar, finansal sistemdeki yerini ve yasal çerçevesini belirleyen önemli fırsatlar sunmaktadır. Kripto varlıklar, Bitcoin gibi bağımsız blok zincirleri üzerinde geliştirilen dijital para birimlerinin yanı sıra, Ethereum tabanlı tokenler, stabil kripto paralar, NFT'ler ve merkeziyetsiz finans (DeFi) platformları gibi araçları da kapsamaktadır. Bu çeşitlilik, kripto varlıkların sadece ödeme araçları olmanın ötesinde, geniş bir finansal işlevsellik sunduğunu ortaya koymaktadır (Alataş, 2024). Kripto varlık ekosisteminde, teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi ve mevcut mevzuatın uyumsuzluğu, düzenlemelerin şeffaf ve eksiksiz bir şekilde uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca, kripto varlıkların değerindeki dalgalanmalar, merkezi bir düzenleyici kurumun olmaması ve çeşitli kullanım alanları, vergi politikalarının uygulanmasında zorluklara yol açmaktadır (Yücel, 2024).

2.3. Merkez Bankası Dijital Paraları (CBDC)

Blok zinciri teknolojisi, Bitcoin'in ötesinde pek çok kripto para birimi tarafından benimsenmiş ve dijital para birimlerine olan ilgi artmıştır. Merkez bankaları, bu gelişmelerden esinlenerek kendi dijital paralarını oluşturma yoluna gitmişlerdir (Yıldırım vd., 2023). CBDC, fiziksel paranın dijital ortamda merkez bankası tarafından üretilip denetlendiği ve ekonomik işlemlerin dijital para ile yapıldığı bir sistemdir (Demir & Odabaşı, 2024). Merkez bankası tarafından ihraç edilen ve merkez bankasının bir yükümlülüğünü yansıtan, dijital bir para birimini ifade eden CBDC; ulusal hesap birimi cinsinden tanımlanarak, belirli bir ülkenin para birimiyle doğrudan ilişkilendirilir. Geleneksel merkez bankası parası ise, makroekonomik açıdan, bankaların merkez bankasında tuttukları rezervler, merkez bankası tarafından piyasaya arz edilen nakit paralar ve parasal tabanın birleşiminden oluşmaktadır. Merkez bankası dijital parası, bu geleneksel yapının dijital bir versiyonunu oluşturmakta ve fiziksel paranın dijital formu olarak, merkez bankası tarafından elektronik ortamda dolaşıma sokulmak üzere tasarlanmaktadır (Eşsiz, 2024; Öztürk & Acar, 2021).

Dünya ödeme sistemleri, hız ve küreselleşme gibi iki ana gelişmeden etkilenmektedir. İnsanlar, daha hızlı ve sınır ötesi ödemeler talep ederken, bu ihtiyaçlar dijital ödemelerin, özellikle CBDC'nin, tüketiciler arasında rağbet görmesini mümkün kılmaktadır. Öte yandan, nakit kullanımının azalması, finansal teknolojilere olan ilginin artması ve yeni rekabet unsurlarının ortaya çıkması gibi faktörler, dijital para birimlerinin önemini pekiştirmektedir. CBDC, ödeme sistemlerinde rekabeti artırarak finansal kapsayıcılığı destekleme, merkez bankalarının gelirlerini koruma ve para politikasının etkinliğini artırırken, finansal istikrarı güçlendirme potansiyeli taşımaktadır (Al & Akyazı, 2019). CBDC'nin kullanımı, toptan (bankalararası işlemler için) ve perakende (birey ve işletmeler arasındaki ödeme ve transfer işlemleri için) olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir. Bununla birlikte hesap tabanlı genel erişim, kripto tabanlı toptan erişim ve kripto tabanlı genel erişim olarak ayrı bir üçlü sınıflandırma da söz konusudur. Burada hesap tabanlı erişim kullanıcının hesaplarının merkez bankası tarafından tutulduğu ve işlemlerin merkezi bir defterde doğrulandığı sistemi ifade ederken, kripto (token) tabanlı toptan erişim bankalar arası ödemelerde sınırlı erişimle kullanılan bir yapıyı ifade etmektedir. Kripto (token) tabanlı genel erişimde ise halkın kullanımına yönelik dijital para ihraç eden bir yapı söz konusudur (Özdoğan & Turan, 2022).

3. MUHASEBE DENETİMİ AÇISINDAN KRİPTO VARLIKLAR VE CBDC'LERİN DURUMU

Çalışmada da daha önceden vurgulandığı gibi kripto varlıklar ve CBDC'ler genel anlamda blok zincir ürünü niteliğindedir. Bu bağlamda kripto varlıklar ve CBDC'ler açısından önemli konu, verinin doğru bir şekilde alınıp, iletilmesi ve işlenebilmesidir. Bu konu o kadar önemlidir ki, yazılım ve kripto dünyasında bu konuyu vurgulamak için özel bir terim kalıbı bile kullanılmaktadır; "Bizans Hatası". Kısaca bu konuda bilgi vererek ilerlemenin doğru olacağını düşünmekteyiz. "Bizans Hatası" veya "Bizans Generalleri Sorunu" aslında İstanbul'un fethine dayanmaktadır. Fetih sırasında o zamanki adı ile Konstantinopolis şehrinin savunmasını gerçekleştiren Bizans komutanları, İmparator XI. Konstantin'in gözüne girebilmek için, şehri neredeyse her yönden kuşatan ve bir saldırı harekâtı gerçekleştiren Padişah II. Mehmed (tarihte bilinen adıyla Fatih Sultan Mehmet) komutasındaki Devlet-i Aliyye ordularına karşı, Bizans generalleri arasında bir iletişim sorunu yaşanmış ve saldırının yerini ve zamanını habercilerle paylaşmak ve bu bilgilerin kale savunma merkezine (İmparator XI. Konstantin'e) ulaştırılmasında (kendi başarısızlıkları olabildiğince geç ortaya çıksın ve İmparator gözündeki durumları zora girmesin diye veya tam ve doğru durumu bildirmeyerek yine benzer bir kaygı ile) yaşanan zorluklar nedeniyle oluşan mağlubiyete atfedilmektedir (Meier & Stormer, 2018).

Bu bağlamda en temel telefon mesajı iletiminden tutun da otoyollardaki yönlendirmelerden ve daha karmaşık olan, havaalanları, enerji santralleri veya üretim tesislerinin tamamı için dağıtılmış bir sensör ağı olduğunu ve bu sensörler aracılığıyla birbirleri arasında veri alınıp verilmekte olduğunu söyleyebiliriz. Bir veya daha fazla sensörün yanlış ölçüm yapması ve yanlış veri sağlaması durumunda önemli kararlar için yanlış bilgi elde edilebilmektedir. Aşırı durumlarda ağ, yanlış ölçümlerden dolayı bireysel düğümlerin de bu yanlış bilgiyi kullanması veya kullanmaya devam etmesi halinde iletimler durma noktasına gelebilmektedir (Meier & Stormer, 2018). Bu noktada kripto varlıklar ve CBDC'ler için de çok önemli olan "Bizans Hatası"nın nasıl çözümleneceğine ilişkin Lampert, Shostak & Pease (1982) çalışmalarında araştırma sonucunu yayınlamışlardır buna göre bu durumun çözümü, generaller arasında bir fikir birliği algoritması uygulanması ile mümkün olacağı şeklinde bulunmuştur.

3.1. Blokzincir Teknolojisi ve Denetim Uygulamaları

Karmaşık teknolojiler bilgisayarların başlangıcından beri hep olmuştur. Maxwell Newman'ın 1943'te İkinci Dünya Savaşı kriptografisini kıran ilk programlanabilir bilgisayarı "Colossus", o zamanlar gerçekten karmaşık bir sistem olarak görülmekteydi (Haigh & Ceruzzi, 2021). 1965 yılında Gordon Moor, transistörlü mikroçiplerin sayısının iki yılda iki katına çıktığını öne sürerek, giderek karmaşıklaşan sistemlerin altında yatan teknik gelişimin etkileyici bir hızda olduğunu belirterek gelişimin hızlı bir şekilde devam ettiğini belirtmiştir (Valacich & Schneider, 2022). Bu nedenle bilgi sistemlerinin karmaşıklığının önümüzdeki yıllarda da artmaya devam edeceğini bekleyebiliriz (Berghout vd., 2023).

Temel teknolojinin sürekli gelişmesi nedeniyle bilgi sistemleri giderek daha karmaşık görevleri üstlenmektedir. Şu anda en gelişmiş görevlerden birine örnek olarak otonom araba sürüşü verilebilir. Görüntü işleme ve yorumlama için gereken bilgi işlem gücü, günümüzün yeteneklerinin sınırındadır. Otonom sürüş sistemleri iş ve özel hayatlarımızı da etkilemektedir. Bilgi sistemlerinin artan karmaşıklığının yanı sıra, insanlarla ve diğer bilgi sistemleriyle biriken etkileşimlerinin de olduğunu akıldan bulundurmamak gerekmektedir (Berghout vd., 2023).

Bilgi sistemlerinin karmaşıklığı, 1980'lerin sonlarında Bilgi Teknolojilerinin (BT) denetime tabi tutulmasının gündeme gelmesine neden olmuştur. BT denetçileri başlangıçta finansal raporlama sistemlerinin kalitesine odaklanmışlar ancak bilgilerini hızla diğer birçok iş alanına da yaygınlaştırmışlardır (Berghout & Fijneman, 2023; Karaca & Tetik, 2023). Bu bağlamda günümüzde birçok alanda kullanılan blokzincir sistemlerinin kripto varlıklar ve CBDC'ler üzerinde de ne tür denetim işlemleri gerektireceği üzerinde bilgiler verilmeye çalışılacaktır. Denetimin değişen yapısı ile kripto varlıkların CBDC'lerin yeterince denetlenebilmesine hizmet edilip/edilemeyeceği tartışılarak konu incelenmeye çalışılacaktır. Bu amaçla gelişen yazılım ve blokzincir dünyasının denetimde nasıl etkiler yarattığının ele alınması ile çalışmaya devam edilecektir.

3.2. Denetimin Dijitalleşmesi Paradigması

Modern teknoloji beraberinde yeni sorular/sorunlar da getirmektedir. Örneğin, algoritmaların ürettiği yanıtların doğru olduğunu ve karmaşık sistemlerin siber saldırılara karşı yeterince dayanıklı olup olmadığının nasıl anlaşılacağı gibi. Bu gelişmeler, organizasyonların yöneticileri ve denetçileri için son derece önemlidir, zira onların kendi seçimlerinin hesabını verebilmeleri gerekir. Yönetim kurullarının ve diğer paydaşların bu soruları yanıtlamak için BT denetçilerine sormak da dâhil olmak üzere çeşitli alternatifleri vardır. BT denetçileri verdikleri danışmanlığın yanı sıra genellikle yüksek risk ve yüksek etkiyle ilgili konulara ilişkin güvence sağlamaları beklenmektedir. Güvence, güvenilir tavsiyeyle ilgilidir. Ancak denetim, danışmanlıktan farklıdır ve öncelikle genel kabul görmüş BT denetim standartlarının denetim nesnesi için geçerli olup olmadığını araştırmaya

odaklanmaktadır. Ayrıca BT denetçilerinin, değerlendirmelerine toplumsal ilgiyi de dahil edecek ve diğer paydaşlar için sonuçları da dahil edecektir (Berghout & Fijneman, 2023).

BT denetimi, bilgi teknolojisi, varlık, altyapı, uygulamalar, süreçler, veriler ve yönetişimin kalitesinin bağımsız değerlendirilmesiyle ilgilidir. Kalite birçok özelliği içerir ve yalnızca bütünlük, kullanılabilirlik ve güvenlikle ilgili değildir, aynı zamanda adaleti de içermektedir. Ayrıca etkinlik ve verimliliğin de değerlendirilebilir olması beklenmektedir. Bu, BT denetimini, dijital çözümler geliştirirken ve uygularken BT ile ilgili riskleri tanımlamak ve kontrol etmek için önemli bir araç haline getirmektedir. BT denetimi aşağıdaki kavramlar ile ilgilidir (Berghout & Fijneman, 2023):

1) Denetim Nesnesi: Denetim konusunun/nesnesinin araştırmaya uygun olup olmadığının araştırılmasıdır.

BT denetimi, genellikle donanım, iletişim, yazılım, veriler, prosedürler ve personel gibi bileşenleri içeren bilgi sistemlerini hedeflemektedirler. Bu bileşenler birlikte belirli işlevleri yerine getirir ve bu işlevsellik giderek daha karmaşık hale gelen görevleri yerine getirmektedir. Sürekli gelişen teknoloji nedeniyle, önümüzdeki on yıl boyunca BT denetiminin kullanımının ve karmaşıklığının artmasını da bekleyebiliriz. Bu nedenle denetimler, denetim nesnesinin kapsamının dikkatli bir şekilde belirlenmesini gerektirmektedir. Çünkü tüm bilgi sistemlerinin bileşenlerinin BT denetimine dahil edilmesi genellikle ekonomik olmayacaktır. Risk/etki değerlendirmeleri bu kapsamın belirlenmesinde önemli bir katkı sunacaktır. Bu noktada BT denetçilerinin aşağıdaki iki soruya cevap vermesi ile denetim riskinin modeli şekillenecektir (Berghout & Fijneman, 2023);

- Yanlış beyanların olasılığı ve bunlarla bağlantılı etkileri nedir?
- Hangi bilgi sistemleri inceleme gerektiriyor, hangileri ise kapsam dışı olacaktır?

BT Denetçilerinin aşağıdaki denetim riski modelini uygulamaları beklenmektedir:

$$AR = IR * CR * DR \quad (1)$$

(1) numaralı formülde (AR) kabul edilebilir denetim riskini temsil etmektedir. (IR), denetim nesnesiyle (iş ve/veya teknoloji) ilişkili doğal riskleri temsil etmektedir. (CR) kontrol riskini ve iç prosedürlerin yanlış beyanları tespit edemeyeceğini temsil etmektedir. Örneğin bir blockchaindeki (CR) sıfıra yakın olmalıdır. (DR), iç prosedürler tarafından önlenmeyen hataların denetçi tarafından da tespit edilememesi riskini temsil etmektedir. Kabul edilebilir denetim riski formülünün geleneksel denetim ile BT denetiminde aynı olduğu görülmektedir. Söz konusu formülde bir değişiklik olmaması BT denetimi kapsamında denetimin farklılaşmayacağı anlamını taşımamaktadır.

Denetimler, kuruluşun bilgi fonksiyonuna ve ilgili risk/etki değerlendirmesine ilişkin kapsamlı ve genel bir bakış gerektirmektedir. Bilgi işlevi şunları içermektedir (Romney & Steinbart, 2018):

- Bilgi sistemleri ve ilgili veriler.
- Bilgi sistemlerini destekleyen bilgi teknolojisi.
- Hem bilgi sistemlerini hem de bilgi teknolojisini destekleyen işletme yapısı.

Modern organizasyonlarda BT denetçilerine yönelik çok sayıda denetim nesnesi bulunmaktadır ve bu denetimler kesinlikle finansal raporlamayı destekleyen sistemlerle sınırlı değildir. Denetlenebilirlik aynı zamanda uygulanabilir ve işleyen kontrol önlemlerini de gerektirir. En temel bilgi sistemleri bile, profesyonellikten uzak olduğu bilinen ortamlarda hataya açık hale gelmektedir. Bilgi sistemlerinin karmaşıklığının artmasıyla birlikte giderek daha fazla kontrol önlemine ihtiyaç duyulmaktadır (Berghout & Fijneman, 2023).

2) Denetim Kriterleri ve Metodolojisi: Bu özel amaç için hangi kriterlerin uygun olduğunun ve hangi metodolojinin uygulanması gerektiğinin araştırılmasıdır.

Daha önce de belirtildiği gibi, modern organizasyonlarda çok sayıda denetim nesnesi bulunmaktadır ve denetimler kesinlikle finansal raporlamayla ilgili sistemlerle sınırlı değildir. Uygulanan denetim metodolojisi, ilgili tüm sistem kalite özelliklerini ele almalıdır. Yaygın risk kategorileri şunları içerir (Berghout & Fijneman, 2023):

- Gizlilik-yetkisiz açıklama önlenir ve dış düzenleyici gereksinimleri karşılanır.
- İşleme bütünlüğü-veriler kusursuz, eksiksiz, zamanında ve yalnızca uygun tanımlamalar ve yetkilendirmelerle işlenir.
- Kullanılabilirlik-beklenmedik durumlarda da yasal kullanıcılara sürekli erişim sunulmasının sağlanması.

Uygulamada, BT denetçileri, çalışma hedeflerini (eğer uygunsa) değerlendirmek için mali kontroller için ISAE3000³, operasyonel sistem kontrolleri için ISO2700x⁴, BT yönetim kontrolleri için COBIT⁵ ve sistem geliştirme kontrolleri için PRINCE2⁶ gibi kapsamlı bir dizi yöntem uygulayabilirler.

Kendi kendine öğrenen sistemlerin ortaya çıkışı mevcut denetim yöntemlerine adeta meydan okumaktadır. Algoritma eğitimi aşaması, operasyonel aşamadan ayırt edilebildiği sürece, hem kendi kendine öğrenmenin hem de operasyonel sistemin denetlenebilir bileşenlerinin kapsamı belirlenebilmelidir. Sistem ortamının öngörülemezliği ve dolayısıyla kendi kendine öğrenen ve operasyonel sistem ile çevre arasındaki etkileşim ek karmaşıklığa neden olabilmektedir. Örneğin, kendi kendine giden araba sistemleri, sürüşü önceden belirlenmiş izole yollarla sınırlıysa, muhtemelen denetlenebilir olacaktır. Böyle bir durumda, arabanın gelişigüzel davranmasını önleyecek veya belirli durumlarda arabayı durduracak otomatik kontrollere ihtiyaç duyulacaktır. Bu tür otomatik kontrol sistemleri yeniden denetime tabi tutulabilir (Romney & Steinbart, 2018). Ancak unutulmamalıdır ki, denetim her zaman geçmiş verilerle ilgilidir ve öyle olmaya da devam edecektir. Bu ister geleneksel ve isterse de BT ile desteklenmiş denetim olsun, bu şekilde olmaya devam edecektir.

Sürekli denetimde muafiyetlerin ve tutarsızlıkların sürekli olarak izlenmesi için teknolojiyen yararlanılmaktadır. Daha sonra bu muafiyetlerin geri kazanımı, hataya dayanıklı sistemlerle karşılaştırılabilecek şekilde genel sistemlere dahil edilmektedir.

Denetim metodolojisi aynı zamanda müşterilerin sistematik katılımını, olası kabullerini, sözleşme mektubu yoluyla teyit edilmesini ve bir denetim planının oluşturulmasını içeren denetim sürecini de içermektedir. Böyle bir BT denetim planı, kurumun ve onun bilgi fonksiyonunun temel anlayışını, risk değerlendirmesini, kontrol hedeflerinin tanımlanmasını, test planını (inşa etme/yürütme) ve bulguların değerlendirilmesini içermektedir. Daha sonra denetim bulguları müşteriye raporlanacaktır (Berghout & Fijneman, 2023).

Sistemlerin artan karmaşıklığı sıklıkla yeni denetim metodolojisi (örneğin, kendi kendine öğrenen sistemler için kriterler) gerektirir. Gizlilik, bütünlük ve kullanılabilirlik gibi ortak risk kategorileri geçerliliğini korumakta ancak farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, blockchainlerdeki gizlilik geleneksel ticaret platformlarından farklıdır.

3) Müşteriler: Denetimi yapan kişinin bunu yapmaya yetkili olup olmadığının araştırılmasıdır.

Denetlenmek işletmelerin gerçek kararlılığını gerektirmektedir. Çünkü denetlenmek, denetim çalışmasının konusuyla ilgili tüm gerekli bilgileri açıklamaları, çalışanların istişaresi ve/veya saha ziyaretleri gibi konuların kolaylaştırılmasını ve koordinasyonunu gerektirmektedir. Bu tür bir taahhüt, işletme yönetim kurulu, denetim komitesi veya denetim kuruluyla ilgilidir. Ayrıca BT denetçileri toplumsal uygunluk ve etik hususları da değerlendirmelerine dahil etmeli ve topluma zarar verebilecek denetimlerden kaçınmalıdır. Modern teknoloji, müşterinin tanımlanmasıyla ilgili ek sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, dağıtılmış mülkiyete sahip bir blockchainde müşterinin rolünün belirlenmesi gibi (Berghout & Fijneman, 2023). Bazı yapay zeka tabanlı algoritmalar ilgili tüm paydaşlar için eşit derecede faydalı olmayabilirler böyle bir durumda müşterinin rolünün belirlenmesinde BT denetçisi mesleki yargısı ile konuya karar vermelidir.

4) Denetçiler: Denetimi gerçekleştiren kişilerin bunu yapmaya yeterli olup olmadığını araştırılmasıdır.

³ ISAE 3000: Güvence Görevlerine İlişkin Uluslararası Standart (International Standard on Assurance Engagements-ISAE) revize edilmiş 3000, geçmiş finansal bilgilerin denetimi veya incelenmesi dışındaki güvence görevlerini düzenlemektedir.

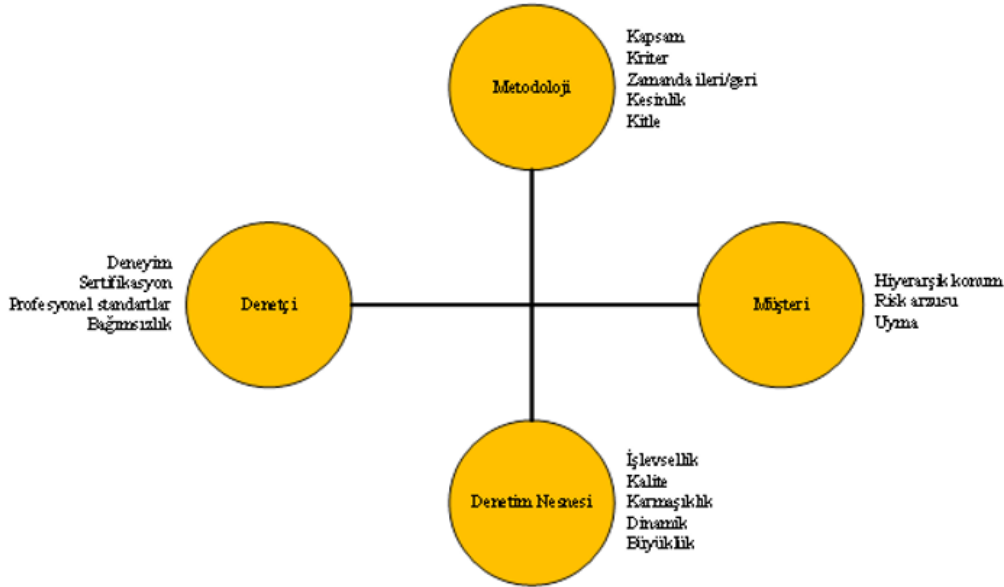
⁴ ISO2700x: Bilgi Güvenliği Standartları (Information Security Standards-ISS) kapsamında yer alan düzenlemeleri kapsamaktadır.

⁵ COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology): İşletmelerin bilgi yönetimi ve yönetim etrafında stratejiler geliştirmelerine, düzenlemelerine ve uygulamalarına yardımcı olmak için ISACA tarafından geliştirilen bir BT yönetim çerçevesidir.

⁶ PRINCE2: Dünyaca tanınan ve özellikle İngiltere'de Avrupa'da yerleşik kuruluşlarca tercih edilen bir proje yönetimi metodolojisidir. Prince2 metodolojisi bize başarılı bir proje yönetmek için gerekli temelleri sunar.

Denetçilerden, ortak bir bilgi birikimi temelinde çalışmalarını ve sonuçların denetimi gerçekleştiren kişi açısından kayıtsız kalmaması beklenmektedir. Bu, en gelişmiş teknik, mevzuat ve organizasyonel bilgiyi gerektirmektedir. Denetçiler objektif, tam, yetkin ve gizli olmalıdırlar (Berghout & Fijneman, 2023).

Bilgi sistemleri ve organizasyonlarının karmaşıklığı göz önüne alındığında denetçi olmak, yaşam boyu kalıcı eğitimin yanı sıra derin bir temel eğitim gerektirir. Görüşümüze göre BT denetim bilgisi şu anda giriş seviyesi eğitimi ülkelere göre farklılık gösterse de; BT denetimi eğitiminin homojenleşmesinin önemli olduğu kanaatindeyiz. Tıp mesleği veya mimarlık gibi diğer kritik mesleklere benzer şekilde, BT denetçilerinin de belirli bir denetimli çalışma süresini tamamlamaları da önemli bir kriter olarak görülmelidir. Gelişmiş çalışma alanları genellikle sürekli eğitim gerektirir. Mesleki standartları düzenlemek ve aynı



zamanda denetçilerin bu standartlara bağlılığını kontrol etmek için regülasyonların etkili olacağı düşünülmektedir. Denetçi olmanın kendisi de denetim olarak değerlendirilmeli ve bu nedenle de şeffaf ve kontrol edilebilir bir yapısı olmalıdır. Bu, zorunlu etik ve kalite kontrol standartlarına sahip profesyonel bir birliği ve mesleki konulara itiraz etme olanağını da içerecektir (Berghout & Fijneman, 2023). Aşağıda yer alan Şekil 2’de BT denetimi için gerekli denetim birimleri gösterilmiştir. Bu görsel, BT denetiminin dört temel varlığı ve bunların temel özelliklerini göstermektedir.

Şekil 2. Birincil BT Denetim Birimleri

Kaynak: Berghout & Fijneman, (2023, s. 13).

Denetim standartları, Uluslararası Muhasebeciler Federasyonu (International Federation of Accountants IFAC) ve ABD merkezli Halka Açık Şirketler Muhasebe Gözetim Kurulu US-based Public Company Accounting Oversight Board PCAOB) tarafından denetlenen Denetim Standartları Kurulu (Auditing Standards Board ASB), Uluslararası Denetim ve Güvence Standartları Kurulu (International Auditing and Assurance Standards Board IAASB) gibi standardizasyon kuruluşları tarafından kontrol edilmektedir. Yukarıda sıralanmış olan dört kavram konumuz kapsamında kısaca ele alınmaya çalışılmıştır (Berghout & Fijneman, 2023).

3.3. Kripto Varlık ve CBDC Kullanımının Denetiminde Dijital Trendler

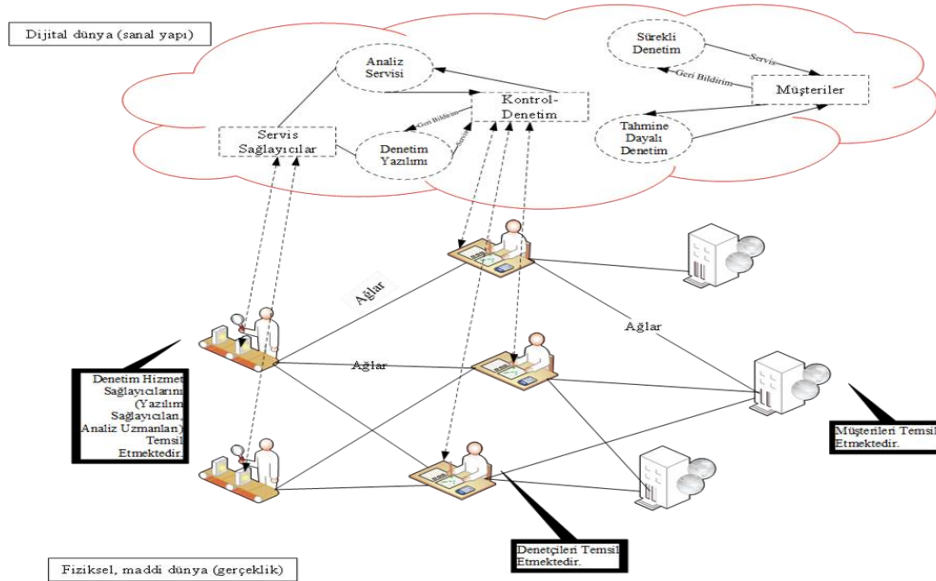
Bu noktaya kadar çalışmada “Kripto Varlık ve CBDC” ler için yeni denetim paradigması olarak “dijital denetim” tanıtılmaya, anlatılmaya ve açıklanmaya çalışılmıştır. Ancak bu yeni paradigmanın doğmasının nedenleri üzerinde ayrıca durulması da gerektiği düşünülmektedir. Her ne kadar anlatı metni içerisinde kısmen bu nedenlerden bahsedilmiş olsak da konunun daha iyi anlaşılabilmesi ve temellerinin sağlamlaştırılması adına, denetimin bu yeni paradigmasındaki ve adeta arka planındaki nedenler olarak görülebilecek sebepleri belirtmemiz ve kısa kısa da olsa açıklamamız gerekmektedir.

Denetim mesleği dijital teknolojileri uygulama ve bunları denetime uyarlama konusunda zorluk çekmektedir (Curtis & Payne, 2008; Kim vd., 2009; Bierstaker vd., 2014; Cangemi, 2015; Cangemi, 2016). Bu bağlamda, bilim ve uygulama öncelikle manuel olarak gerçekleştirilen ve çoğunlukla zaman ve emek yoğun olan denetçi görevlerinin ne ölçüde dijitalleştirilip otomatikleştirilebileceğini tartışmaktadır (Dai & Vasarhelyi, 2016; Kiesow & Thomas, 2016; Kokina & Davenport, 2017; Rega & Teipel, 2016). Dijitalleşme ve bunun sonucunda ortaya çıkan faaliyetlerin otomasyonu, büyüyen veri hacimlerini yeterli düzeyde analiz edebilmek ve değerlendirebilmek için hem bir gerekliliği hem de bir ön koşulu temsil etmektedir (Kokina & Davenport, 2017).

Kripto varlıklar ve CBDC'lerin Endüstri 4.0 ve sonrasında (Endüstri 5.0 gibi) bir ürünü olduğu öngörülmektedir. Bu bağlamda dijital denetimin endüstri 4.0 ile değişen yüzü, yapısı, şekli ve içeriğinin kripto varlık ve CBDC'lerin denetiminde de etkili olarak kullanılabileceği tespitinin yapılması sanırız ki yanlış olmayacaktır.

Bu bağlamda Endüstri 4.0 konusunun denetim üzerindeki etkisine ilişkin çıkarıma da açıklık getirmek faydalı olacaktır. Denetim için, denetimle ilgili bilgilerin değişimini ve erişimini sağlamaya devam etmek amacıyla Endüstri 4.0 ilke ve teknolojileriyle etkileşime geçmek esastır. Ağ bağlantılı bir dünyada etkili, verimli ve gerçek zamanlı kesinliğe ulaşmak için veri analizi, veri modelleme ve veri görselleştirmenin yanı sıra örüntü tanıma, sapma tanımlama ve yararlı bilgilerin çıkarılması Endüstri 4.0 kavramına mutlaka uyarlanmalıdır (Dai & Vasarhelyi, 2016).

Aşağıdaki Şekil 3, Endüstri 4.0'ın vizyon ve kavramlarına dayanan "Denetim 4.0" için potansiyel bir modeli temsil etmektedir. Bu nedenle denetçiler ve denetlenen şirketlerin sistemleri, aynı zamanda fiziksel dünyanın yanı sıra, "Nesnelerin İnterneti", "Veri ve Hizmetler" ile ağ bağlantılı olacaktır. Bununla birlikte dijital dönüşüm sürecinin bir yansıması olarak, denetim süreçlerinde "hizmet odaklılık" ilkesine uygun şekilde, yeni bir yaklaşım benimsenmektedir. Bu yaklaşım kapsamında, denetçi, özellikle "Sürekli Denetim" yaklaşımlarının pratikte ortaya çıkan zorlukları çözmek ve denetimin etkinliğini artırmak amacıyla, kendisini örneğin yazılım tedariki ve geliştirmenin yanı sıra, hazırlık niteliğindeki veri analizleri ve değerlendirmeleri yoluyla destekleyecek üçüncü bir taraf ile ağ oluşturacaktır. Bu yeni iş modeli, denetim yapan yetkili ile müşteri arasında bir köprü görevi görerek denetim süreçlerini desteklemektedir. Dolayısıyla, denetime ilişkin çok sayıda prosedür artık belirli aralıklarla yalnızca dönem başında yapılması yerine, denetçi ile müşteri arasındaki eş zamanlı veri akışı temel alınarak devamlı olarak yürütülür hâle gelecektir (Kiesow & Thomas, 2016).



Şekil 3. Nesnelerin, verilerin ve hizmetlerin internetinin denetimde uygulanması

Kaynak: Dai & Miklos, (2016).

Şekil 3'ü doğru anlamak ve açıklayabilmek için kripto varlıkların ve CBDC'lerin genelde bulut sistemlerde tutulduğunu belirtmekte fayda vardır. Bu bağlamda Şekil 3 incelendiğinde bu söz konusu varlıklar için geliştirilecek denetim prosedür ve proseslerinin aslında bulut sistemleri de denetlemek olacağını belirtmemiz gerekmektedir.

Bu noktada konuya bulut sistemlerinin kullanım nesnesi olması açısından bakıldığında; bulut bilişimin şirketlerde kullanılmasının, denetim alanında bir kullanım nesnesi olarak yer almasının bulut sistemleri açısından etkileri olacağını belirterek başlamak daha doğru olacaktır. BT hizmet tekliflerinin “gerçek zamanlı” olarak daha esnek hale getirilmesi, iş modellerinin ve BT sistemlerinin ihtiyaçlarına uyarlanmasını kolaylaştıracaktır. Denetim yetkisine bağlı olarak gerekli BT hizmetinin esnek bir şekilde ayarlanması mümkün olacaktır.

Bulut bilişim, gelecekte talep odaklı ve otomatikleştirilmiş bir şekilde sağlanacak olan muhasebe verilerinin çıkarılması ve değerlendirilmesi için BT sistemlerinin geliştirilmesini desteklemektedir. Bu, inceleme sonuçlarının zamansal olarak kullanılabilirliğini ve dolayısıyla bu sonuçlara yol açan süreçleri de değiştirebileceğini de göstermektedir. Ayrıca bulut bilişim, sürekli testlerin geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik yetkinliklerin geliştirilmesine ve sağlanmasına olanak sağlar. Operasyonel faaliyetlerin, iş süreçlerinin ve kaynakların dış kaynak kullanımı ve ihtiyaçlara dayalı kullanımı, yeni iş modellerine ve BT sistemlerine olanak tanımaktadır. Bunların da kontrol edilmesi gerekir ve böylece yeni denetim standartlarının geliştirilmesinin yanı sıra yeni denetim süreçleri ve BT destekli denetim tekniklerinin geliştirilmesi de gerekli hale gelecektir (Thomas vd., 2018). Zaten bu çalışmanın ana konusu da denetim yaşanan paradigma değişikliği ile BT destekli denetime dikkat çekmek ve konunun teorik çerçevesine katkı sunabilmektir.

Konuya bulut sistemlerinin test nesnesi olması yönüyle bakıldığında ise; bulut sistemlerini bir denetim nesnesi olarak değerlendirirken denetime yönelik başka zorlukların da ortaya çıkabileceği bilinmelidir. Dış kaynaklı, muhasebeyle ilgili süreçlere yönelik, özellikle bulut sistemleri denetlerken dikkate alınması gereken denetim yükümlülükleri olacaktır. Bunlar, ortaya çıkan risklerin yanı sıra iç kontrol sistemi üzerindeki etkilere ilişkin değerlendirmeleri de içerecektir. Bulut Hizmeti Sertifikasyonları olarak adlandırılan bulut ortamlarının sertifikasyonu, şirketin risk yönetimi açısından gösterdiği çabaları göstermeye hizmet etmektedir. Uygulama izleme veya otomatik bulut hizmeti testi yoluyla bulut sistemlerinin risk odaklı izlenmesi, bulut bilişim alanındaki risklerin belirlenmesine yönelik diğer seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bulut sistemlerinin test edilmesi arka planda bilgi güvenliği ve veri koruma süreçlerinin güvenilirliğinin sağlanmasını katkı sunmaktadır. Bu amaçla bulut bilişimin kullanımı ve test edilmesi, hatasız bir internet bağlantısına yönelik özel talepleri de beraberinde getirecektir. Artan uyumluluk gereksinimleri, hizmet seviyesi anlaşmalarından sapmaların kontrol edilmesi ve bulut sağlayıcıya olası bağımlılık göz ardı edilmemelidir (Thomas vd., 2018).

Geleneksel denetime kıyasla yıllık denetim prosedürleri, bulut sistemlerinin denetimi sırasında bulut hizmetlerinin yıl boyunca sürekli olarak takip edilmesi ve bu sayede bulut hizmetlerinin doğruluğunun sağlanması için BT destekli denetim tekniklerini gerekli kılmaktadır. Unutulmamalıdır ki, bulut sistem denetimi bu sistemde yer alan kripto varlıklar, blokzincir ürünleri, CBDC’lerinde de denetiminin yapılmasını kapsamaktadır.

4. SONUÇ

Dijitalleşme çeşitli teknolojik trendlere yansımaktadır. Verilerin ve hizmetlerin interneti üzerinden ağ oluşturma gibi temel ilkeleri ve vizyonları ile geleceğin girişimi Endüstri 4.0, Endüstri 5.0, kripto varlıklar, CBDC’ler, şirketlerin iş süreçlerini ve dolayısıyla denetçi için denetimle ilgili bilgilerin oluşturulma biçimini değiştirmektedir. Gelişen teknoloji ilk kez başta yapay zekâ araçları olmak üzere blokzincir ürünlerinin muhasebe ve denetim amaçlı kullanımını gerçekleştirebilecek donanım ve yazılımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Mobil cihazlar müşterilerin muhasebe süreçlerini değiştirmekte ve bu nedenle denetim için test nesneleri olarak kullanılmalrı gerekmektedir. Bu, mobil cihazların kullanımı da dahil olmak üzere, temel eğitim ve ileri eğitim yoluyla aktarılabilir becerileri gerektirmektedir. Gelecekte muhasebe süreçlerinin tam sanal haritalanmasının yapılması da bir zorunluluk haline gelecektir. Yukarıda belirtilen eğilimler, muhasebenin kullanılan BT’ye bağımlılığını ve dolayısıyla denetim prosedürlerinin karmaşıklığını artırmaktadır.

Ancak mesleğin imkânları da düşünülmelidir. Özellikle, dijital ortamda bulunabilirlik ve denetimle ilgili verilerin basitleştirilmiş hâli, yıl boyunca sürekli denetimlerin uygulanmasını mümkün kılacaktır. Bu, yıllık denetimdeki önemli yüklerin hafifletilebileceği ve daha yüksek bir denetim kalitesinin elde edilebileceği anlamına gelmektedir. Ancak süreç ve teknoloji inovasyonunun yakınsaması, denetimin klasik değer zincirini de değiştirmektedir. Bu nedenle artık, muhasebe verilerinin doğruluğu hakkında zamanında ve geçerli bir beyana olanak tanıyan kavramlara ihtiyaç vardır. Kripto varlıklar ve CBDC’ler hizmet odaklılık ilkesine benzer şekilde, denetim hizmetlerinin “hizmet olarak denetim” anlamında uzman bir hizmet sağlayıcıya dış kaynak olarak verilmesinin de gündeme alınmasını gerektirmektedir (Kiesow & Thomas, 2016). Bu, veri çıkarma ve değerlendirmeye yönelik teknik bileşenleri uygulanması ve denetçilere ve müşterilere sürekli denetim desteğinin de sağlanması sonucunu doğurmaktadır.

Özetle, kripto varlıklar CBDC'ler, diğer blokzincir ürünleri ve bulut sistemlerin yapısı gereği artık, denetçinin görev yelpazesinin değişeceği konusunda dijitalleşme ile birlikte artık çok az şüphe kalmıştır. Dijital trendlerin etkileri ve olası kullanımlarına ilişkin yeni beceriler ve genişletilmiş uzmanlık bilgisi önem kazanmaktadır. Bu makalede tartışılan kripto varlıklar ve CBDC'lerin denetimi aslında bunların yer aldığı bulut sistemlerin denetimi ile aynı anlama geldiğinden, bu konu üzerinden konu iletilemeye çalışılmıştır. Bu bağlamda okuyucuda konudan sapma gibi bir algının oluşmaması için bu noktanın tekrardan vurgulanmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Ancak elbetteki çalışmada yer alan tespitler, teknolojik eğilimler, mevcut gelişmelerin etkilerinin ve yönlerinin kesin bir incelemesini temsil etmemektedir. Ancak özellikle yapılandırılmamış ve ihtiyari denetim prosedürlerinin yerini uzun vadede teknolojinin alamayacağını öngörmekteyiz. Değer zincirindeki tüm oyuncuları etkileyen dijitalleşme nedeniyle denetçilerin gelecekte de müşterilerinin ortağı olarak önemli bir rol oynamaya devam edeceği öngörülmektedir.

YAZAR BEYANI

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı: Bu çalışma bilimsel araştırma ve yayın etiği kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.

Etik Kurul Onayı: Bu araştırma etik kurul izni gerektiren analizleri kapsamadığından etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Yapay Zekâ Kullanım Beyanı: Bu çalışmada yapay zekâ aracı (ChatGPT), biçimsel hataların düzeltilmesi ve dil kontrolü amacı ile kullanılmıştır.

Yazar Katkıları: Tüm yazarlar, bu çalışmanın tasarımı ve yazım sürecinde katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması: Yazar açısından ya da üçüncü taraflar açısından çalışmadan kaynaklı çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbaba, A. N. B., & Alma, N. (2024). Kuşaklara göre kripto varlıkların incelenmesi. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 9(1), 1-36.
- Al, İ., & Akyazı, H. (2019). Merkez bankası dijital parası ve para politikasına yansımaları. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(3), 573-593.
- Alataş, A. (2024). Kripto varlıkların raporlanmasında yeni dönem: Bobi frs 2021 güncellemesinin analizi. *Journal of Accounting & Finance/Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (104), 10.25095/mufad.1479636
- Arslan, Y., & Yiğit, S. (2024, Ekim). Vergi inceleme sürecinde kullanılan bilgi teknolojileri ve dijital dönüşüm. *Vergi Raporu*, 301, 7.
- Berghout, E., & Fijneman, R. (2023). Auditing complexity. In E. Berghout (Ed.), *Advanced Digital Auditing*. Berlin: Springer Verlag.
- Berghout, E., Fijneman, R., Hendriks, L., Boer, M. & Butijn, B. J. (2023). *Advanced digital auditing*. Berlin: Springer Verlag.
- Bierstaker, J., Janvrin, D., & Lowe, D.J. (2014). What factors influence auditors' use of computer-assisted audit techniques? *Advances in Accounting*, 30(1), 67-74. 10.1016/j.adiac.2013.12.005
- Cangemi, M. P. (2015, Ağustos). *Staying a step ahead: Internal audit's use of technology* [Teknik rapor]. The Institute of Internal Auditors Research Foundation (IIARF). https://www.researchgate.net/publication/281176816_Staying_a_Step_Ahead_Internal_Audit's_Use_of_Technology_by_Michael_P_Cangemi
- Cangemi, M.P. (2016). Views on Internal Audit, Internal Controls, and Internal Audit's Use of Technology, *EDPACS*, 53(1), 1-9.
- Ceylan, O., & Isık, A. H. (2023). Blokzincir teknolojisi ve uygulama alanları. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 6(1), 129-136.
- Curtis, M.B., & Payne, E.A., (2008). An examination of contextual factors and individual characteristics affecting technology implementation decisions in auditing. *International Journal of Accounting Information Systems*, 9(2), 104-121.
- Çizmecici, B., & Göver, İ. H. (2020). Toplumlarda fiziksel paradan dijital paraya geçiş: Bitcoin örneği. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 310-333. <https://doi.org/10.37880/cumuiibf.672433>
- Dai, J., & Vasarhelyi, M.A. (2016). Imagineering audit 4.0. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 13(1), 1-15.
- Dai, J. (2017). *Three essays on audit technology: Audit 4.0, blockchain, and audit app* (Doctoral dissertation, Rutgers University–Graduate School–Newark). <https://doi.org/10.7282/T3RN3BZ9>
- Demir, O., & Odabaşı, H. (2024). Merkez bankası dijital para sisteminin bankacılık sektörüne etkileri. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 9(2), 54-83.
- Deran, A., Dikmen, B. B., & Özçelik, M. (2021). Blok zinciri teknolojisinin ödeme sistemleri, muhasebe bilgi sistemi ve denetim sürecine etkisi; Kripto varlıkların finansal tablolarla raporlanması. *Erciyes Akademik*, 35(3), 1217. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.957594>
- Doğan, M., & Ertugay, E. (2019). Blokzinciri ve muhasebe alanındaki uygulamaları. *Third Sector Social Economic Review*, 54(4), 1655. <http://dx.doi.org/10.15659/3.sektor-sosyal-ekonomi.19.11.1228>
- Eren, B. S., Ereğ, M., & Akbaba, A. N. B. (2020). Kripto para kavramı ve muhasebeleştirilmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 1341-1364. <https://doi.org/10.15869/itobiad.682655>
- Eşsiz, F. P. (2024). Dijitalleşme ve para politikası: Merkez bankası dijital parası ve finansal istikrar ilişkisi. *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 7(4), 373-383.
- Karyağdı, N. G., & Yolci, M. (2023). Kripto para kavramı ve denetimi. *Turkish Business Journal*, 4(7), 1-13.
- Haigh, T., & Ceruzzi, P.E.(2021). *A new history of modern computing*. MIT Press.
- Huseynli, N. (2024). Dijital finansın temelleri: Blokzincir ve kripto paralar. *Uluslararası Finansal Ekonomi ve Bankacılık Uygulamaları Dergisi*, 5(1), 52-67.

- Islam, M. M. (2024). An auditable, privacy-preserving, transparent unspent transaction output model for blockchain-based central bank digital currency. *IEEE Open Journal of the Computer Society*. <https://doi.org/10.1109/OJCS.2024.3486193>
- Kara, H., Yapan, S., & Mutlu, S. (2023). Merkez bankası dijital para birimlerine global bir bakış açısı. *Sakarya İktisat Dergisi*, 12(3), 370.
- Karaca, H., & Tetik, N. (2023). İç denetimin hileli finansal raporlama üzerine etkisi: Bağımsız denetçiler üzerine bir uygulama. Hiperlink.
- Karahan, Ç., & Tüfekci, A. (2019). Blokzincir teknolojisi ve kamu kurumlarında verilen hizmetlerde blokzincirin kullanım durumu. *Verimlilik Dergisi*, 4(4), 162.
- Karahan, Ç., & Tüfekci, A. (2019). Blokzincir teknolojisinin iç denetim faaliyetlerine etkileri: Fırsatlar ve tehditler. *Denetişim*, 19(1), 56.
- Karyağdı, N. G. (2022). Denetimde teknolojik gelişmelerin denetim sürecine olan etkilerinin akademisyen görüşleriyle incelenmesi. *Denetişim*, 26(Ek Sayı), 13-31.
- Kiesow, A., & Thomas, O. (2016). Digitale transformation der abschlussprüfung, *Die Wirtschaftsprüfung (WPg)*, 69(13), 709-716.
- Kim, H.-J., Mannino, M., & Nieschwietz, R.J. (2009). Information technology acceptance in the internal audit profession: Impact of technology features and complexity. *International Journal of Accounting Information Systems*, 10(4), 214-228.
- Koç, S. (2020). Paranın dijitalleşmesi ve merkez bankası dijital para olasılığı. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 5(2), 196-198.
- Kokina, J., & Davenport, T.H. (2017). The emergence of artificial intelligence: How automation is changing auditing. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*.
- Lamport, L., Shostak, R., & Pease, M. (1982). The Byzantine generals problem. *ACM Trans Program Lang Syst*, 4(3), 382-401.
- Littleton, A. C. (1933). *Accounting evolution to 1900*. New York: American Institute Publishing Company.
- Meier, A., & Störmer, H. (2018). Blockchain = Distributed ledger + Consensus. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*. <https://doi.org/10.1365/s40702-018-00457-7>
- Özdoğan, B., & Turan, Z. (2022). Merkez bankası dijital para birimlerine dijitalleşme ve merkeziyetsizlik çerçevesinden eleştirel bir bakış. *Para, Bankacılık ve Finans Tartışmaları*, 41.
- Özer, Ö., & Umut, İ. E. (2022). Kripto Varlıkların Denetimi: Blok Zincir Teknolojisinin Bağımsız Denetim Sürecine Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 25(Özel Sayı), 536-552.
- Özkul, F., & Baş, E. (2020). Dijital çağın teknolojisi blokzincir ve kripto paralar: Ulusal mevzuat ve uluslararası standartlar çerçevesinde mali yönden değerlendirme. *Muhasebe ve Denetim Bakış*, 20(60), 57.
- Öztürk, N., & Acar, O. (2021). Paranın dönüşümünde yeni bir evre: Merkez bankası dijital parası. *Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 85-104.
- Péter, B. Z., & Kocsis, I. (2022). ZKP tabanlı denetim: Merkez bankası dijital parasını yöneten blokzincir sistemleri için bir uygulama. In 29. Ölçme ve Bilgi Sistemleri Bölümü Mini Sempozyumu Bildirileri (s. 70).
- Rega, I., & Teipel, G. (2016). Digitalisierung in der Wirtschaft und im Berufsstand. *Die Wirtschaftsprüfung*, 69 (1), 39-45.
- Romney, M. B., & Steinbart, P. J. (2018). *Accounting information systems* (14th ed.). Pearson.
- Şafak, E., Arslan, Ç., Gözütok, M., & Köprülü, T. (2021). Dağıtık defter teknolojileri ve uygulama alanları üzerine bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 29(1), 36. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1011289>
- Tekin, M., Öztürk, D., & Bahar, İ. (2020). Akıllı lojistik faaliyetlerinde blokzincir teknolojisi. *Kent Akademisi*, 13(3), 575. <https://doi.org/10.35674/kent.773016>
- Thomas, O., Langhein, J., Kiesow, A., & Osada, S. (2018). Dijital denetimdeki eğilimler. In Degendorfer Forum zur digitalen Datenanalyse e. V. (Ed.), *Dijitalleşen denetim: Veri analizinde yeni dönem* (ss. 65-85). Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG.
- Türkmen, S. Y., & Durbilmez, S. E. (2019). Blockchain teknolojisi ve Türkiye finans sektöründeki durumu. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 32. <https://doi.org/10.29106/fesa.509254>
- Ünkaracalar, T. (2022). Denetim sektörü ile blokzincir teknolojisinin entegrasyonu. *Muhasebe, Finans ve Denetim Alanlarında Yenilikçi Yaklaşımlar*, 76.
- Valacich, J., & Schneider, C. (2022). *Information system today managing the digital world* (5th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Vranken, H. (2017). Bitcoin ve blokzincirlerin sürdürülebilirliği. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28, 2. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.04.011>
- Wang, Y. R., Ma, C. Q., & Ren, Y. S. (2022). A model for CBDC audits based on blockchain technology: Learning from the DCEP. *Research in International Business and Finance*, 63, 1. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2022.101781>
- Yıldırım, E., Afşar, K. E., & Bektaş, R. (2023). Merkez bankası dijital para birimi: Tasarım ve protokol mekanizmaları bağlamında karşılaştırmalı bir analiz. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 16(1), 55-66.
- Yücel, Ö. (2024). Kripto varlıkların vergilendirilmesinin merkezindeki sorun: Anonim mimari. *Maliye Dergisi*, 186, 195-219.