

Yayın Geliş Tarihi: 20.04.2022
Yayına Kabul Tarihi: 09.11.2022
Online Yayın Tarihi: 26.12.2022
<http://dx.doi.org/10.16953/deusosbil.1106349>

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi
Cilt: 24, Sayı: 4, Yıl: 2022 Sayfa: 1801-1821
E-ISSN: 1308-0911

Araştırma Makalesi

NFT (NON-FUNGIBLE TOKEN) VE UYGULAMA ALANLARI

*Erhan USTAOĞLU**

*Selçuk KIRAN***

*Mahmut BAĞCI****

*İlkim Ecem EMRE*****

Öz

Çalışma, NFT (Non-Fungible Token) kavramı ile bu kavramın üzerine kurulu olduğu teknoloji ve kullanım alanlarını araştırmaktadır. Bu araştırmada ilk olarak NFT'nin dayandığı blokzincir teknolojisi incelenmekte ve çalışma biçimi açıklanmaktadır. Ardından bu teknolojinin özellikleri ve popüler kripto paralar dışındaki kullanım alanları irdelenmiştir. Daha sonra NFT'yi bir standart olarak tanımlayan Ethereum platformu araştırılmış ve yine bu platform üzerinde tanımlanan akıllı sözleşmeler açıklanmıştır. Ayrıca NFT kategorileri incelenmiş, dijital sanat alanı ve diğer kategorilerde önerilen uygulamalar için bir literatür taraması yapılmıştır. Ek olarak, oluşturulan sözlük yardımıyla bu alanda kullanılan kavramların Türkçe karşılıklarına dair önerilerde bulunulmuştur. Başta sanat, koleksiyon ve oyun kategorisinde olmak üzere birçok alanda NFT uygulamaları mevcuttur. NFT'lerin özellikle tedarik zincirleri ve nesnelerin interneti alanlarında yaygın olarak kullanım alanı bulacağı öngörülmektedir. Bu çalışma, NFT kavramını, teknolojisini ve kullanım alanlarını bir bütün olarak ele almakta ve açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *NFT, Blokzincir, Ethereum, Akıllı Sözleşme, Metaverse, Bitcoin.*

Bu makale için önerilen kaynak gösterimi (APA 7. Sürüm):

Ustaoglu, E., Kiran, S., Bağcı, M. & Emre, İ. E. (2022). Nft (Non-Fungible Token) ve uygulama alanları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24 (4), 1801-1821.

* Dr.Öğr.Üyesi, Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, ORCID: 0000-0002-9077-4370, erhan.ustaoglu@marmara.edu.tr.

** Doç.Dr., Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, ORCID: 0000-0001-6088-2701, selcuk.kiran@marmara.edu.tr.

*** Doç.Dr., Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, ORCID: 0000-0001-6931-6837, mahmut.bagci@marmara.edu.tr.

**** Dr.Öğr.Üyesi, Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, ORCID: 0000-0001-9507-8967, ecem.emre@marmara.edu.tr.

Bu çalışma için etik kurul onayına ihtiyaç duyulmamıştır.

NFT (NON-FUNGIBLE TOKEN) AND ITS FIELDS OF APPLICATION

Abstract

This study explores the concept of NFT (Non-Fungible Token), the technology on which it is based, and its usage areas. In this research, firstly, the blockchain technology on which NFT is based is examined and the way it works is explained. Then, the features of this technology and its usage areas other than popular cryptocurrencies are examined. Then, the Ethereum platform, which defines NFT as a standard, was researched and the smart contracts defined on this platform were explained. Furthermore, NFT categories are investigated, and a literature review was conducted for the applications proposed in the field of digital art and other categories. In addition, with the help of the dictionary created, suggestions were made about the Turkish translations of the concepts used in this field. There are NFT applications in many fields, especially in the art, collection and game categories. It is predicted that NFTs will find widespread use especially in supply chains and internet of things. This study deals with and explains the concept of NFT, its technology and usage areas as a whole.

Keywords: *NFT, Blockchain, Ethereum, Smart Contract, Metaverse, Bitcoin*

GİRİŞ

Dünya finansal gündeminde her geçen gün daha fazla yer bulmaya başlayan blokzincir teknolojisi, dağıtık ve aracısız bir finansal aktarım sistemi oluşturmak için kendisinden önce önerilen sistemlerin aksine genel kabul görmekte ve geniş uygulama alanlarına ufuk açmaktadır. Blokzincir, merkezi bir aracı otorite olmadan çözümlenmesi güç olan çifte ödeme sorununu dijital imza ve dağıtık ağ yapısı kullanarak güvenli bir biçimde çözmektedir (Nakamoto, 2008). Blokzincir teknolojisinin varlık transfer aracı olarak tanımlanan Bitcoin ise ilk ve en yaygın kullanılan kripto para olmuştur (Haar, 2022; Schwab, 2022). Blokzincir teknolojisine dayanan Bitcoin ve diğer kripto paraların, gelecekte şu an kullanımda olan ve merkez bankalarının arkasında olduğu paraların yerini alıp alamayacağı tartışılmaya başlanmıştır (Claeys vd., 2018).

Blokzincir teknolojisinin kullanım alanı, Bitcoin ve sayıları her geçen gün artan kripto paralar ile sınırlı değildir. Ethereum ile birlikte blokzincir güvenli bir transfer aracı olmanın ötesine geçerek, denetleyici bir kuruma ihtiyaç duyulmadan dağıtık finansal işlemlerin yapılabildiği bir platform olarak karşımıza çıkmaktadır (Buterin, 2013). Ethereum standartları ile tanımlanan akıllı sözleşmeler belirli koşullar sağlandığında otomatik olarak devreye giren programlar olarak tanımlanabilirler. Ethereum'da akıllı sözleşme tanımlamak için ilk olarak sözleşmeyi blokzincire tanıtan özel bir işlem (transaction) yapılır. Bu işlem sonrasında oluşturulan sözleşmenin adresi 160-bitlik eşsiz bir kod olarak atanır ve programlanan sözleşmenin kodları blokzincire eklenir. Anlaşma koşullarının sağlanıp sağlanmadığı merkezi olmayan bir yapı tarafından denetlenmektedir. Blokzincir, uzlaşım mimarisi üzerine kurulu akıllı sözleşmelerin aracısız ve güvenli

çalışmasını sağlar. (Ante, 2021a; Christidis & Devetsikiotis, 2016). Bu özellikleri ile akıllı sözleşmeler finans ve ticaret alanında birçok yenilikçi uygulamaya temel oluşturabilecek niteliktedirler (Hewa vd., 2021).

Özellikle dijital sanat alanında sıklıkla gündeme gelen diğer bir kavram da NFT'dir (Non-Fungible Token). NFT'ler, standardı Ethereum platformu üzerinde tanımlanan fakat kripto paralardan farklı olarak bölünemeyen nadir varlıklardır. NFT'ler, bir varlığın veya eserin kendisi olmayıp, eşsiz bir token ID'si ve sözleşme adresi içeren veri dosyalarıdır (Musiala Jr. vd., 2022). Bu çalışmanın amacı, her geçen gün daha çok gündeme gelen NFT kavramını irdelemek, şu anki ve potansiyel uygulama alanlarını araştırmak ve Türkçe literatüre katkı sunmaktır. Çalışmanın ikinci bölümünde, blokzincir teknolojisi ve kripto para kavramı açıklanmaktadır. Üçüncü bölüm Ethereum platformu ve bu platform üzerinde tanımlanan akıllı sözleşmeleri irdelemektedir. NFT tanımı, özellikleri, kategorileri ve uygulama alanları dördüncü bölümde yer almaktadır. Çalışmanın son bölümünde araştırma önerilerine yer verilmiştir. Ek olarak, bu konudaki literatürde yer alan kavramların Türkçe karşılıklarına sözlük kısmında yer verilmiştir. Sözlük kısmının bu alandaki çalışmalarda kullanılacak kavramların Türkçe karşılıkları ile katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KRİPTO VARLIKLARIN TEKNOLOJİK ALTYAPISI

Blokzincir Teknolojisi

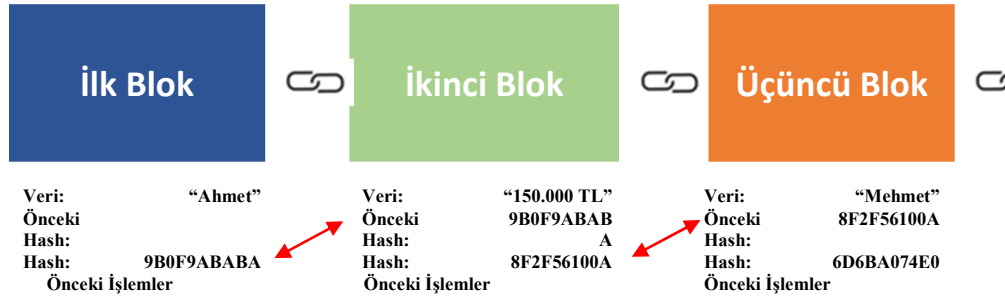
Blokzincir teknolojisi, kullandığı kriptolojik yöntemler ve dağıtık ağ yapısı sayesinde günümüzde en güvenli değer aktarım yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Ali & Bagui, 2021). Ayrıca herhangi bir merkezi otorite tarafından yönetilmek zorunluluğunun bulunmaması (bankalar, noterler, aracı kurumlar vb.) bu teknolojinin her internet kullanıcısı için ulaşılabilir ve ucuz olmasını sağlamaktadır. Üzerinde programlanabilir uygulamalar çalıştırılabilmesi sayesinde blokzincir, sadece finansal değerlerin iletilmesi için uygun olmakla kalmayıp her türlü bilgi aktarımına da elverişli bir teknolojidir. Bu teknoloji aynı zamanda doğrulama için güvenli üçüncü taraflara gereksinim duyan sistemler yerine de kullanılabilir. Diğer bir deyişle blokzincir, doğrulama otoritesini merkezi olmaktan çıkararak bütün ağa yaymaktadır. Blokzincir teknolojisinin en yaygın ve bilinen uygulaması Bitcoin'dir (Crosby Nachiappan Pradan Pattanayak Sanjeev Verma & Kalyanaraman, 2016). Bitcoin, arkasında herhangi bir finansal kurum bulunmayan ve blockchain teknolojisine dayanan ilk kripto paradır. Kripto paralar ile değer aktarımı, merkezi otoriteler yerine kripto para ağında bulunan düğümler üzerinden kayıt altına alınıp denetlenmektedir.

Bitcoin'in başarısı ve yaygınlaşması birçok kripto para uygulamasının geliştirilmesine öncülük etmekle kalmayarak, blokzincir teknolojisinin popülaritesini kazandığı finans alanı dışında da uygulanmasının yolunu açmıştır. Bu teknoloji özellikle işlemlerdeki merkezi otorite onayını gereksiz kılarak, para ve

para birimi kavramını kökten değiştirmiştir (Nakamoto, 2008). Bitcoin, bir desteği veya içsel değeri olmayan, aynı zamanda merkezi bir ihracatçı veya denetleyicisi de bulunmayan bir dijital varlıktır.

Bitcoin işlemlerinde ödemeyi alan kişi, zincir içerisindeki bir kişinin bu parayı birden fazla kez harcıyıp harcamadığını doğrulayamamaktadır. Bunu önlemenin bir yolu, her bir aktarımı denetleyen güvenilir merkezi bir otorite oluşturmaktır. Fakat bu yöntem merkezi olmayan, aracısız değer aktarımı konseptine ters düşecektir. Bu sebeple, her bir blok zaman verisiyle damgalanarak bloğu da içerecek şekilde şifrelenir ve zincirin sonuna eklenir. Bu zaman damgalı blokların ağ içerisinde yayılmasıyla dağıtık bir denetim mekanizması oluşturulur (Nakamoto, 2008). Bu şekilde blokzincir, kullanıcıların varlıklarını küresel olarak güvenli bir şekilde dijital imzalar üzerinden doğrularak transfer etmelerini sağlar. Güvenliğin yüksek olması, bilginin blok zincirine kaydedildikten sonra değiştirilmesinin mümkün olmamasından kaynaklanmaktadır (Vujičić vd., 2018). Daha detaylı açıklamak gerekirse her blok, veri, verinin “hash”i, bir önceki bloğun “hash”i ve önceki işlem kayıtları olmak üzere dört tip enformasyon içerir (Şekil 1). Her blok içerdiği uygulamaya bağlı olarak farklı veriler içerebilir, örneğin Bitcoin, blok içinde gönderici, alıcı ve transfer edilen miktarın kaydını tutar. “Hash” bilgisinin türetildiği veri değiştiği takdirde “hash”in de değişmesi gerekmektedir ki bu çok zor bir süreç olduğundan verinin değişmezliği garanti altındadır denilebilir. Kısaca bir bloktaki değişiklik tüm blokzinciri geçersiz kılacaktır (Singhal vd., 2018).

Şekil 1: Blokzincir Çalışma Prensibi.



Ethereum

Bitcoin, dağıtık bir veritabanı aracılığıyla güvenli para transferine izin veren ilk çözüm olmasına rağmen, blokzincirin gerçek kapasitesini ortaya çıkaran ve geniş ekonomik ve finansal uygulamaların geliştirilmesine olanak sağlayan teknoloji Ethereum olmuştur (Buterin, 2013). Ethereum, üzerinde çeşitli işlemlerin yapılabileceği bir blokzincir platformudur. Bu platform herkesin kendi kurallarını koyarak para ve mülkiyetin el değiştirme koşullarını belirlediği, ekonomik ve

finansal uygulamalar oluşturmasına olanak sağlayan bir platformdur. Bu uygulamalar belli koşullar gerçekleştiğinde otomatik olarak tetiklenen akıllı sözleşmeler yoluyla devreye girmektedirler (Vujičić vd., 2018). Ethereum, Bitcoin gibi birbirlerinin aynısı ve değiştirilebilir olan token standardı ERC-20'nin yanı sıra akıllı sözleşmelerin dayanağı olan ERC-721 standardı ile NFT'leri blokzincir teknolojisi üzerinde tanımlamıştır. ERC-721 standardı her bir NFT'nin tokenId olarak adlandırılan bir değişkene sahip olmasını öngörmektedir. Bu değişken ve akıllı sözleşme adresinin birleşimi bir NFT'yi evrensel olarak eşsiz biçimde tanımlamaktadır. TokenId, ayrıca görsellerin, sanat eserlerinin vd. tanımlanması için girdi olarak da kullanılabilir (He & Zheng, 2021).

Ethereum üzerinde de kullanılan akıllı sözleşmeler kavramı ilk olarak 1990'larda önerilmiştir (Szabo, 1997). Akıllı sözleşmeler kısa bir hamiline sözleşmenin koşullarını uygulayan otomat makinesi gibi düşünülebilir. Bu anlaşmaya göre kullanıcı otomat makinesine bir miktar para koyar ve ilgili ürün kendisine teslim edilir. Kullanıcı yeterli parayı otomata atmazsa, ürün çıkmayacaktır. Bu durumda, doğru para biriminde madeni parası olan herkes, satıcıyla, yani otomat makinesiyle takasa katılabilir. Kilitli bir kutu ve diğer güvenlik mekanizmaları paraları ve içerikleri saldırganlardan korur.

Emlak alım satımı için yapılan kredi işlemleri akıllı sözleşmeler için bir uygulama örneği oluşturabilir. Anlaşma, belirli bir zamanda hak sahibinin kim olduğuna bağlı olarak mülkiyet koşullarını tanımlar. Kriptografik anahtarlar, bir eve giriş için erişim aracı olarak düşünülürse, ev sahibini değiştirecek koşullar belirlenebilir ve dolayısıyla evin kullanılabilmesi şartlar ayarlanabilir. Akıllı bir haciz protokolü oluşturulabilir ve buna göre mal sahibi planlanan ödemeleri yapmazsa, akıllı sözleşme eve el koyma protokolünü başlatarak ev anahtarlarının yetkisini bankaya geri verebilir. Kredinin ödenmesi durumunda ise evdeki ipotek üçüncü bir tarafın müdahalesine gerek kalmadan otomatik olarak kaldırılacaktır (Szabo, 1997). Sonuç olarak tüm kararlar belirli kurallar dahilinde otomatik olarak verilmektedir ve blokzincir sayesinde bu kararların değiştirilmesi mümkün değildir. Bu da tüm katılımcılara daha fazla güven verecektir. Bu teknoloji sayesinde aracısız dijital işlemlerde blokzincir uygulamalarına çok geniş bir alan açılmıştır. Örneğin NameCoin sayesinde alan adı servislerinin ana bir sunucu olmaksızın gerçekleştirilebilmesi mümkün olmuştur (Namecoin, 2022). Kısaca akıllı sözleşmeler, çerçevesi net olarak belirlenmiş mantıksal algoritmaların programlanmasıdır. Bir algoritmanın içerdiği koşullar sağlandığında ve/veya olaylar gerçekleştiğinde akıllı sözleşmeye ait program çalışır. Dolayısıyla akıllı bir sözleşmede yer alan prosedürlerin işletilmesi, belirli koşulların sağlanması ve/veya olayların gerçekleşmesiyle tetiklenir. Koşulların doğrulanması ve dağıtık olarak kaydedilmesi bir algoritma tarafından yapıldığı için yapılan sözleşmenin bir merkez (veya otorite) tarafından kontrol edilmesine ve kayıt altına alınmasına ihtiyaç duyulmaz (Ali & Bagui, 2021). Akıllı sözleşmeler kullanılarak oluşturulan blok zinciri uygulamalarının kontrolü ve dağıtık olarak kaydedilmesini sağlayan

yapılardan biri Ethereum sanal makineleridir. Bu sanal makinelerle blokzinciri üzerinde merkezi olmayan bir bilgisayar ağı yaratılmıştır. Bu ağ yapısı, akıllı sözleşmelerin herhangi bir programlama dilinde, basit bir şekilde, tasarlanarak kullanılmasını sağlar. Ethereum, Bitcoin'den farklı olarak blokzincirlerin üzerinde farklı uygulamaların çalışmasını sağlar.

NFT TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMALARI

NFT, blokzincir teknolojisine dayalı olarak geliştirilen ve değiştirilemeyen varlıkları ifade eden bir kavramdır. NFT, “non-fungible token” kavramının kısaltmasıdır. Kavramın açıklanmasına “fungible” kavramından başlanması gerekmektedir. “fungible”, aynı, bölünebilir veya takas edilebilir anlamına gelmektedir. “fungible” tokenlar birebir değiştirilebilirler. Kullanılan fiziksel para ve Bitcoin gibi kripto paralar “fungible” niteliktedir. Bir Bitcoin başka bir Bitcoin ile takas edilebilir ve takas işleminden sonra her iki Bitcoin de aynı değere sahip olur (Fernandez, 2021). Aynı durum fiziksel olarak kullandığımız para birimlerine de uyarlanabilir. NFT’ler için ise bu durum geçerli değildir, NFT’ler “non-fungible” yani takas edilemez ve bölünemezler.

NFT’leri üretmek (mint işlemi) için çeşitli platformlar kullanılabilir. Mint işlemi, amaca uygun olan platform (veya pazar yeri) seçildikten sonra, NFT’lerin Ethereum blok zincirinde dijital bir varlığa dönüştürülmesidir (Shah, 2022). NFT dosyası oluşturulduktan sonra bir gaz ücreti karşılığında satışa sunulabilir. Gaz ücretleri, Ethereum blok zincirindeki işlemlerin kaydedilmesi ve doğrulanmasında kullanılan bilgi işlem enerjisi için kullanıcılar tarafından yapılan ödemelerdir (Frankenfield, 2022). 2014 yılından beri var olan NFT varlıkları son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir (Conti & Schmidt, 2022). Öyle ki, NFT satış hacmi, bir önceki yıl sadece 95 milyon dolarken 2021’de yaklaşık 25 milyar dolara ulaşmıştır (Howcroft, 2022).

Yukarıda belirtildiği gibi, çoğu NFT, bir iş kanıtı (Proof-of-Work) blok zinciri olan Ethereum üzerinde çalışır (He & Zheng, 2021). Ethereum, Bitcoin teknolojisine benzer şekilde, blok zincirlerini güvence altına almak ve işlemleri doğrulamak için bir iş kanıtına ihtiyaç duymaktadır (Ante, 2021b; Bosworth Tetikoğlu, 2022). İş kanıtı, en genel anlamda, madencilerin bir blok çıkarmak için birbirleriyle rekabet etmesi anlamına gelmektedir. Madencilikte başarılı olabilmek için süper bilgisayarların saniyede birkaç trilyon tahmin üretmesi gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için muazzam bir elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır (Bosworth Tetikoğlu, 2022; Köhler vd., 2021). Yılda 38 milyon ton CO₂ üreten Bitcoin madenciliği, Dünya iklimine birçok ülkenin karbon ayak izinden daha fazla zarar vermektedir (de Vries, 2020; Digiconomist.net, 2022). 2018 yılında yayımlanan bir araştırmaya göre tek başına Bitcoin emisyonlarının dünyanın sıcaklığını iki derece artırabileceği öngörülmüştür (Mora vd., 2018).

Ethereum'un 2.0 versiyonunda iş kanıtı yerine hisse kanıtının (Proof-of-Stake) kullanılması, yeni nesil NFT işlemlerinde enerji ve donanım tasarrufu sağlamakta ve bu teknolojiyi daha sürdürülebilir hale getirmektedir (King & Nadal, 2012; Wackerow, 2022). Ethereum Foundation verilerine göre, Ethereum ağının tamamı hisse kanıtı sistemini kullanmaya başladığında enerji tüketimi %99,95 oranında azalacaktır (Beekhuizen, 2021).

Türkçe literatür incelendiğinde NFT kavramının farklı çalışmalarda farklı şekillerde çevrildiği görülmektedir. Burada dikkat çeken nokta aynı çalışmada bile farklı çevirilerin kullanılmış olmasıdır. NFT kavramı için Türkçe literatürde; değiştirilemez jeton (Çallı, 2021), yeri doldurulamaz jetonlar (Pınar Saygın vd., 2021), değiştirilemez eşsiz varlıklar, değiştirilemeyen nadir varlıklar, benzersiz değiştirilemez varlık, eşsiz değiştirilemeyen varlık (Dursun, 2021), değiştirilemez jetonlar teknolojisi, değiştirilemez jeton, benzeri olmayan jeton (Özirili, 2021), değişimi-olanaksız çip (Arapoğlu, 2021), değiştirilemez jeton (Şağban, 2021), biricik veya eşsiz tokenlar (Senkardes, 2021) çevirileri yapılmıştır. Bu noktada NFT kavramının Türkçe çevirisi konusunda bir ortak fikir olmadığı görülmektedir. Bu çalışmanın yazarları tarafından, NFT için bölünemeyen nadir varlık (BNV) çevirisi önerilmektedir.

NFT kavramı ile “bir mal veya varlığın benzer mal ya da varlıklarla değiştirilememesi” ifade edilmektedir (Pınar Saygın vd., 2021). Bir sanat eserinde olduğu gibi eşsiz olma özelliğine sahiptir; örneğin Mona Lisa tablosu eşsizdir, replikasyonları olmasına rağmen orijinal tablodan dünya üzerinde sadece bir adet mevcuttur. Bir NFT'nin alınıp satılması, orijinal bir tablonun bir başkasına verilmesine veya alınıp satılmasına benzetilebilir (Fernandez, 2021). NFT'ler de benzer şekilde eşsiz bir varlığı temsil eder. Bir blokzincirde kayıtlı dijital veya fiziksel varlıkların kriptografik olarak imzalanmış kopyaları olarak tanımlanabilecek olan NFT'ler, dijital varlıkların sahipliğini ve ticaretini teknolojik olarak mümkün kılmıştır (Valeonti vd., 2021). Bu durum, varlıkların mülkiyeti ve el değiştirmesiyle ilgili konularda tartışmalara yol açmaktadır. NFT'ler Ethereum blokzincir tarafından güvence altına alındığından sahiplik kayıtlarının değiştirilmesi söz konusu değildir (Aharon & Demir, 2021). Yani mülkiyet ve sahipliğin kökeninin takip edilebilmesi açısından NFT'lerin mevcut anlayışları bir adım öteye taşıdığı söylenebilir (Nadini vd., 2021). Martinod vd. (2021), NFT'nin sahiplik kavramında devrim yaratan nitelikte olduğunu belirtmiştir

NFT'ler, değiştirilemezliği blokzincir teknolojisine dayanan akıllı sözleşmelerle onaylanan benzersiz veya nadir dijital varlıklardır (Evans, 2019). Her NFT kendisine atanan dijital nesnenin kim tarafından oluşturulduğunu, daha önce kimlere ait olduğunu ve (eğer varsa) birçok kopyadan hangisinin orijinal olduğunu tartışmasız olarak belirler. Fotoğraf, video, elektronik belge benzeri her türlü dijital nesne NFT öğelerine dönüştürülerek sanat, oyun, spor koleksiyonları gibi birçok alanda karşılık bulurlar (Kugler, 2021; Trautman, 2021). Bu uygulama alanlarına

ait örneklere odaklanmadan önce NFT'lerin başlıca özelliklerini ortaya koymak yerinde olacaktır (Ali & Bagui, 2021; Kendrick, 2020).

- i. Benzersizlik: NFT'ler "hash" fonksiyonları yardımıyla şifrelenerek benzersiz hale getirilen kripto varlıklardır. Örneğin, Osman Hamdi Bey'in "Kaplumbağa Terbiyecisi" tablosu gibi bir sanat eserinin dijitalleştirilmiş hali bu yöntemle diğer kopyalarından ayrılır.
- ii. İzlenebilirlik: NFT'ler oluşturulduktan sonra her el değiştirme işleminin kaydı tutulmaktadır. Bu kayıtlar, el değiştirme sürecinin geriye doğru takibiyle, NFT ögesinin orijinalliğini doğrulamak için kullanılır. Örneğin, "Kaplumbağa Terbiyecisi" için oluşturulmuş NFT'lerden hangisinin gerçek sanat eserinin karşılığı olduğu izlenebilir.
- iii. Nadirlik: Seri olarak üretilen NFT'lerin ticari değerinin olması için sınırlı sayıda olmaları gerekir. Örneğin, bir konser için NFT olarak üretilen bilet sayısı sınırlıdır.
- iv. Bölünemezlik: NFT'ler alt birimlere bölünemezler, parçalı olarak takas edilemezler. Bu, bir konser biletinin yarısının satın alınamaması gibi düşünülebilir.
- v. Programlanabilirlik: Her NFT, blokzincir teknolojisi üzerine kurulu akıllı sözleşmelerle tasarlanır. Örneğin bazı NFT'ler her el değiştirdiğinde üreticisine telif hakkı ödenecek şekilde programlanır.

NFT Uygulamaları

Cryptopunks, CryptoKitties, Axie gibi popüler NFT uygulamaları, diğer alanlarda da bu teknolojinin yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur. NFT'ler farklı başlıklar değerlendirilseler de temel olarak altı kategori altında gruplandırılabilir (Magotra vd., 2021; Nadini vd., 2021) (Tablo 1).

Tablo 1: NFT Kategorileri (Nadini vd., 2021).

	Kategori	Tanımı
1	Sanat	Görüntü, video veya GIF gibi öğelerden oluşan dijital sanat eserleri
2	Koleksiyonlar	Bir koleksiyonun parçası olarak tasarlanan NFT'ler
3	Oyunlar	Oyunlarda kullanılan NFT'ler
4	İşlevsel	Spesifik amaçlar için kullanılan NFT'ler (güvenli ve dağıtık isim servisleri)
5	Evrenötesi	Sanal dünyaların parçaları
6	Diğer	Diğer kategorilere dahil edilemeyen daha küçük koleksiyonlar

Sanat

Beeple takma ismi ile bilinen Mike Winkelmann'ın 2007-2021 arasında günlük olarak tasarladığı toplam 5000 dijital eserin bir araya getirilmesi ile ortaya çıkan "Everydays: The First 5000 Days" NFT'si en popüler örneklerden biri olup 69.346.250 dolara satılmıştır (*Beeple (b. 1981), Everydays: The First 5000 Days | Christie's, 2021*). Diğer yandan Valeonti vd. (2021)'in çalışmasında bahsetmiş olduğu Michelangelo'ya ait Doni Tondo eserinin NFT'si (*Artnet News, 2021*) bu kategorinin önemli örneklerinden biridir. Bunlara ek olarak, Kings of Leon, albümünü NFT formatında satışa sunan ilk müzik grubudur (Hissong, 2021). Albümün NFT versiyonuna OpenSea platformundan ulaşılabilir (Kings of Leon x Yellowheart NFTS - Collection | OpenSea, 2022). Türkiye'deki örneklere bakıldığında, günümüz sanatçılarından Tarık Tolunay ve Refik Anadol'un dijital sanat çalışmalarının NFT versiyonlarını sattıkları görülmektedir (*NFTs by Refik Anadol | Nifty Gateway, 2022; TarTol - Profile | Rarible, 2022*) (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**).

Şekil 2: Tarık Tolunay'a Ait NFT Örneği.



(Fractal Istanbul - Pandemi Bird's eye view, 2022)

Koleksiyonlar

Bir koleksiyon, sınırlı sayıdaki NFT'nin, belirli benzerlik oranlarıyla üretilip sunulmasıyla oluşturulur. Bu kategori altındaki en popüler örneklerden biri NBA maçlarından hareketli görüntüleri içeren NFT koleksiyonudur (*NBA Top Shot | Officially Licensed Digital Collectibles, 2022*). Yine en popüler örneklerden biri olan Cryptopunks, algoritmik olarak oluşturulan 24x24 piksel boyutunda 10.000 eşsiz dijital karakteri içeren NFT koleksiyonudur (*CryptoPunks, 2022*). Yine koleksiyon olarak verilebilecek örneklerden biri BoredApeYachtClub (*BoredApeYachtClub - Profile | OpenSea, 2022*) koleksiyonudur (Şekil 3). Bir

program tarafından üretilen benzersiz maymun avatarlarından oluşan bu koleksiyon aynı zamanda bu koleksiyondaki NFT sahiplerinin girebileceği, “collaborative graffiti board” olarak tanımlanan “The Bathroom” isminde bir kulüp üyeliğini sağlamakta ve NFT sahiplerinin her 15 dakikada bir kulübün duvarında bir piksel boyamasına imkan tanımaktadır (BAYC, 2022). Türkiye’deki bilinen örneklerden biri Cem Yılmaz’a ait karikatür ve karakterleri içeren koleksiyondur (CEMYILMAZMCLXXIII - Profile | OpenSea, 2022).

Şekil 3: Bored Ape Yacht Club NFT Örneği.



(BoredApeYachtClub - Profile | OpenSea, 2022)

Oyunlar

NFT'lerin ilk popüler örneklerinden biri olan CryptoKitties, satın alınabilen, beslenebilen, toplanabilen kedi karakterlerinden oluşan bir oyundur (CryptoKitties | Collect and breed digital cats!, 2022). Ethereum ağı üzerine kurulu bu oyunda, dijital nesne olarak kullanılan sanal kediler üretilerek el değiştirir. Sanal kedilerin mülkiyeti, ethereum zincirindeki akıllı sözleşmelerle garanti altına alınır. İlk (veya 0.) nesil sanal kediler, bir yıl boyunca her 15 dakikada bir açık artırmada oyunculara satılmıştır. Yeni sanal kediler, var olan (eski nesil) kedilerin gen haritalarına (kalıtımlarına) bağlı olarak üretilmektedir ve üretilebilecek toplam kedi sayısı 4 milyar civarındadır. Bu nedenle sınırlı sayıdaki eski nesil kediler daha değerlidir. Her bir sanal kedinin değiştirilemez genleri ve benzersiz görünümü akıllı sözleşmelerle garanti edilmektedir. Dolayısıyla bu sanal kediler, NFT olarak el değiştirebilirler.

İşlevsel

Çeşitli Ethereum uygulamalarında alan adı adreslerinin kullanımını kolaylaştırmak için Ethereum alan adı servisi (Ethereum Name Service – ENS) kullanılmaktadır. ENS adresleri, internet sitesi adresleri için kullanılan alan adı sistemine (Domain Name System – DNS) benzer şekilde tasarlanmıştır. Örneğin ENS sisteminde tanımlanan “benzeriolmayan.eth” adresi, bir kullanıcının kripto varlıklarını barındırdığı cüzdan adresi (“0xer45tscav9dgs32dc5id...”) yerine

kullanılabilir. Ethereum üzerindeki bir akıllı sözleşmeye bağlı olan bu alan adlarının her biri .eth uzantısıyla tanımlanır ve alan adı sahibi aynı zamanda alt alan adlarını da yönetir. Her alan adı ERC-721 standardı ile uyumlu, değiştirilemez bir NFT'ye sahiptir ve bu NFT'ler çeşitli platformlarda alınıp satılabilirler. Kısa (3, 4 karakterden oluşan) alan adları oldukça yüksek fiyatlardan el değiştirmektedir (Florent, 2021).

İşlevsel NFT'lerin uygulandığı bir diğer alan ise internete bağlı nesnelerin güvenliğidir. Bu nesnelerin çok hızlı biçimde artıyor olması bu alandaki güvenlik çözümlerine olan ihtiyacı da artırmaktadır. Blokzincir teknolojileri, veri mülkiyeti ve kullanıcının gizliliğini sağlayan değiştirilemez, dağıtılmış ve şifrelenmiş veri blokları kullanmaları nedeniyle nesnelerin internetinin güvenliği için de kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, internete bağlı bir nesnenin tuttuğu kayıtların değiştirilmesine yönelik bir saldırı, blokzincirin tamamı tarafından korunacağı için başarısız olacaktır. NFT'ler bu nesnelere hem donanım hem de yazılım bakımından güvenli hale getirmek için kullanılabilirler. Bu da nesnelerin ürettikleri verinin, şüpheye yer bırakmayacak şekilde güvenli kabul edilmesi sonucunu getirmektedir (Arcenoui vd., 2021).

İşlevsel NFT'lerin pratik olarak kullanıldığı bir diğer alan ise onaylı giriş gerektiren organizasyonlardır. Örneğin, günümüzde kullanılan etkinlik biletleme sistemlerinin, hileye açık olmak ve ikinci el değişimleri üzerinde yeterli kontrolü sağlayamamak gibi sorunları vardır. Ayrıca bu sistemler güvenilirlik için üçüncü bir tarafa ihtiyaç duymaktadırlar. Herhangi bir etkinlik için biletler yetkili bir satıcıdan satın alınabilir. Fakat farklı fiyatlardan bilet satışının olduğu yetkisiz platformlar da mevcuttur ve bu platformlar giderek büyümektedirler. Üçüncü tarafların kazandığı bu işleyiş asıl taraflar olan tüketici ve etkinlik düzenleyicilerin yararını gözetmemektedir. Tüketiciler bu platformlardan bilet alırken üçüncü taraflara güvenmek durumundadırlar ve hile ve kandırılma riski ile karşı karşıyadırlar. Karekod benzeri çözümler bilgiyi kodlarlar fakat şifrelemezler ve taklit edilmeye açıktırlar. Ayrıca tüketiciler biletlerin üzerindeki bu kodları doğrulayacak araçlardan yoksundurlar. Aynı kodlu biletin birden çok kez satılması çok sık rastlanılan bir durumdur. NFT'ler tüketicilere benzersiz sertifikalar sunarak, hem bu pazarı yöneten üçüncü taraflara olan gereksinimi ortadan kaldırır hem de güvenlik açıklarını giderir (Regner vd., 2019).

İşlevsel NFT'lerin sektörel bazda kullanımının bir örneği ilaç tedarik zincirinin denetim altında tutulmasıdır. Bu zincir üretici, toptancı, dağıtıcı ve eczacıdan oluşmakta ve bütünlüğü olmayan sistemlerle takip edilmeye çalışılmaktadır. İlaçların el değiştirmeleri sırasında bilgi kopuklukları da sıklıkla meydana gelmektedir. Bu sorunu çözmek amacı ile farklı elektronik takip sistemleri kullanılmaktadır. Bunlar genellikle RFID (radyo frekansı ile tanımlama) ve NFC (yakın alan iletişimi) gibi etiket algılama yöntemlerine dayanmaktadır. Fakat bu etiketlerin kopyalanarak kullanıcılara sahte veya standart dışı ilaçların

satılmasının tamamen önüne geçilememektedir. Bu soruna çözüm olarak bütün zincir boyunca ilaçların toptan ya da kutu bazında takip edilmesini sağlayacak NFT etiketlemesi önerilmektedir (Omar & Basir, 2020).

Metaverse

“Meta” (öte) ve “verse” (evrenden türetilen) sözcüklerinin birleşimiyle oluşan metaverse kavramı gerçek dünyanın bir yansıması olan, içerisinde, insanların avatarlar üzerinden birbirleri ve uygulamalarla etkileşimde olabildikleri yeni nesil bir sanal evrene karşılık gelmektedir. Teknolojik ilerlemelerle birlikte kullanıcı sayısı artmakta ve yüksek miktarda veri içeren metaverse aktiviteleri gerçeğe yaklaşmaktadır. Metaverse üzerindeki etkileşim arttıkça değeri artmakta ve veri güvenliği giderek daha önemli hale gelmektedir. NFT’ler kullanılarak metaverse üzerinde ödemeler güvenli şekilde yapılabilir ve elde edilen varlıkların mülkiyet hakkı garanti edilebilir (Jeon vd., 2021). Aynı zamanda NFT olarak üretilen avatarlar, kullanıcıların sanal profillerini benzersiz şekilde oluşturabilmelerine ve etkileşimlerini derinleştirmelerine olanak sağlamaktadır.

Metaverse’ün merkezi bir şekilde geliştirilip yönetilmesi yolunu seçen FAANG (Facebook, Apple, Amazon, Netflix, Google) şirketleri karşısında, metaverse kavramını NFT’ler ve bağlantılı akıllı sözleşmelerin kullanıldığı açık kaynaklı protokollere dayandıran girişimler de mevcuttur. Bu girişimlerin en önemlisi NFT bazlı bir metaverse projesi olan ve merkezi yerine kullanıcı veya topluluk bazlı yönetimi tercih eden Decentraland’dır (*Decentraland*, 2022). Decentraland emlak kavramını metaverse üzerinde sanal gerçeklik ve blokzincir teknolojisini birleştirerek uygulamaktadır (Dowling, 2021). Bu platformda, Ethereum standartlarında üretilen jetonlar (MANA Token), NFT’leri (LAND Token) satın almak için kullanılmaktadır. Buradaki jetonlar gerçek hayattaki paraya, NFT’leri ise satın alınan gayrimenkulun tapusuna benzetilebilir. Kullanıcılar satın aldıkları arazi üzerinde yapı kurabilmekte, bu yapılara ilanlar olarak para kazanabilmekte veya koleksiyonlar için sergiler açabilmektedirler. Toprak, varlık ve oyun NFT’lerinden oluşan sanal bir dünyaya başka bir örnek de Sandbox’tır (*The Sandbox Game*, 2022). Sandbox’ta kullanıcılar kendi üretimlerinin ve topraklarının sahibi olmaktadır. Her iki metaverse de NFT ağ operasyonlarını Ethereum platformu üzerinden yapmaktadırlar (Garon, 2022).

Çevrimiçi platformlarda, kullanıcılar tarafından oluşturulan içerikler her zaman geliştiricilerinin kurallarına uymak durumunda değildirler ve değişik biçimlerde olabilirler. Bu noktada blokzincir tabanlı NFT’ler, metaverse üzerindeki içeriklerin doğrulanması ve mülkiyetlerin belirlenmesi konusunda güvenilir bir yol olarak ortaya çıkmaktadır. Örneğin, blokzincir tabanlı olarak geliştirilen üniversite kampüs metaverse’ü (The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen) kullanıcılara üç boyutlu nesnelere üretebilmeleri için yazılımlar sunmakta ve üretilen parçalar NFT olarak saklanabilmektedir. Bu NFT’ler daha sonra

ticarileştirilebilmekte ya da koleksiyon parçası olarak tutulabilmektedir (Duan vd., 2021).

Diğer uygulamalar

Yukardaki kategorilerde yer almayan uygulamalar bu başlık altında incelenmiştir. Örneğin, Twitter CEO'su Jack Dorsey'in, 2006'da yazmış olduğu ilk tweet'inin NFT'si 2,9 milyon dolara satılmıştır (Harper, 2021). Benzer şekilde 2007'de hashtag kullanılan ilk tweet de 2021 yılında 10000 dolara satılmıştır (Valuables, 2007). Bu kategorinin bir başka örneği, Android ve IOS cihazlarda kullanılabilen STEP N sağlık uygulamasıdır (STEP N, 2021). Bu uygulama kullanıcılara çeşitli özelliklere sahip NFT spor ayakkabıları sunmaktadır. Kullanıcılar gerçek hayatta yürüyüş ve koşu yaparak kripto para kazanabilir, bu kazançlarla daha üstün özelliklere sahip spor ayakkabılar alabilirler.

NFT'ler, SuperRare (*SuperRare | NFT Art | NFT Art Marketplace | Digital Art*, 2022), Nifty Gateway (*Nifty Gateway*, 2022), OpenSea (*OpenSea, the largest NFT marketplace*, 2022), Rarible (*Rarible – Create, sell or collect digital items secured with #blockchain*, 2022), Mintable (*Mintable.app - Home*, 2022), Binance (*Binance NFT | Marketplace for NFTs and Mystery Boxes*, 2022) ve crypto.com (*Crypto.com NFT | Buy, Sell, Discover Exclusive Digital Collectibles*, 2022) gibi çeşitli platformlarda üretilip el değiştirebilirler. Ayrıca bu platformlarda, NFT'ler sanal cüzdanlar üzerinden alınıp satılabilirler (Cornelius, 2021). Bu platformlarla beraber Ethereum tabanlı NFT pazarlarına dair verilerin yer aldığı en büyük web sitesi olan NonFungible (NonFungible.com, 2022) incelenebilir.

SONUÇ

NFT'ler genellikle dijital sanat eserleri ya da oyun materyalleri sahipliğini tanımlamakta kullanılsa da dijital dünyada kullanıcılar tarafından oluşturulan her türlü içeriğin sahipliğinin belirlenmesi ve ticarileştirilmesi konusu yeni bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sahiplik sınırlı sayıda ya da eşsiz üretilen sanat eserleri için olabilirken diğer yandan akıllı sözleşmeler için de sözleşmenin tarafı olmak şeklinde tezahür etmektedir.

NFT'ler özellikle 2021 yılında artırdıkları pazar payıyla dijital ekonomide yerlerini almıştır. Özellikle sanat eserleri ve modern sanatta kayda değer bir patlama gerçekleştiren NFT satışlarının 2022 yılıyla birlikte bir miktar durması ve ardından tekrar yukarı doğru ivmelenmesi beklenmektedir. Gelecekte, Da Vinci'nin Mona Lisa eseri gibi değeri milyarlarla ölçülen NFT sanat eserlerinin duvarlarda yerlerini almaları hiç şaşırtıcı olmayacaktır. Diğer yandan blokzincir teknolojilerinin yaygınlaşması ile birlikte, daha az merkezi bir internet yapısının dolayısı ile daha dağıtık iş modellerinin ve buna uyumlu bir ekonomik ve finansal işleyişin gelişmesi kaçınılmazdır. Bankaların olmadığı mevduat hesaplarına, acentaların olmadığı sigortalara alışacağımız dönem çok uzakta değildir. Aynı

zamanda banka, emlak ofisi vb. üçüncü bir taraf olmadan başvurulacak kredilerle alınacak gayrimenkuller ile gene taraf olarak alıcı ve satıcı dışında başkasının bulunmayacağı araç satışlarının da yakın bir gelecekte mümkün olacağı düşünülmektedir.

NFT transferinde kullanılan platformların ve dolayısıyla NFT'lerin artmasıyla bunlara bağlı ekonomi büyümekte ve bu piyasaların geleneksel piyasalarla olan bağlantısı daha çok araştırmaya ve planlamaya dair ihtiyaç doğurmaktadır. NFT piyasalarının işleyişi, diğer varlıklarla etkileşimi, NFT piyasalarının güvenliği ve geleceği gibi konular bu konuda araştırma alanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknolojik gelişmeler bazı alanlarda yerleşik hukuk sisteminin yetersiz kalması veya yeni işleyiş ile çelişmesi sonucunu doğuracaktır. Bu hukuksal alanlar NFT'leri de kapsayacak biçimde yeni araştırma konuları sunmaktadır. Belki de bu süreç klasik hukuk düzenini de tasfiye ederek NFT'ler üzerinden sadece tarafların anlaşmazlıklarını çözüp uzlaşabildikleri sistemler doğuracaktır.

Sosyal platformlar, metaverse gibi sanal platformlar, yazılım ve uygulama geliştirme platformları gibi alanlarda NFT uygulamalarının önerilmesi ve geliştirilmesi araştırmaya açık konulardır. Bu çalışma yapıldığında akıllı sözleşmelerle ilgili birçok uygulama önerisi olmasına rağmen yapılmış ve çalışan çok fazla uygulama bulunmadığından bu konu yeterince incelenememiştir. Fakat bu alandaki örneklerin artacağı öngörülmektedir. NFT'lerin yakın bir gelecekte finans, sanat ve diğer kategorilerde hızlıca yayılarak konularının en önemli bileşeni haline alacakları aşikardır. Bu çalışmanın Türkçe literatüre NFT ile bununla ilgili kavramlar çerçevesinde temel bilgileri aktarması umulmaktadır.

Yazar Katkı Oranları ve Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar çalışmaya eşit katkı vermiştir ve herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

Aharon, D. Y., & Demir, E. (2021). NFTs and asset class spillovers: Lessons from the period around the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*, 102515. <https://doi.org/10.1016/J.FRL.2021.102515>.

Ali, M., & Bagui, S. (2021). Introduction to NFTs: the future of digital collectibles. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(10), 50–56. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121007>.

Ante, L. (2021a). Smart contracts on the blockchain – a bibliometric analysis and review. *Telematics and Informatics*, 57, 101519. <https://doi.org/10.1016/J.TELE.2020.101519>.

Ustaoglu, E., Kiran, S., Bağcı, M., Emre, İ. E. DEÜ SBE Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 4

Ante, L. (2021b). The non-fungible token (NFT) market and its relationship with Bitcoin and Ethereum. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3861106>.

Arapoğlu, F. (2021). Sanatta aktüel gündem: kripto sanat (NFT). *Aurum Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 91–93.

Arcenegui, J., Arjona, R., Román, R., & Baturone, I. (2021). Secure combination of iot and blockchain by physically binding iot devices to smart non-fungible tokens using pufs. *Sensors*, 21(9). <https://doi.org/10.3390/s21093119>.

Artnet News. (2021). <https://news.artnet.com/art-world/uffizi-gallery-michelangelo-botticelli-nfts-1969045>, (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

BAYC. (2022). <https://boredapeyachtclub.com/#/home>, (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Beekhuizen, C. (2021). *Ethereum's energy usage will soon decrease by ~99.95%*. Ethereum Foundation Blog. <https://blog.ethereum.org/2021/05/18/country-power-no-more/>, (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Beeple (b. 1981), Everyday: The First 5000 Days | Christie's. (2021). <https://onlineonly.christies.com/s/first-open-beeple/beeple-b-1981-1/112924> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Binance NFT | Marketplace for NFTs and Mystery Boxes. (2022). <https://www.binance.com/en/nft/home> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

BoredApeYachtClub - Profile | OpenSea. (2022). <https://opensea.io/BoredApeYachtClub?tab=created> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Bosworth Tetikoğlu, E. M. (2022). *5 Eco-Friendly Appliances Worth The Money*. brightly. <https://brightly.eco/5-eco-friendly-appliances-worth-the-money/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Buterin, V. (2013). *Ethereum whitepaper - a next-generation smart contract and decentralized application platform*. <https://ethereum.org/en/whitepaper/#a-next-generation-smart-contract-and-decentralized-application-platform> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Çallı, F. (2021). NFT teknolojisine turizm perspektifi ile bir bakış. *Journal of New Tourism Trends (JOINNT)*, 2(2), 161–172.

CEMYILMAZMCMLXXIII - Profile | OpenSea. (2022). <https://opensea.io/CEMYILMAZMCMLXXIII?tab=created> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>

Claeys, G., Demertzis, M., & Efstathiou, K. (2018). Cryptocurrencies and monetary policy. *Bruegel Policy Contribution*, 10.

Conti, R., & Schmidt, J. (2022). *What Is An NFT? Non-Fungible Tokens Explained*. Forbes Advisor. <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/nft-non-fungible-token/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Cornelius, K. (2021). Betraying blockchain: accountability, transparency and document standards for non-fungible tokens (nfts). *Information (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/info12090358>

Crosby Nachiappan Pradan Pattanayak Sanjeev Verma, M., & Kalyanaraman, V. (2016). BlockChain technology: beyond bitcoin. *Applied Innovation Review*, 2, 6–19.

Crypto.com NFT | Buy, Sell, Discover Exclusive Digital Collectibles. (2022). <https://crypto.com/nft> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

CryptoKitties | Collect and breed digital cats! (2022). <https://www.cryptokitties.co/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

CryptoPunks. (2022). <https://www.larvalabs.com/cryptopunks> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

de Vries, A. (2020). Bitcoin's energy consumption is underestimated: a market dynamics approach. *Energy Research and Social Science*, 70. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2020.101721>

Decentraland. (2022). <https://decentraland.org/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Digiconomist.net. (2022). *Bitcoin Energy Consumption Index - Digiconomist*. digiconomist.net. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Dowling, M. M. (2021). Fertile LAND: pricing non-fungible tokens. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3813522>

Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). Metaverse for social good: a university campus prototype ACM reference format. *Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia*, 153–166. <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>

Dursun, N. (2021). NFT/Kripto sanat ve hareketli grafik ilişkisi. *Humanities and Administrative Sciences*, 7(40), 1037–1055. <https://doi.org/10.31589/JOSHAS.649>

Ustaoglu, E., Kiran, S., Bağcı, M., Emre, İ. E. DEÜ SBE Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 4

Evans, T. M. (2019). Cryptokitties, cryptography, and copyright. *AIPLA Quarterly Journal*, 47(2).

Fernandez, P. (2021). Non-fungible tokens and libraries. *Çinde Library Hi Tech News* (C. 38, Sayı 4, ss. 7–9). <https://doi.org/10.1108/LHTN-08-2021-0048>

Florent, D. (2021). *What is the \$ENS governance token?* NonFungible.com. <https://nonfungible.com/blog/ens-governance-token-utility> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Fractal Istanbul - Pandemi Bird's eye view. (2022). <https://rarible.com/token/0xd07dc4262bcd8f85190c01c996b4c06a461d2430:270318?tab=owners> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Frankenfield, J. (2022). *Gas (Ethereum) Definition.* Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/g/gas-ethereum.asp> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Garon, J. M. (2022). Legal implications of a ubiquitous metaverse and a Web3 future. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.4002551>

Haar, R. (2022). *The 10 most popular cryptocurrencies, and what you should know about each before you invest.* <https://time.com/nextadvisor/investing/cryptocurrency/types-of-cryptocurrency/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Harper, J. (2021). *Jack Dorsey's first ever tweet sells for \$2.9m - BBC News.* BBC News. <https://www.bbc.com/news/business-56492358> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

He, W., & Zheng, H. (2021). Literature review on block chain: technology, principle and development. *Journal of Physics: Conference Series*, 1848(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1848/1/012166>

Hewa, T., Ylianttila, M., & Liyanage, M. (2021). Survey on blockchain based smart contracts: Applications, opportunities and challenges. *Journal of Network and Computer Applications*, 177, 102857. <https://doi.org/10.1016/J.JNCA.2020.102857>

Hissong, S. (2021). *Kings of leon will be the first band to release an album as an NFT.* Rolling Stone. <https://www.rollingstone.com/pro/news/kings-of-leon-when-you-see-yourself-album-nft-crypto-1135192/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Howcroft, E. (2022). *NFT sales hit \$25 billion in 2021, but growth shows signs of slowing.* Reuters. <https://www.reuters.com/markets/europe/nft-sales-hit-25-billion-2021-growth-shows-signs-slowing-2022-01-10/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Jeon, H., Youn, H., Ko, S., & Kim, T. (2021). Blockchain and AI meet in

the metaverse. *Blockchain Potential in AI.*
<https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.99114>

Kendrick, L. (2020). *Non-Fungible Tokens A Brief Introduction and History.*

King, S., & Nadal, S. (2012). *PPCoin: peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake.* <https://archive.org/details/PPCoinPaper>

Kings of Leon x Yellowheart NFTS - Collection | OpenSea. (2022).
<https://opensea.io/collection/kings-of-leon-yellowheart-nfts>

Köhler, S., Pizzol, M., & Sarkis, J. (2021). Unfinished paths—from blockchain to sustainability in supply chains. *Frontiers in Blockchain, 0*, 45.
<https://doi.org/10.3389/FBLOC.2021.720347>

Kugler, L. (2021). Non-fungible tokens and the future of art. *Communications of the ACM, 64*(9), 19–20. <https://doi.org/10.1145/3474355>

Magotra, V. q, Prithviraj, K., Patel, S., & Gupta, P. (2021). Blockchain and its application in non-fungible tokens. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, 7*(2), 631–633.
<https://doi.org/10.32628/CSEIT2172135>

Martinod, N., Homayounfar, K., Lazzarotto, D., Upenik, E., & Ebrahimi, T. (2021). Towards a secure and trustworthy imaging with non-fungible tokens. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 11842.*
<https://doi.org/10.1117/12.2598436>

Mintable.app - Home. (2022). <https://mintable.app/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change 2018 8:11*, 8(11), 931–933.
<https://doi.org/10.1038/s41558-018-0321-8>

Musiala Jr., R. A., Wasick, J. F., Murphy, K. R., & Reynolds, V. (2022). *Introduction to Non-Fungible Tokens.* BakerHostetler. <https://www.bakerlaw.com/Introduction-to-Non-Fungible-Tokens> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, L. M., & Baronchelli, A. (2021). Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features. *Scientific Reports, 11*(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-00053-8>

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.* www.bitcoin.org (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Ustaoglu, E., Kiran, S., Bağcı, M., Emre, İ. E. DEÜ SBE Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 4

Namecoin. (2022). <https://www.namecoin.org/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

NBA Top Shot | Officially Licensed Digital Collectibles. (2022). <https://nbatopshot.com/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

NFTs by Refik Anadol | Nifty Gateway. (2022). <https://niftygateway.com/marketplace/artist/9858> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Nifty Gateway. (2022). <https://niftygateway.com/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

NonFungible.com. (2022). *NonFungible.com*. *NonFungible.com*. <https://nonfungible.com/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Omar, A. S., & Basir, O. (2020). Secure anti-counterfeiting pharmaceuticals supply chain system using composable non-fungible tokens. *Blockchain for Cybersecurity and Privacy*, 243–259. <https://doi.org/10.1201/9780429324932-14>

OpenSea, the largest NFT marketplace. (2022). <https://opensea.io/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Özirili, Y. (2021). Olmayan müze: kripto sanat. *Journal of Tourism Studies*, 3(1), 1–14.

Pınar Saygın, E., Findıklı, S., Üyesi, Ö., & Dumlupınar Üniversitesi, K. (2021). Tuvalden tuşa: Sanat pazarındaki dijital dönüşümde NFT'lerin rolü. *Business & Management Studies: An International Journal*, 9(4), 1452–1466. <https://doi.org/10.15295/BMIJ.V9I4.1930>

Rarible – Create, sell or collect digital items secured with #blockchain. (2022). <https://rarible.com/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Regner, F., Schweizer, A., & Urbach, N. (2019). NFTs in practice - Non-fungible tokens as core component of a blockchain-based event ticketing application. *40th International Conference on Information Systems, ICIS 2019*.

Şağban, E. E. (2021). NFT'ler özelinde siber sigortaya bir bakış. *Bilişim Hukuku Dergisi*, 3(2), 430–493. <https://doi.org/10.55009/bilismhukukudergisi.944919>

Schwab, C. (2022). *Cryptocurrencies: What are they?* <https://www.schwab.com/learn/story/cryptocurrencies-what-are-they> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Senkardes, C. G. (2021). Blockchain technology and NFT's: a review in music industry. *Journal of Management, Marketing and Logistics-JMML*, 8(3), 154–163. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1454>

Shah, V. (2022). NFT: an overview, investment perception and its

sustainability. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 10(3). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.40935>

Singhal, B., Dhameja, G., & Panda, P. S. (2018). How blockchain works. *Beginning Blockchain*, 31–148. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3444-0_2

STEPN. (2021). *STEPN is a Web3 lifestyle app with Social-Fi and Game-Fi elements*. STEPN. <https://stepn.com/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

SuperRare | NFT Art | NFT Art Marketplace | Digital Art. (2022). <https://superrare.com/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Szabo, N. (1997). *The Idea of Smart Contracts*. <https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

TarTol - Profile | Rarible. (2022). <https://rarible.com/tartol/sale> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

The Sandbox Game. (2022). <https://www.sandbox.game/en/> (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

Trautman, L. J. (2021). Virtual art and non-fungible tokens. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3814087>

Valeonti, F., Bikakis, A., Terras, M., Speed, C., Hudson-Smith, A., & Chalkias, K. (2021). Crypto collectibles, museum funding and openGLAM: Challenges, opportunities and the potential of non-fungible tokens (NFTs). *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/app11219931>

Valuables. (2007). *Valuables*. Valuables. <https://v.cent.co/tweet/223115412>

Vujičić, D., Jagodić, D., & Randić, S. (2018). Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: a brief overview. *2018 17th International Symposium on INFOTEH-JAHORINA, INFOTEH 2018 - Proceedings, 2018-Janua*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH.2018.8345547>

Wackerow, P. (2022). *Proof-of-stake (PoS)*. [ethereum.org. https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/](https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/) (Erişim Tarihi: 29.11.2022).

EK 1: Sözlük

- **Blokzincir (Blockchain):** Verileri dağıtık bir biçimde bir bilgisayar ağının düğümleri üzerinde birbirlerini doğrulayan ardışık bloklar biçiminde tutan veri tabanı.
- **NFT (Non-Fungible Token):** Akıllı sözleşmelere dayanan, nadir, takas edilemeyen ve bölünemeyen dijital varlık.
- **Kripto para (cryptocurrency):** Blokzincir teknolojisi üzerinde şifreleme yöntemleri kullanılarak üretilen sanal para.
- **Bitcoin:** Blokzincir teknolojisi ile üretilen ilk kripto para birimi. 1 Bitcoin 100 milyon Satoshi'dir (SATS).
- **Ethereum:** Kripto para işlemleri için blokzincir teknolojisini kullanan, dağıtık bir bilgi işlem platformudur.
- **Ether:** Ethereum ağının para birimi.
- **Akıllı sözleşme (smart contract):** Tarafların onayı ile otomatik olarak devreye giren sözleşme algoritması.
- **Kripto token:** Bitcoin ya da NFT gibi blokzincir üzerinde üretilen dijital varlıklar.
- **Sanal cüzdan (wallet):** Dijital varlıkların çevrimiçi saklanmasını sağlayan özel anahtarı içeren yazılım.
- **Soğuk cüzdan (cold wallet):** Dijital varlıkların çevrimdışı saklanmasını sağlayan özel anahtarı içeren donanım.
- **Evrenötesi (metaverse):** Sosyal medya, dijital oyun, artırılmış ya da sanal gerçeklik kavramları etrafında oluşturulan sanal evren.
- **Renkli para (color coin):** Kaynağı ya da yaratıcısının belirlenebilmesi için diğerlerinden ayırt edilebilecek şekilde işaretlenmiş Bitcoin.
- **Nesnelerin interneti (Nİ) (Internet of Things – IoT):** Sensörler, yazılım ve diğer teknolojilerle donatılmış fiziksel nesnelere oluşan internet ağı.
- **Hash:** Farklı büyüklüklerdeki verilerin (bit) sabit bir büyüklüğe geri çevrilemez biçimde dönüştürülmesidir.
- **Dağıtık defter (Distributed ledger):** Farklı lokasyonlardaki altyapılar üzerinde kurulu eşzamanlı erişim, doğrulama ve güncelleme olanağı sunan ve blokzincir teknolojisi ile şifrelenen ana defter.
- **Mint:** Kripto para basmak veya NFT oluşturmak.
- **Gas:** Ethereum platformu işlem ücreti birimi.
- **Peer-to-peer transaction:** Eşler arası, aracı olmaksızın gerçekleşen işlem.
- **Zaman damgası (Time stamp):** Bir elektronik işlemin gerçekleştiği anı gösteren belirteç.