Söke İşletme Fakültesi Dergisi
Yıl: 2025, Cilt: 2 Sayı: 3, ss.24-36

Blokzincir Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hizmet Alanları Üzerine Bir İnceleme

Blockchain Technology and Smart Contracts: A Review on Service Areas

Senanur KÜNKÜL
Yüksek Lisans Öğrencisi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
skunkul23@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-6588-6751
Onur DURUKAL
Dr. Öğr. Üyesi ,Adnan Menderes Üniversitesi
onurdurukal@adu.edu.tr
https://orcid.org/0000-0002-3255-8354

Makale Başvuru Tarihi: 07.06.2025
Makale Kabul Tarihi: 19.06.2025
Makale Türü: Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Blokzincir teknolojisi,

Akıllı sözleşmeler,

Dijital, Teknoloji,

Dijital yönetim,

ÖZET

Bu çalışmada, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin temel kavramlarını ve bu kavramların birbirleriyle ilişkisi incelenmektedir. Çalışma, blokzinciri ve akıllı sözleşmelerin istihdam alanlarında kullanımından kaynaklı yaratan etkilerini derinlemesine analiz ederek incelemeyi amaçlamaktadır Blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz ve şeffaflık sağlama potansiyeli ile finansal sistemler ve diğer dijital alanlarda yenilik yaratmaktadır. Akıllı sözleşmeler ise, blokzincir teknolojisinden yararlanarak taraflar arasında otomatik, güvenli ve hızlı anlaşmalar yapılmasını olanak tanıyan dijital protokollerdir. Çalışmada, blokzincir ve akıllı sözleşmelerin hem bireysel hem de birbirleriyle ilişkili yönlerini detaylandırarak mevcut literatürdeki bilgi birikimine katkı sağlanacaktır. Ayrıca, bu teknolojilerin, Türkiye açısından etik ve pratik açıdan karşılaştığı zorluklar yorumlanacaktır.

Keywords:

Blockchain technology,

Smart contracts,

Digital, Technology,

Digital management,

ABSTRACT

This study examines the fundamental concepts of blockchain technology and smart contracts, as well as the relationship between these concepts. The study aims to deeply analyze the effects created by the use of blockchain and smart contracts in employment sectors. Blockchain technology is fostering innovation in financial systems and other digital domains by providing decentralization and transparency. Smart contracts, leveraging blockchain technology, are digital protocols that enable automatic, secure, and fast agreements between parties. This study will contribute to the existing body of literature by detailing both the individual and interconnected aspects of blockchain and smart contracts. Furthermore, the ethical and practical challenges faced by these technologies in the context of Turkey will be discussed.

Önerilen Alıntı (Suggested Citation): KÜNKÜL, S., DURUKAL, O. (2025), "*Blokzincir Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hizmet Alanları Üzerine Bir İnceleme*", **Söke İşletme Fakültesi Dergisi**, 2(3), ss.24-36.

1. GİRİŞ

21. yüzyılın hızla dijitalleşen dünyasında yenilikçi teknolojiler, yalnızca ekonomik ve ticari faaliyetlere dönüştürmekle kalmayıp, toplumsal yapıları ve günlük yaşam pratiklerini de şekillendirmektedir. Bu bağlamda, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler sundukları potansiyel ve çok yönlü uygulama alanlarıyla dikkat çekmektedir. Blokzincir, merkezi olmayan yapısıyla veri güvenliğini arttıran, işlem süreçlerini şeffaflaştıran ve aracılara olan bağımlılığı azaltan bir altyapı sunarken, akıllı sözleşmeler ise dijital ortamda taraflar arasındaki etkileşimlerin güvenilir ve hızlı bir şekilde gerçekleştirmesini mümkün kılmaktadır.

Blokzincir teknolojisinin ortaya çıkışı dijital para birimi olan Bitcoin'in temellerinin atıldığı 2008 yılına dayansa da bu teknoloji zamanla finans sektörünün ötesine geçerek çok çeşitli alanlarda uygulanabilir bir çözüm haline gelmiştir. Öte yandan akıllı sözleşmeler, blokzincir altyapısının sunduğu güvenlik ve esneklik avantajları üzerine inşa edilerek, özellikle hukuk, lojistik ve tedarik zinciri yöntemi gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, her iki teknolojinin birbirine bağlı ve aynı zamanda bağımsız olarak gelişen yapısı nedeniyle kavramsal, tarihsel ve işlevsel yönlerinin ayrı ayrı ele alınarak incelenmesi gerekmektedir.

Bu makale, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeleri ayrı başlıklar altında ele alarak her iki konunun kavramsal temellerini, tarihsel gelişim süreçlerini, teknik özelliklerini ve kullanım alanlarını kapsamlı bir şekilde incelemektedir. İlk olarak, blokzincir teknolojisinin tarihsel arka planı, işleyiş mekanizmaları ve sağladığı avantajlar ile karşı karşıya olduğu zorluklar ele alınmaktadır. Daha sonra, akıllı sözleşmelerin teknik altyapısı, işlevsel özellikleri ve mevcut uygulama alanları değerlendirilerek bu yenilikçi teknolojinin toplumsal ve hukuki etkileri incelenmektedir.

Çalışmanın amacı, blokzincir ve akıllı sözleşmelerin hem bireysel hem de birbirleriyle ilişkili yönlerini detaylandırarak mevcut literatürdeki bilgi birikimine katkı sağlamaktadır. Özellikle bu teknolojilerin olumlu ve olumsuz yönlerine ilişkin kapsamlı bir analiz sunulması, gelecekteki çalışmalara ışık tutmayı hedeflemektedir. Makale, okuyuculara her iki teknolojinin potansiyelini ve sınırlarını daha iyi anlama fırsatı sunarken, aynı zamanda bu yeniliklerin günümüz dünyasına nasıl konumlandığını tartışmayı amaçlamaktadır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Blokzincir Teknolojisi Kavramı

Blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz, şeffaf, güvenilir ve taraflarca yetki verilmesi durumunda işlemlerin onaylandığı dağıtık bir kayıt sistemidir. (Akcagündüz,2021:3). Diğer bir tanıma göre; blokzincir teknolojisi, günümüzde küresel sistemde kabul görmüş bir kavram olarak, yalnızca veri transferleriyle sınırlı kalmayıp, değer taşıyan tüm varlıkların hareketini mümkün kılan dağıtık bir veri tabanı yapısıdır. Bu teknoloji, merkezi güven sistemlerine dayalı riskleri ortadan kaldırarak, güven yapısının merkezden dağıtılmış bir modele dönüştürülmesi ile dikkat çekmektedir. Özellikle hayati bilgiler ile varlıkların güvenli bir şekilde transfer edilmesini sağlayan blokzincir, merkezi olmayan bir şifreleme tabanlı kayıt defteri niteliği taşımaktadır (Arslaner,2021:22). Blokzincir teknolojisinin genel çıkış noktası ve tanımı olarak; 2008 yılında gerçek kimliği hala bilinmeyen ve Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişi veya bir grup tarafından geliştirilen bir yapı olarak ortaya çıkmıştır. İlk olarak Nakamoto'nun dijital para birimi olan Bitcoin'in altyapısını oluşturmak amacıyla geliştirilmiş ve bu teknoloji, "Eşler Arası Elektronik Nakit Sistemi" başlıklı 9 sayfalık bir makale ile Ekim 2008' de tanıtılmıştır. Blokzincir teknolojisinin manifestosu olarak değerlendirilen bu makalede, bilgilerin birbirini tanımayan taraflar arasında dağıtık bir çevrim içi kayıt defteri aracılığıyla güvenilir bir şekilde paylaşıldığı vurgulanmaktadır. Sistemin temel özelliği, tüm katılımcıların çevrim içi dağıtık kayıt defterinin birer kopyasına sahip olması ve bu kopyaların merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli bir şekilde çalışabilmesidir. Bu çevrim içi mutabakat modeli, blokzincir felsefesinin temellerini oluşturan adem-i merkeziyetçi (dağıtık) yapının temel taşını oluşturmaktadır (Urmak,2022:274). Blokzincir, Bitcoin başta olmak üzere çeşitli kripto para birimlerinin temel teknolojisi olarak tanımlanmakta ve merkeziyetsiz yapısıyla güvenilir dijital kayıt tutma ihtiyacına çözüm sunmaktadır. Katılımcılar arasında tam güvenin sağlanamadığı ağ ortamlarında, blokzincir farklı kriptografik protokollerden yararlanarak verilerin şifrelenmiş bloklar hâlinde dağıtık sistemler üzerinde güvenli biçimde işlenmesini mümkün kılar (Taherdoost, 2023)

2.1.1. Blokzincir Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

Blokzincir teknolojisinin kökeni, *"Distributed Ledger"* olarak adlandırılan ve dağıtık yapıda kayıt tutmayı esas alan teknolojiye dayanmaktadır. Bu alandaki ilk bilimsel çalışma, 1976 yılında yayımlanan *"Kriptografide Yeni Yönler"* adlı makaledir. Kriptografi alanındaki gelişmelere paralel olarak güçlü şifreleme yöntemlerinin geliştirilmesi bu süreci ilerletmiştir. 1991 yılında Stuart Haber ve Scott Stornetta'nın kaleme aldığı *"Dijital Dokümanlar Üzerine Zaman Damgalama Nasıl Yapılır?"* başlıklı çalışmada, veriler üzerine zaman kodlarının nasıl ekleneceği detaylı bir şekilde incelenmiştir. 1995 yılında David Chaum'un çalışmalarında finansal ödemeler için önerdiği yeni model dikkat çekmiştir. Bu model, *"Elektronik Nakit"* veya *"Dijital Para Birimi"* kavramlarını içererek çift harcama tespiti yapan protokolleri ile blokzincir teknolojisinin gelişimine önemli bir katkı sağlamıştır. 1997 yılında ise Adam Back, spam e-postaları engellemeye yönelik bir çözüm olan *"Hashcash"* konseptini tanıtmıştır. Hashcash'in geliştirilmesi, Wei Dai tarafından *"B-Para"* olarak adlandırılan ve eşler arası ağ tabanlı bir para yaratma sisteminin temelini oluşturmuştur. Tüm bu gelişmeler 2008 yılındaki ekonomik krizin etkileriyle yayımlanan bir makale ile yeni bir boyut kazanmıştır. Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişi veya grup aynı yıl *"Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Nakit Ödeme Sistemi"* adlı başlıklı bir makale yayımlamıştır. Söz konusu çalışmada dijital kopyalamanın zor olduğu merkezi bir otoriteye ya da güven ilişkisine dayanmayan bir para transferi sistemi önerilmiştir. 2009 yılının başında Nakamoto'nun önerdiği bitcoin sistemi için ilk açık kaynaklı yazılım yayımlanmış ve böylelikle ilk bitcoin ağı hayata geçirilmiştir. Bu gelişmeler blokzincir teknolojisinin tarihsel ilerleyişini ortaya koymakta ve günümüzdeki önemini anlamak için temel bir çerçeve sunmaktadır. (Sarmah, 2018; Aktaran Akcagündüz,2021:6-7).

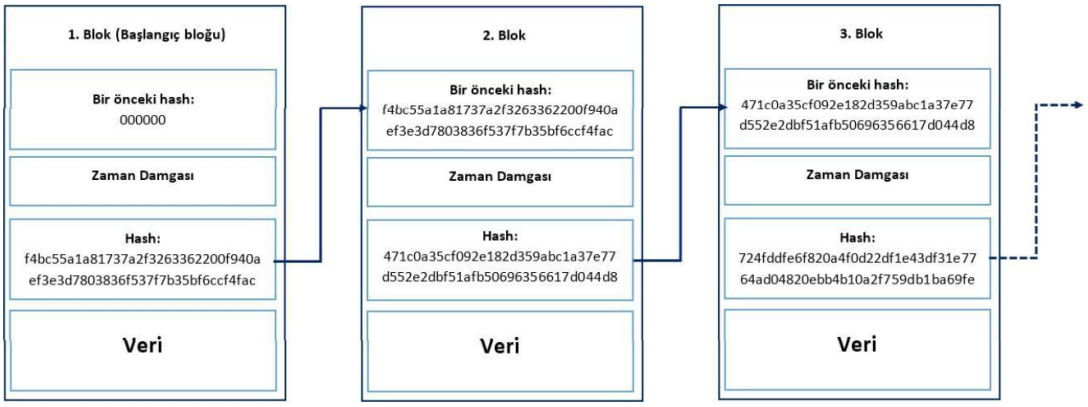
Blokzincir teknolojisinin gelişim süreci, çeşitli akademik çalışmalarda kuşaklar üzerinden sınıflandırılarak açıklanmış ve her kuşağın getirdiği yeniliklerin teknolojinin kapsamını nasıl genişlettiği ortaya konmuştur. Blokzincir teknolojisi, ilk olarak Bitcoin'in dijital para altyapısı olarak geliştirilmiş, ancak zamanla sadece finansal işlemlerle sınırlı kalmayıp çok daha geniş alanlarda dönüşüm yaratan bir yapıya evrilmiştir. İlk kuşakta kripto para işlemlerinin etkinliğini artırma amacı güdülürken, geliştiriciler bu teknolojinin potansiyelini fark ederek ikinci kuşakta Ethereum ile birlikte merkeziyetsiz uygulamalar ve akıllı sözleşmelerin önünü açmıştır. Üçüncü kuşakta teknik sınırlamaların aşılması, alternatif konsensüs algoritmalarının geliştirilmesi ve IOTA, DLT, COTI gibi kavramlarla daha kapsamlı çözümler üretilmesi dikkat çekerken, dördüncü kuşak ise blokzinciri modern iş dünyasının merkezine entegre ederek otomasyon, tedarik zinciri, sağlık ve finans gibi sektörlerde güvenlik ve verimlilik odaklı uygulamaların önünü açmıştır. Bu gelişmelerle birlikte kriptografi, blokzincir altyapısının vazgeçilmez bir bileşeni hâline gelmiş; simetrik/asimetrik şifreleme, dijital imza, gizli paylaşım protokolleri ve çoklu imza sistemleri gibi çeşitli tekniklerle veri güvenliği sağlanmıştır. Ayrıca kuantum imzalar, steganografi ve gizli anahtar paylaşımına dayalı yeni nesil çözümler geliştirilmiş; buna rağmen yüksek maliyet, sınırlı tehdit algısı ve erişim zorlukları gibi bazı yapısal sorunlar da varlığını sürdürmektedir (Anwar, Khan, Mat Kiah, Abdullah, & Goh, 2022: 880-881).

2.1.2. Blokzincir Teknolojisinin Çalışma Sistemi

Blokzincir teknolojisi, verilerin sıralı bir şekilde depolandığı ve her bir verinin kendine ait bir kimlik yani hash kodu ile güvence altına alındığı bir yapıdır. Her bir blok kendi hash kodunu taşıyarak bir önceki bloğun hash kodunu referans alır. Bu sayede her bir blok, zincirin geri kalan kısmıyla sıkı bir şekilde ilişkilidir. Bloklar sırasıyla birbirlerine eklenerek bir zincir oluşturur ve her bir bloğun eklenmesi verilerin değiştirilmezliğini garantiler. Blokzincir yapısında her bloğun içinde bir zaman damgası da bulunur. Bu zaman damgası o bloğa girilen verilerin kaydedildiği anı işaret eder. Böylece her bir bloğun içeriği ve verinin geçerliliği zaman açısından izlenebilir hale gelir.

Blokzincir ağındaki her yeni blok, önceki bloğun hash kodunu içermesi nedeniyle geriye dönük değişikliklerin yapılmasını imkansız hale getirir. Bu, verilerin güvenliğini ve bütünlüğünü sağlamak adına önemli bir özelliktir. Yeni bir bloklar eklendikçe, zincir yapısı güçlenir ve sistemin güvenilirliği artar. Ayrıca, bloklar arası geçişte her bir blok kendine özgü hash kodu taşıdığı için, bu yapının değiştirilmesi üçüncü şahıslar tarafından mümkün hale gelmez.

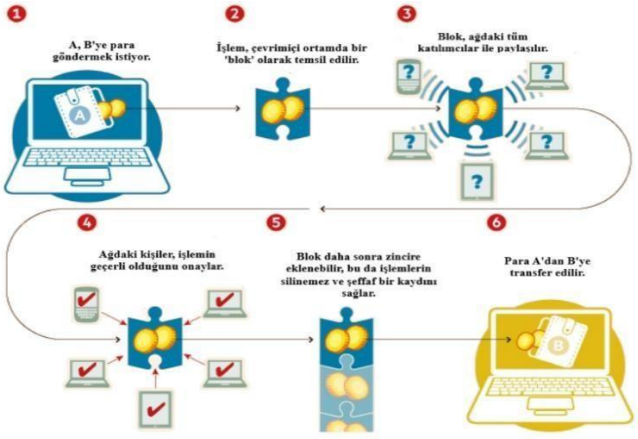
Şekil 1. Blokzincir Tekonolojisinin Bloklar Arası Dizilişi



Kaynak: Bozkurt ve Uçar (2018).

Blokzincir yapısında eğer bloklar arasında herhangi bir değişiklik yapılmaya çalışılırsa, bu durumda bloklar arasındaki bağlantı bozulur. Her bloğun kendine ait bir hash kodu ve bir önceki bloğun hash kodunu içermesi bu bağlılıkları sağlamaktadır. Eğer verilerde bir değişiklik yapılırsa sadece o bloğun hiç hash kodu değil, aynı zamanda tüm zincirin bütünlüğü bozulur. Çünkü her yeni blok bir önceki bloğun hash kodunu taşıyarak bir zincir oluşturur. Bu zincir yapısı herhangi bir değişikliğin fark edilmesine olanak sağlamasıyla bloklar arasında güvenli bağı zedeleyerek sistemin işleyişini imkansız hale getirir. Bu özellik blokzincirin güvenliğini sağlayan önemli bir mekanizmadır. Özetle blokzincir teknolojisi verilerin güvenli bir şekilde saklanmasını ve doğrulanmasını sağlar. Her bir bloğun kendine özgü bir kimliği ve zaman damgası bulunması, verilerin kaydedildiği tarih ve saati belirlerken, bloklar arasındaki bağlılık ve güvenlik sistemin değiştirilmezliğini garanti eder. Bu özellikleri sayesinde blokzincir, birçok sektörde veri güvenliği ve şeffaflık sağlamak için güçlü bir araç olarak kullanılır.

Şekil 2. Blokzincir Teknolojisinin Çalışma Sistemi



Kaynak: Financial Times, https://www.ft.com/content/eb1f8256-7b4b-11e5-a1fe-567b37f80b64 (23.12.2024).

Blokzincir teknolojisi, Şekil 2'de gösterildiği üzere sınırlı ya da sınırsız sayıda eşten eşe (P2P) ağındaki katılımcıların yeni işlemleri sisteme dahil etmeleri, işlem bloklarını doğrulamaları ve daha önce onaylanmış işlemlerle oluşturulan yeni blokların zincire eklenmesi süreciyle çalışmaktadır. Bu durum blokzincir teknolojisi çalışma sisteminin bu şekilde devam etmesini sağlar (Türkmen & Durbilmez, 2019).

2.1.3. Blokzincir Teknolojisinin Türleri

Blokzincir teknolojisi 3 ana türe ayrılmaktadır. Genel, özel ve konsorsiyum blokzincirleridir. Bu türler farklı kullanım alanları ve erişim düzeylerine göre birbirinden ayrılır ve her biri kendi özelliklerine ve avantajlarına sahip olur.

- **Genel (Public) Blokzinciri:** Genel blokzincirleri, çok sayıda bağımsız kullanıcıya veya farklı kurumlara katılım, işlem yapma ve madencilik faaliyetlerinde bulunma imkanı sunan açık sistemlerdir. Bu tür blokzincirinde katılım için herhangi bir kısıtlama bulunmaz ve bu nedenle bunlar izin gerektirmeyen blokzincirleri olarak tanımlanabilirler. Bu tür blokzincirler tamamen şeffaf olup özel doğrulama düğümlerine sahip değildir. Herhangi bir kullanıcı, sistemin tüm verilerini indirip madencilik yapmaya başlayabilir. Bu durum ağda çok sayıda aktif kopyanın bulunmasını sağlar ve dolayısıyla güvenliği ve tutarlılığı düşüktür. Ancak bu tür dağıtık ağlarda kontrol mekanizmalarının eksikliği ve veri boyutunun büyümesiyle birlikte uzlaşma protokollerine önemli bir yük getirmektedir. Bu türe örnek olarak Bitcoin veya Ethereum gibi örnekler verilebilir (Durukal ve Öztürk, 2019; Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019; Akcagündüz, 2021).
- **Özel (Private) Blokzinciri:** Özel blokzincirleri, yalnızca belirli bir organizasyon veya grup üyeleri arasında veri paylaşımı ve alışverişine olanak tanıyan kapalı sistemlerdir. Bu tür blokzincirlerinde sisteme yalnızca yetkilendirilmiş kişiler erişebilmesiyle izinli blokzincirler olarak da adlandırılabilirler. Ağa katılım ve erişim yalnızca ağı yöneten grup tarafından belirlenen kurallara göre sağlanır. Bu durum ise ağda çok sayıda aktif madencinin olmamasından kaynaklı, katılımcı sayısı az ve dolayısıyla güvenliği ve tutarlılığı da yüksektir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019; Akcagündüz, 2021)**.**
- **Konsorsiyum Blokzinciri:** Konsorsiyum blokzinciri, blok doğrulama ve uzlaşma süreçlerinde tek bir organizasyon yerine, belirli bir grup düğüm tarafından karar verilen yarı özel ve izinli bir blokzinciri türüdür. Bu sistemde, kimlerin ağa katılacağı ve kimlerin madencilik yapabileceği ağdaki yetkili düğümler tarafından belirlenir. Blok doğrulama işlemi, yalnızca yetkilendirilmiş düğümler tarafından onaylanan blokların geçerli sayıldığı çoklu imza yöntemleriyle yapılır. Ayrıca, ağın erişilebilirliğine ve ağ üyelerinin veri okuma-yazma haklarına, konsorsiyumun belirlediği kurallar doğrultusunda karar verilir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019).

Tablo 1. Blokzincir Teknolojisi Türlerinin Karşılaştırılması

Karşılaştırılan Faktörler	Açık Blokzincir	Özel Blokzincir	Konsorsiyum Blokzincir
Uzlaşma Sağlayıcılar	Tüm Madenciler	Seçilmiş Kişiler	Bir Grup ya da Organizasyon
Okuma İzinleri	Açık	Açık veya İzinli	Açık veya İzinli
Verimlilik	Düşük	Yüksek	Yüksek
Merkeziyetçilik	Yok	Kısmen	Var
Uzlaşma İşlemlerine Katılım	İzinsiz	İzinli	İzinli

Kaynak: Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019:206; Akcagündüz, 2021:10

2.1.4. Blokzincir Teknolojisinin Özellikleri

Blokzincir teknolojisi, ortaya çıktığı andan itibaren sahip olduğu çeşitli özellikler sayesinde büyük bir ilgi görmüştür. Bu özellikle şu şekilde sıralanabilinir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019:206; Akcagündüz, 2021:10)

- Kriptografik şifreleme teknikleriyle güvenliği üst düzeye çıkarması
- Merkeziyetsiz bir yapı sunarak herhangi bir otoriteye bağlı kalmadan işlem yapılabilmesine olanak tanıması
- Bloklarda yer alan verilerin kaybolmasına veya tahrip edilmesine izin verilmemesi
- Geleneksel veri depolama ve transfer yöntemlerine göre daha hızlı ve maliyet açısından daha avantajlı olması
- Yalnızca tarafların kontrol edebildiği şeffaf bir sistem sunması.
- Ağdaki paydaşların sürece katılımına olanak tanıması.

Şekil 3. Blokzincir Teknolojisinin Temel Özellikleri

Kaynak: Hackius ve Petersen, 2017:5; Deniz, 2021:100.

Bu özellikler blokzincir teknolojisinin kullanım alanlarını giderek genişletmiş ve özellikle Ethereum'un sunduğu akıllı sözleşme özelliği sayesinde pek çok sektörde etkili bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Blokzincir teknolojisi sahip olduğu bu yenilikçi özelliklerle günümüzün dijital dünyasında önemli bir yer edinmiştir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019:206; Akcagündüz, 2021:10)

2.1.5. Blokzincir Teknolojisinin Kullanım Alanları

Blokzincir teknolojisi, sahip olduğu yenilikçi yapısıyla çok sayıda farklı alanda kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Mevcut yapılar dikkate alındığında blokzincir teknolojisinin kullanılabileceği başlıca alanlar şu şekilde sıralanabilir (Özalp, 2018:5-6).

- Cüzdan yönetimi ve hesap işlemleri,
- Dijital para transferleri (Örneğin; Bitcoin, Litecoin, Ether),
- Kimlik doğrulama ve dijital kimlik uygulamaları,
- Ülkeler arası para transferleri ve ödeme sistemleri,
- Kayıt tutma ve saklama işlemleri,
- Dijital dosyaların (Kitap, fotoğraf, şarkı, eser, patent) yönetimi,
- Akıllı sözleşmelerin yürütülmesi,
- Belge, kıymet, menşe ve işlem doğrulama süreçleri,
- Şifreleme ve güvenlik uygulamaları,
- Taşınır ve taşınmaz mülkiyet işlemleri,
- E-devlet hizmetleri ve kamu yönetimi uygulamaları,
- Oylama süreçleri ve demokratik katılım işlemleri,
- İnsan kaynakları, tedarik zinciri ve denetim süreçleri,
- İthalat, ihracat ve ticari faaliyetlerin yönetimi,
- Finansal hizmetler, kredi işlemleri ve kitlesel fonlama uygulamaları,
- Sigorta, tapu kayıtları, telif haklarının takibi,
- Askeri emir-komuta zincirleri gibi kritik süreçlerin yönetimi,
- Kentsel ve çevresel alanda kullanımı,
- Eğitimde ve sağlık yönetimi,
- Kritik veya operasyonel yönetim ve üretimde kullanımı,
- Pazarlamada kullanımı,
- Müşteri ilişkileri ve yönetiminde kullanımı.

Blokzincir teknolojisi, yukarıda belirtilen alanlarla sınırlı kalmayıp, zaman içinde daha fazla sektöre entegre olabilecek bir yapıya sahiptir. Örneğin, noter hizmetlerinden, sağlık kayıtlarının dijitalleşmesine kadar birçok yeni kullanım alanını geliştirmesi mümkündür. Sahip olduğu şeffaflık, güvenlik ve merkeziyetsizlik gibi temel özellikleri sayesinde blokzincir, hem bireysel hem de kurumsal düzeyde yenilikçi çözümler sunarak, çeşitli sektörlerde dönüşüm yaratmaktadır. Bu özellikler dikkate alındığında blokzincirin, yalnızca dijital para birimlerinde değil aynı zamanda çok daha geniş bir yelpazede işlevsel bir teknoloji olarak değerlendirildiği görülmektedir (Özalp, 2018:5-6).

2.1.6. Blokzincir Teknolojisinin Olumlu-Olumsuz Yanları

a. Olumlu Yanları

Blokzincir, merkeziyetsiz yapısı sayesinde işlem maliyetlerini düşürerek, aracıları ortadan kaldırır ve finansal işlemlerle uluslararası para transferlerinde tasarruf sağlar. Verilerin birden fazla kopyada saklanması, güvenliği artırarak tek bir hata durumunda sistemin tümünün etkilenmesini engeller. Bu özellik, özellikle sağlık gibi hassas alanlarda önemlidir. Blokzincir, şifreleme ve doğrulama süreçleriyle güvenli bir altyapı sunarak, veri değişikliklerini tespit edip engeller. Bu sayede finansal veriler gibi kritik bilgiler güvenli hale gelir. Şeffaflık özelliği ise her işlemin doğrulanmasını sağlar, bu da işlem süreçlerinin güvenliğini artırır ve denetlenebilir olmasını sağlar. E-ticaret gibi platformlarda, şeffaf işlemler müşteri güvenini artırır ve dolandırıcılık faaliyetlerini engeller (Durukal ve Öztürk, 2019:455).

b. Olumsuz Yanları

Blokzincir ağındaki veri miktarının artması, büyük depolama alanı gereksinimi doğurur. Bu, ağ büyüdükçe önemli bir sorun olabilir; ancak bulut teknolojilerinin gelişmesiyle çözülmesi beklenmektedir. Açık kaynaklı sistem olması nedeniyle, herkes veri ekleyebilir ve bu durum veri kalitesini riske atabilir. Özellikle hassas verilerin doğruluğu büyük önem taşır. Blokzincirin değişmezliği özelliği, eski verilerin güncellenmesini zorlaştırabilir, ancak eski ve yanlış verinin yerine doğrusunun zincire dahil edilmesiyle bu sorun aşılabilir. Teknoloji açık kaynaklı olduğu için, başlangıçta kullanımda zorluklar yaşanabilir, ancak yazılımlar geliştikçe kullanım daha yaygın hale gelecektir. Etik ve ahlaki sorunlar, anonimlik ve merkeziyetsizlik sunduğundan suç faaliyetlerini kolaylaştırabilir ve hukuki belirsizlikler yaratabilir. Bu sorunlar, etik standartlar ve hukuki düzenlemelerle çözüme kavuşturulmalıdır (Durukal ve Öztürk, 2019:455).

İlgili çalışmada blokzincir teknolojisinin karşılaştığı başlıca sorunlar çok yönlü bir yaklaşımla ele alınmıştır. Blokzincir teknolojisi, son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, küresel ölçekte benimsenmesini zorlaştıran bir dizi yapısal ve teknik sorunla karşı karşıyadır. En temel sorunlardan biri, saniyede işleyebildiği sınırlı işlem sayısı nedeniyle büyük ölçekli kullanım senaryolarında yetersiz kalmasıdır. Ölçeklenebilirlik problemini aşmak için çeşitli teknik çözümler geliştirilmiş olsa da, bu yöntemlerin tümü sistem üzerindeki gecikmeleri, veri yayılma sürelerini ve işlem maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, özellikle iş kanıtı (Proof of Work) yöntemine dayanan sistemlerde madencilik süreçleri yoğun enerji tüketimine yol açmakta ve çevresel sürdürülebilirlik açısından eleştirilmektedir. Güvenlik alanında ise, blokzincir sistemlerinin siber saldırılarla sık sık hedef alınması, milyonlarca dolarlık kayıplara ve bazı platformların kapanmasına neden olmuştur. Bu sorunların yanında, teknolojinin henüz pek çok ülkede yasal olarak tanınmaması, net bir düzenleyici çerçevenin bulunmaması ve yüksek kurulum maliyetleri gibi faktörler de yaygın kullanımın önündeki başlıca engeller arasında yer almaktadır (Tripathi, Ahad, & Casalino, 2023).

Tablo 2. Blokzincir Teknolojisinin Olumlu ve Olumsuz Yanları

1. OLUMLU YANLARI	2. OLUMSUZ YANLARI
Düşük Maliyetler: Merkezi olmayan yapı ile aracıları ortadan kaldırır ve işlem maliyetlerini düşürür.	**Depolama Sorunu:** Çok fazla veri üretilmesi nedeniyle zamanla depolama sorunu ortaya çıkabilir. Bu bulut teknolojileriyle çözülebilir.
Veri Bütünlüğü: Veriler birden fazla yerde saklandığından tek bir hata tüm ağı etkilemez.	**Veri Kalitesi:** Herkes tarafından veri üretimi yapılabildiği için veri kaynağının belirsiz olması, veri kalitesinde sorunlar yaratabilir.
Güvenilirlik ve Değişmezlik: Blokzincirinin şifreleme sistemi, güvenli bir ağ yapısı oluşturur.	**Değişmezlik Sorunu:** Blokzincir üzerindeki veriler değiştirilemez ancak yeni bloklar eklenerek bu durum aşılabilir.
Şeffaflık: Tüm işlemler doğrulanarak şeffaflık sağlanır. Bu işlem güvenliğini arttırır ve kullanıcı güvenini kazanır**.**	**Uygulama Zorlukları:** Blokzincir açık kaynaklı bir teknoloji olduğu için her platformda kullanılabilir değildir. Yazılım geliştikçe bu sorun çözülür.

Kaynak: Durukal ve Öztürk, 2019:455.

2.2. Akıllı Sözleşmeler Kavramı

Blokzincir teknolojisi, sektörel sınırlar olmaksızın birçok alanda yenilikçi çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojinin en dikkat çeken kullanım alanlarından biri paydaşlar arasında dijital sözleşmelerin tanımlanmasını ve uygulanmasını mümkün kılan akıllı sözleşmelerdir. Blokzincir üzerinde oluşturulan bu sözleşmeler, taraflar arasında belirlenen koşulların sağlanması durumunda işlemleri otomatik olarak gerçekleştirecek teknolojik bilgi sistemi olan bir altyapıya sahiptir (Ünsal & Kocaoğlu, 2018).

Gelişen teknolojiyle birlikte bilgi sistemleri hemen her alanda yaygın şekilde kullanılmaya başlanmış ve bu alanları dönüştürerek yeni teknolojilerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Aktif ekranlar aracılığıyla bilgiye erişimin yalnızca bir dokunuş kadar kolay hale gelmesi, doğru bilgiye ulaşmanın önemini giderek artırmıştır. Ancak bilgi yoğunluğunun yüksek olduğu günümüzde, ulaşılan her bilginin doğru olması mümkün değildir. Bu nedenle bilgilerin doğruluğunu sağlamak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de yukarıda bahsedildiği üzere akıllı sözleşmelerdir. Akıllı sözleşmeler, işleyişi bakımından bir kayıt defteriyle benzerlik göstermektedir. Tıpkı bir bakkalın veresiye defterinde olduğu gibi, akıllı sözleşmelerde gerçekleştirilen tüm işlemler yetkisiz müdahalelere karşı korunarak kayıt altına alınmaktadır. Bu sayede akıllı sözleşmelerde saklanan bilgilerin güvenilirliği ve doğruluğu sağlanmaktadır (Durdu & Gökçe,2022:45).

Akıllı sözleşme kavramı ilk kez 1993 yılında hukukçu bilgisayar bilimci ve kriptografi uzmanı Nick Szabo tarafından ortaya atılmıştır. Szabo, takip eden yıllarda yayımladığı çeşitli çalışmalarda akıllı sözleşmeleri, tarafların yerine getirmesi gereken taahhütlerin ve bu taahhütleri gerçekleştirme sürecinde izlenecek protokolün dijital bir biçimde tanımladığı yapılar olarak tanımlamıştır. Daha sonra ise bu sözleşmeleri, sözleşme koşullarının yerine getirilmesi ve uygulanmasının herhangi bir insan müdahalesine gerek kalmaksızın tamamen otomatik olarak gerçekleştiği dijital ve hesaplanabilir yapılar şeklinde tanımlamıştır. Szabo, akıllı sözleşmelerin işleyişini açıklamak için çalışma prensibi bakımından satış makinelerine yani otomatlara atıfta bulunmuştur. Bu örneğe göre, bir alıcı, satış makinesinden bir ürün almak için para yatırdığında, makine önce doğru tutarın ödenip ödenmediğini kontrol eder ve doğru ödeme yapıldığı takdirde istenen ürünü teslim eder. Akıllı sözleşmelerde benzer şekilde, belirli bir şartın yerine getirilmesine bağlı olarak eğer şart doğruysa bunu gerçekleştir komutuyla çalışır. Örneğin, ödeme işlemi tamamlandığında otomat ürünü teslim eder ve işlem tamamlandıktan sonra paranın geri alınması ya da işlem sürecinin yarıda kesilmesi mümkün değildir (Çubukçu, 2020; Aktaran, Durdu & Gökçe,2022:45).

Özellikle Bitcoin'in Betik dili ile tanımlanan yapısı bu tür sözleşmelerin ilk örneklerini ortaya koymuştur. 2014 yılında tanıtılan Ethereum platformu, "*Blokzincir 2.0*" olarak adlandırılan gelişmiş bir altyapı sunarak akıllı sözleşmeler için daha geniş bir uygulama alanı sağlamıştır. Ethereum, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan, dijital sözleşmelerin tanımlanmasını, izlenmesini ve koşulların yerine getirilmesiyle işlemlerin otomatik olarak tamamlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu yönüyle akıllı sözleşmeler, blokzincir teknolojisinin en heyecan verici uygulama alanlarından biri olarak kabul edilmektedir (Ünsal & Kocaoğlu, 2018). Diğer bir ifadeyle akıllı sözleşmeler, bir işlemin tamamlanabilmesi için gerekli koşulları otomatik olarak doğrulayan ve bu koşullar sağlandığında işlemi kendiliğinden gerçekleştiren bilgisayar programlarıdır (Şenkayas,2021:199).

Blokzincir teknolojisi üzerinde geliştirilen en dikkat çekici yeniliklerden biri olan akıllı sözleşmeler, dijital işlem protokolü fikrinden evrilerek, taraflar arasında aracıya ihtiyaç duymadan otomatik, şeffaf ve güvenli anlaşmaların gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Gerçek dünyadaki sözleşme hükümlerini dijital kodlara dönüştüren bu yapılar, yasal bağlayıcılığı bulunan geleneksel sözleşmelere işlevsel bir alternatif sunmakta; işlem risklerini azaltma, idari yükleri hafifletme ve kurumsal verimliliği artırma gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Günümüzde birçok sektörde, mevcut işlem mekanizmalarının yerini alabilecek potansiyele sahip olmaları nedeniyle, akıllı sözleşmelere yönelik ilgi giderek artmaktadır (Taherdoost, 2023).

2.2.1. Akıllı Sözleşmelerin Tarihsel Gelişimi

Akıllı sözleşme kavramı, ilk olarak 1993 yılında başında Nick Szabo tarafından tanımlanmıştır. Szabo, akıllı sözleşmeleri *"Tarafların vaatlerini yerine getiren dijital formdaki protokoller"* olarak ifade etmiştir. Bu tanım, sözleşmelerin dijital ortamda uygulanmasını mümkün kılan bir yenilik olarak ortaya çıkmıştır. Akıllı sözleşme kavramı, başlangıçta Stanford Dijital Kütüphane projesi kapsamında geliştirilen The Stanford Infobus sisteminin hak yönetimi katmanında, nesnelerin tanımlanması için kullanılmıştır. Bu, akıllı sözleşmelerin ilk kullanım alanlarından biri olarak dikkat çekmektedir (Türkiye Bilişim Vakfı [TBV], 2021, 6).

Blokzincir teknolojisi ise ilk kez 2009 yılında Bitcoin ile hayatımıza girmiştir. Bitcoin, eşler arası aracısız bir elektronik para olarak bu teknolojinin ilk uygulama alanını oluşturmuştur. Ancak, akıllı sözleşmelerin bir blokzincir üzerinde pratik anlamda ilk kez kullanılması, 2015 yılında Ethereum protokolüyle gerçekleşmiştir. Ethereum, akıllı sözleşmeleri çalıştırabilecek şekilde tasarlanmış bir protokol olarak öne çıkmıştır. Bu protokolün temel yeniliği Ethereum Virtual Machine (EVM) adı verilen ve Ethereum ağındaki tüm düğümlerde çalışan bir dağıtık, sanal bilgisayarın geliştirilmesidir. EVM, kullanıcıların kodladığı akıllı sözleşmeleri çalıştırma yeteneğine sahip olmasıyla akıllı sözleşme uygulamaların yaygınlaşmasını sağlamıştır (Türkiye Bilişim Vakfı [TBV], 2021, 6).

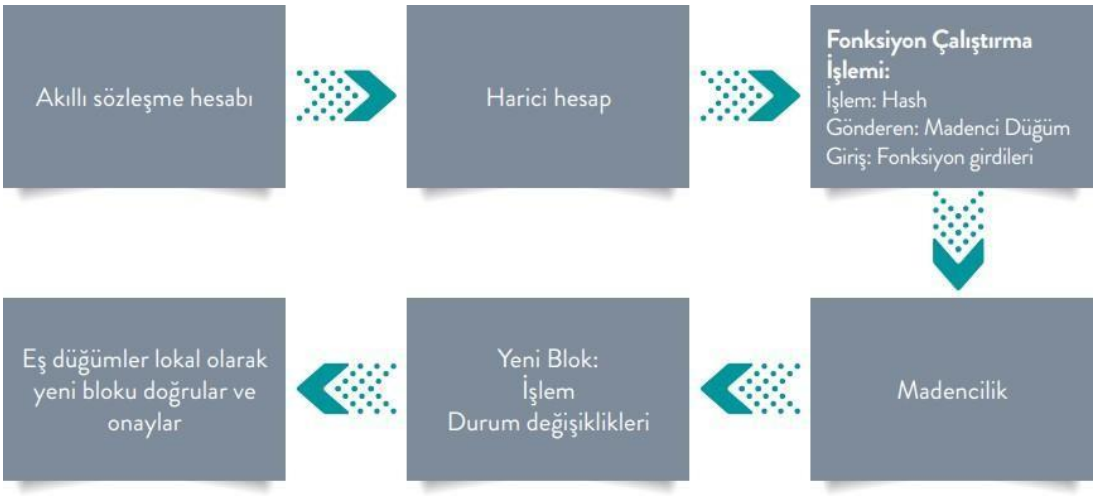
Günümüzde akıllı sözleşmeleri çalıştırabilen onlarca blokzincir protokolü bulunmaktadır. Bu protokoller üzerinde çalışan on binlerce akıllı sözleşme, teknolojinin ne kadar geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu göstermektedir. Akıllı sözleşmeler, yalnızca finansal işlemler değil aynı zamanda birçok farklı sektördeki süreçlerin otomasyonu ve güvenliğini sağlama konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu gelişim akıllı sözleşmelerin teknoloji dünyasında ne kadar önemli bir yenilik olduğunu bir kez daha ortaya koymaktadır (Türkiye Bilişim Vakfı [TBV], 2021, 6).

2.2.2. Akıllı Sözleşmelerin Çalışma Sistemi

Ethereum ağında, kullanıcılar ve akıllı sözleşmeler birbirleriyle iletişim kurmak için, ağdaki kimliklerini temsil eden alfa-sayısal adreslerden faydalanır. Akıllı sözleşmelerdeki işlevlerle etkileşim sağlamak için, kullanıcılar veya diğer akıllı sözleşmeler tarafından bu işlevlere istek gönderilmesi gereklidir. Gönderilen isteğin ardından gerçekleşen işlem adımları, aşağıdaki tabloda detaylandırılmıştır (Türkiye Bilişim Vakfı [TBV], 2021, 8). Şekil 4'te gösterilen akıllı sözleşmelerin çalışma sisteminde, harici bir hesaptan akıllı sözleşme adresine gönderilen çağrı ile sözleşme fonksiyonları tetiklenmekte ve işlem başlatılmaktadır. Bu işlem, blokzincir ağına kaydedilebilmesi için madencilik (mining) adı verilen doğrulama sürecinden geçmektedir. Madencilik, donanım ve yazılımların birlikte kullanıldığı; karmaşık matematiksel problemlerin çözülerek işlemlerin doğruluğunun sağlandığı ve bu işlemlerin blokzincire kalıcı şekilde kaydedildiği kritik bir aşamadır. Bu süreç sonucunda, ağa katkı sunan kullanıcılar sistem tarafından kripto para ile ödüllendirilir. Mete Tevetoğlu'nun (2021) ifade ettiği üzere, Ethereum ve Bitcoin blokzincirleri arasındaki temel farklardan biri, madencilik altyapılarında kullanılan algoritmalar ve mutabakat mekanizmalarıdır. Bitcoin ağı işlem doğrulamada iş ispatı (Proof of Work) algoritmasına dayanırken; Ethereum ağı, daha erişilebilir donanım gereksinimleri ve hisse ispatı (Proof of Stake) modeliyle çalışmaktadır. Bu farklılık, işlem süreleri ve blok onay hızlarını belirleyen önemli bir unsurdur. Doğrulama sürecinin ardından yeni blok oluşturulmakta, bu blok eş düğümler tarafından yerel olarak doğrulanarak onaylanmakta ve blokzincire kalıcı olarak eklenmektedir (Tevetoğlu, 2021;200).

İlgili çalışmada, farklı araştırmacılar tarafından akıllı sözleşmelerin yaşam döngüsü; oluşturma, dağıtım, yürütme ve tamamlama aşamaları çerçevesinde sistematik biçimde ele alınmıştır. İlk aşamada, Solidity gibi programlama dilleri kullanılarak geliştirilen kodlar, EVM'in anlayacağı biçime dönüştürülerek bytecode formatında derlenir. Dağıtım sürecinde, geliştirici bu kodu Ethereum ağına bir işlem aracılığıyla yükler ve bu kod EVM ortamında çalıştırılmaya hazır hâle gelir. Yürütme aşamasında ise sözleşme, kendisine gelen işlemleri alır, belirli parametrelerle çalışır ve EVM tarafından adım adım işlenir; bu süreç genellikle yeni bir blok üretildiğinde gerçekleşir. Son aşama olan tamamlama evresinde, işlemler ve sözleşme çıktıları blokzincire kalıcı olarak kaydedilir. Bu yapı sayesinde akıllı sözleşmeler, güvenilir ve otomatik işlem süreçleri sunar (Zhou, MilaniFard&Makanju,2022).

Şekil 4. Akıllı Sözleşmelerin Çalışma Sistemi



Kaynak: (BKM, Microsoft, & VeriPark, 2020,12)

- Akıllı sözleşmede tanımlı bir fonksiyonun çalıştırılabilmesi için öncelikle sözleşmenin adresi elde edilir.
- Durum değişikliği gerçekleştiren her fonksiyon bir işlem başlatır.
- İşlemin ağ tarafından kabul edilmesi, madenciler tarafından işlenmesini gerektirir.
- Madencilik işleminin başarıyla tamamlanmasının ardından, bu işlem yeni oluşturulan blok içerisinde yer alır.
- Madencinin oluşturduğu yeni blok, ağdaki eş düğümlere dağıtılır.
- Yeni blok, yerel blokzincir üzerinde resmi bir blok haline gelmesi için eş düğümler tarafından doğrulamadan geçirilir (BKM, Microsoft, & VeriPark, 2020,13).

2.2.3. Akıllı Sözleşmelerin Türleri

Akıllı sözleşmeler, uygulanma biçimlerine göre iki temel gruba ayrılmaktadır: blokzincir dışı çalışan sözleşmeler (off-chain) ve blokzincir üzerinde çalışan sözleşmeler (on-chain). Bu ayrım, sözleşmenin hangi altyapı üzerinde işlediğine ve yürütülme koşullarına bağlı olarak belirlenmektedir.

- **Off-Chain Akıllı Sözleşmeler**

Off-chain akıllı sözleşmeler, blokzincir dışında yapılan geleneksel sözleşmelerin, yalnızca belirli kısımlarının blokzincir aracılığıyla uygulanmasını sağlar. Bu tür sözleşmelerde, doğal dilde yazılmış metinlerin bilgisayar koduna dönüştürülmesi zordur çünkü hukuki metinler soyut ifadeler içerir ve tam bir otomatik çeviri yazılımı henüz mevcut değildir. Bu nedenle, off-chain akıllı sözleşmelerde, temel sözleşmenin hükümleri, akıllı sözleşme ile çelişkili olduğunda üstün sayılır (Türkiye Bilişim Vakfı [TBV], 2021, 14).

- **On-Chain Akıllı Sözleşmeler**

On-chain akıllı sözleşmeler, yalnızca blokzincir üzerinde ve programlama diliyle kurulur. Bu tür sözleşmelerde, doğal dilin yol açtığı belirsizlikler ortadan kalkar çünkü her şey net bir şekilde kodda belirtilir. On-chain akıllı sözleşmeler, tarafların hak ve yükümlülüklerini açıkça belirleyebileceği ve sözleşmenin uygulanması için objektif kriterler koyabileceği bir yapıya sahiptir. Ancak, bu tür sözleşmelerin doğru bir şekilde yazılabilmesi için yazılım ve hukuk bilgisi gerekmektedir (Türkiye Bilişim Vakfı [TBV], 2021, 14).

2.2.4. Akıllı Sözleşmelerin Özellikleri

Çetin (2023), akıllı sözleşmelerin yapısal ve işlevsel niteliklerini beş temel özellikle özetlemektedir: (Çetin, 2023,35-37).

- Akıllı sözleşmeler tamamen dijital bir yapıya sahiptir.
- Belirli bir çalışma merkezi gerektirmez.
- Kağıtsız işlemlerle yürütülür.
- Otomatik olarak yerine getirilir.
- Sözleşme koşulları sağlandığında, tarafların taahhütlerini yerine getirme garantisi sunar.

2.2.5. Akıllı Sözleşmelerin Kullanım Alanları

Aynı çalışmasında Çetin (2023), akıllı sözleşmelerin potansiyel kullanım alanlarını sektörel bazda aşağıdaki şekilde sınıflandırmaktadır: (Çetin, 2023,53-61).

- Tedarik zinciri yönetiminde süreçlerin izlenmesi ve şeffaflık sağlanması.
- Gümrük işlemlerinde, belgelerin doğruluğu ve takibi.
- Sertifikaların ve lisansların doğrulama süreçlerinin dijitalleştirilmesi.
- Gıda güvenliğinin izlenmesi ve doğrulanması.
- Ödeme ve finansman işlemlerinin otomatikleştirilmesi.
- Sigorta sektöründe, poliçelerin yönetilmesi ve tazminat süreçlerinin hızlandırılması.
- Dijital kimliklerin doğrulanması ve güvenliğinin sağlanması.

3. YORUM: TÜRKİYE'NİN BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ ve AKILLI SÖZLEŞMELER ALANINDAKİ GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, Türkiye’de özellikle yeni iş olanakları yaratma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, yazılım geliştirme, sistem güvenliği ve veri analitiği gibi alanlarda yeni meslek gruplarının oluşmasına neden olacaktır. Türkiye'deki eğitim altyapısının bu yenilikçi alanlarda güçlendirilmesi, genç nüfusun dijital dönüşüme uyum sağlamasına olanak tanıyacaktır. Ayrıca, blokzincir tabanlı akıllı sözleşmeler, iş gücü sözleşmeleri ve insan kaynakları yönetimi gibi alanlarda şeffaflık sağlayarak, sendikaların iş güvencesini artırmalarına yardımcı olabilir.

Akıllı sözleşmeler, iş yerlerinde adaleti ve güveni pekiştirerek, maaş ödemeleri ve prim dağılımları gibi işlemlerin daha şeffaf ve verimli yapılmasına olanak tanır. Bu teknolojilerin iş sağlığı ve güvenliği alanında da uygulanması, eğitimlerin takibi ve risk analizi gibi süreçlerin daha güvenli ve etkin yönetilmesini sağlayabilir. Kişisel koruyucu donanım malzemelerinin izlenmesi ve değiştirilmesi, akıllı sözleşmeler aracılığıyla daha şeffaf bir şekilde yapılabilir. Ancak, bu teknolojilerin Türkiye’de yaygınlaşması, bazı ekonomik zorluklar doğurabilir. Özellikle düşük eğitim seviyesine sahip çalışanların dijital dönüşüme uyum sağlamakta zorlanması, işsizlik oranlarının artmasına yol açabilir. Bunun önlenmesi için teknoloji tabanlı eğitimlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Ayrıca, blokzincir tabanlı sistemlerin yüksek enerji tüketimi ve akıllı sözleşmelerin hukuki geçerliliği gibi sorunlar, sürdürülebilir bir dijital dönüşüm için çözülmesi gereken diğer önemli meselelerdir.

Özetle, blokzincir ve akıllı sözleşmelerin Türkiye’de daha geniş bir şekilde benimsenmesi, dijital dönüşümün hızlanmasına ve iş gücü piyasasında yeni fırsatlar yaratılmasına olanak tanıyacaktır. Ancak, bu dönüşümün ekonomik ve çevresel etkilerinin yönetilmesi, verimli bir kullanım için kritik öneme sahiptir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, yalnızca dijitalleşmenin getirdiği teknik bir yenilik değil, aynı zamanda çalışma hayatının yapısal dönüşümünde etkili olabilecek araçlardır. Bu teknolojilerin sunduğu merkeziyetsiz yapı ve işlem süreçlerinde sağladığı şeffaflık, iş süreçlerinin yeniden tasarlanmasına olanak tanımakta; özellikle işveren ve çalışan arasındaki etkileşimlerin daha güvenilir ve sistematik bir zemine oturmasını mümkün kılmaktadır. Otomatikleştirilmiş sözleşme uygulamaları sayesinde, sözleşme yükümlülüklerinin taraflar arasında açık ve denetlenebilir bir şekilde yürütülmesi sağlanmakta, böylece uygulama kaynaklı ihtilafların önüne geçilmesi kolaylaşmaktadır.

Türkiye'de, bu teknolojilerin iş gücü piyasasında şeffaflık sağlaması ve kayıt dışı çalışmayı azaltması potansiyel bir avantajdır. Öte yandan, dijital becerilerin eksikliği, teknolojinin işsizliğe etkisi ve hukuki düzenlemelerdeki boşluklar, uygulama sürecinde önemli zorluklar yaratabilir. Bununla birlikte, blokzincir tabanlı sistemler, sendikal faaliyetlerin dijitalleşmesi ve toplu iş sözleşmelerinin güvenli bir şekilde yürütülmesi gibi çalışma hayatının çeşitli alanlarında yenilikçi çözümler sunmaktadır

Sonuç olarak, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, Türkiye'nin dijital dönüşüm sürecine önemli katkılar sağlarken, aynı zamanda çalışma hayatını daha şeffaf, güvenli ve verimli hale getirebilir. Ancak bu dönüşümün başarılı olması, teknolojinin yaygınlaşmasını destekleyecek eğitim politikalarının geliştirilmesi, yasal çerçevelerin oluşturulması ve iş gücü piyasasına yönelik sosyal politika düzenlemelerinin hızla hayata geçirilmesiyle mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

Akcagündüz, E. (2021). İnsan kaynakları yönetiminde blokzincir teknolojisi. In O. Durukal (Ed.), *Kamu ve özel sektörde blokzincir teknolojisi* (ss. 3-20). Nobel Bilimsel Yayınları.

Anwar, F., Khan, B. U. I., Mat Kiah, M. L. B., Abdullah, N. A., & Goh, K. W. (2022). A comprehensive insight into blockchain technology: Past development, present impact and future considerations. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 13*(11), 878–907.

Arslaner, H. (2021). Kripto paralardan elde edilen kazançların vergilendirilmesi. In O. Durukal (Ed.), *Kamu ve özel sektörde blokzincir teknolojisi* (ss. 21-39). Nobel Bilimsel Yayınları.

Bozkurt, A., & Uçar, H. (2018). Yapılandırılmış ve yapılandırılmamış öğrenme süreçlerinde blokzincir teknolojisi. *Fatih Projesi: Eğitim Teknolojileri Zirvesi Dergisi*, 47-53.

Çetin, E. (2023). *Blokzincir üzerinden kurulan akıllı sözleşmelere uygulanacak hukuk* (Yüksek lisans tezi). MEF University.

Deniz, G. (2021). Yerel yönetimlerde blokzincir uygulamaları. In O. Durukal (Ed.), *Kamu ve özel sektörde blokzincir teknolojisi* (ss. 95-113). Nobel Bilimsel Yayınları.

Durdu, A., & Gökçe, A. (2022). Blokzincir teknolojisi akıllı sözleşme uygulamalarının kamu alımlarında kullanımı. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 43-48.

Durukal, O., & Öztürk, N. K. (2019). Kamusal hizmet sunumunda blokzincir teknolojisi. *EKEV Akademi Dergisi*, (77), 449-456.

Hackius, N., & Petersen, M. (2017). Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat?. In *Digitalization in Supply Chain Management and Logistics: Smart and Digital Solutions for an Industry 4.0 Environment* (pp. 3- 18). Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Vol.23. Berlin: epubli GmbH.

Sarmah, S. S. (2018). Understanding blockchain technology. *Computer Science and Engineering*, 23-29.

Şenkayas, H. (2021). Tedarik zinciri ve lojistik yönetiminde blokzincir teknolojisi. In O. Durukal (Ed.), *Kamu ve özel sektörde blokzincir teknolojisi* (ss. 193-208). Nobel Bilimsel Yayınları.

Taherdoost, H. (2023). Smart contracts in blockchain technology: A critical review. *Information, 14*(2), 117. https://doi.org/10.3390/info14020117

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

Tevetoğlu, M. (2021). Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, *12(1).* https://doi.org/10.21492/inuhfd.852860

Tripathi, G., Ahad, M. A., & Casalino, G. (2023). A comprehensive review of blockchain technology: Underlying principles and historical background with future challenges. *Decision Analytics Journal, 100344.* https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100344

Türkiye Bilişim Vakfı (TBV). (2021). Akıllı sözleşme raporu. *Blockchain Türkiye*, 1-27. Erişim Linki: BCTR2306book (Erişim Tarihi: 25.12.2024).

Türkmen, S. Y., & Durbilmez, S. E. (2019). Blockchain teknolojisi ve Türkiye finans sektöründeki durumu. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 30-45.

Urmak, T. T. (2022). Blok zincir ve çapraz zincir teknolojilerinin gelecek muhtemel uygulama alanları. *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 271-303.

Ünsal, E., & Kocaoğlu, Ö. (2018). Blok zinciri teknolojisi: Kullanım alanları, açık noktaları ve gelecek beklentileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (13), 54-64.

Zhou, H., Milani Fard, A., & Makanju, A. (2022). The state of Ethereum smart contracts security: Vulnerabilities, countermeasures, and tool support. *Journal of Cybersecurity and Privacy, 2*(2), 358–378. https://doi.org/10.3390/jcp2020019

İnternet Kaynakları

BKM, Microsoft, VeriPark. (2020). *Herkes için blokzincir* (Faz II, Güncellenmiş Versiyon). Erişim Linki: https://bkm.com.tr/wpcontent/uploads/2015/06/herkes_icin_blokzincir_2020_web.pdf (Erişim Tarihi: 25.12.2024).

Financial Times. (2024). *Technology: Banks seek the key to blockchain https://www.ft.com/content/eb1f8256- 7b4b-11e5-a1fe-567b37f80b64*. (Erişim Tarihi: 23.12.2024).

Özalp, A. (2018). *Blockchain, dış ticaretin finansmanı ve akreditif.* Abdurrahman Özalp Resmi Web Sitesi. Erişim adresi: https://www.abdurrahmanozalp.com