

ABSTRACT

Attraverso l'utilizzo di metodologie di ricerca quali l'analisi documentale e lo studio di casi, questa tesi offre una panoramica approfondita sul futuro del metaverso e degli NFT (non-fungible token). I risultati ottenuti contribuiranno a una migliore comprensione delle implicazioni socio-culturali, delle sfide tecnologiche e delle opportunità di investimento che emergono da questi fenomeni in rapida evoluzione. Nel primo capitolo, viene presentato il concetto di metaverso come una realtà virtuale persistente condivisa da una comunità di utenti, fornendo una panoramica sulla sua storia e sui suoi sviluppi tecnologici nel corso degli anni. L'analisi si estende alle possibilità e ai rischi offerti dal metaverso, con un particolare focus sulle esperienze dei clienti e l'analisi di casi specifici. Nel secondo capitolo, vengono introdotti i concetti di blockchain e criptovalute, fornendo una comprensione di base delle tecnologie che supportano gli NFT. Si esamina la struttura dei blocchi e il funzionamento della blockchain, approfondendo le principali criptovalute in circolazione, come Bitcoin ed Ethereum. Questo capitolo si conclude con una riflessione sul ruolo delle criptovalute nell'ecosistema degli NFT. Il terzo capitolo approfondisce il concetto degli NFT, definendoli e tracciando la loro evoluzione storica. Si esaminano le diverse tipologie di token non fungibili e si mette in luce l'importanza degli smart contract nel garantire la loro autenticità e tracciabilità. Inoltre, vengono esplorate le piattaforme che supportano tali token unici, analizzandone le caratteristiche e le funzionalità offerte. Si discutono le prospettive di un mercato potenziale per gli NFT all'interno del contesto del metaverso, esplorando le possibili applicazioni e l'interazione con gli utenti. Infine, il capitolo si conclude con considerazioni sulle opportunità di investimento legate a queste forme di tokenizzazione uniche, prendendo in considerazione i trend di mercato e le implicazioni finanziarie derivanti dalla crescente adozione di questa tecnologia innovativa.

ABSTRACT

Through the use of research methodologies such as document analysis and case studies, this thesis provides an in-depth overview of the future of the metaverse and non-fungible tokens (NFTs). The findings will contribute to a better understanding of the socio-cultural implications, technological challenges and investment opportunities emerging from these rapidly evolving phenomena. In the first chapter, the concept of the metaverse as a persistent virtual reality shared by a community of users is presented, providing an overview of its history and technological developments over the years. The analysis extends to the possibilities and risks offered by the metaverse, with a particular focus on customer experiences and analysis of specific cases. In the second chapter, the concepts of blockchain and cryptocurrency are introduced, providing a basic understanding of the technologies that support NFTs. Blockchain structure and operation is examined, delving into the main cryptocurrencies in circulation, such as Bitcoin and Ethereum. This chapter concludes with a discussion of the role of cryptocurrencies in the NFT ecosystem. The third chapter delves into the concept of NFTs, defining them and tracing their historical evolution. It examines the different types of non-fungible tokens and highlights the importance of smart contracts in ensuring their authenticity and traceability. In addition, platforms that support such unique tokens are explored, analyzing their features and the functionality they offer. The prospects of a potential market for NFTs within the context of the metaverse are discussed, exploring possible applications and user interaction. Finally, the chapter concludes with considerations of investment opportunities related to these unique forms of tokenization, considering market trends and financial implications arising from the growing adoption of this innovative technology.

Indice

ABSTRACT	I
Introduzione.....	1
CAPITOLO I IL METAVERSO.....	1
1.1 Concetto di Metaverso	1
1.1.1 Origini del nome	3
1.2 Storia del metaverso	4
1.3 L'evoluzione delle tecnologie immersive	7
1.4.1 <i>Meta</i>	10
1.4 L'utente nel metaverso.....	12
1.4.1 Gli avatar.....	16
1.5 Business nel metaverso	17
1.5.1 <i>Possibilità e rischi</i>	19
1.5.2 <i>La customer experience</i>	20
1.5.3 <i>Il caso H&M</i>	21
1.6 Sfide ancora aperte	23
1.7 Conclusione.....	25
CAPITOLO II: LA BLOCKCHAIN E LE CRIPTOVALUTE	26
2.1 Concetto di blockchain	27
2.1.2 <i>La struttura dei blocchi</i>	32
2.1.2 <i>Il funzionamento</i>	34
2.2 Le principali cripto-valute in circolazione.....	38
2.2.1 <i>Bitcoin</i>	41
2.2.2 <i>Ethereum</i>	43
2.3. Conclusioni	45
CAPITOLO III: INVESTIRE NEL METAVERSO.....	46
3.1 Cosa sono i Non-fungible token.....	47
3.1.1 <i>La storia degli NFT</i>	49
3.2 Tipologie di NFT.....	53
3.2.2 <i>Gli smart contracts</i>	61
3.3 Le piattaforme	64
3.4 NFT e Metaverso: prospettive di un mercato potenziale.....	66
3.5 Conclusioni	72
Indice delle figure	73
Bibliografia.....	74

Introduzione

CAPITOLO I IL METAVERSO

In un futuro non troppo lontano, incontreremo i nostri amici in uno spazio virtuale che in realtà non esiste fisicamente, nel quale parleremo, scherzeremo e interagiremo con gli altri restando, però, comodamente seduti sul sofà delle nostre case, ovunque esse siano. Indosseremo un paio di occhiali per vedere ciò che i nostri occhi non possono vedere, oltrepassando i limiti dell'immaginazione³.

Il concetto di metaverso sta guadagnando sempre più attenzione e popolarità nel mondo digitale, promettendo di trasformare l'esperienza umana. Il termine "metaverso" è stato coniato dallo scrittore Neal Stephenson nel suo romanzo del 1992 "Snow Crash" e da allora è stato utilizzato per descrivere un universo virtuale completamente immersivo, nel quale le persone possono interagire in un ambiente digitale 3D. Negli ultimi anni, lo sviluppo delle tecnologie immersive, come la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR), ha portato a una crescita dell'interesse e dell'investimento nel concetto di metaverso. Queste tecnologie consentono di creare esperienze virtuali sempre più realistiche e coinvolgenti, che stanno trasformando l'industria del gaming e dell'intrattenimento. Ma il metaverso non è solo una piattaforma di intrattenimento: molte aziende stanno esplorando il suo potenziale per creare esperienze di business immersive, come sale riunioni virtuali e negozi online completamente interattivi. Il potenziale del metaverso per migliorare l'esperienza del cliente risulta essere molto ampio, e molte aziende stanno già sperimentando soluzioni innovative in questo campo. L'universo virtuale è abitato da persone provenienti da tutto il mondo, che attraverso il proprio avatar (un alter ego digitale) si connettono per interagire. Ciò apre la possibilità di creare una comunità globale di persone che condividono interessi e passioni simili, senza le limitazioni geografiche e temporali. Tuttavia, esistono anche sfide da affrontare nel creare un metaverso sostenibile ed inclusivo. Tra queste vi sono questioni di privacy e sicurezza, accessibilità e diversità, e la necessità di stabilire standard e protocolli per consentire la collaborazione e l'interoperabilità tra le diverse piattaforme. Questo capitolo si prefigge il compito di delineare il concetto di metaverso, andando ad indagarne l'origine, le caratteristiche principali e la sua storia. In un secondo momento si esaminerà l'evoluzione delle tecnologie immersive per poi fotografare gli utenti che lo abitano ed i possibili business.

³ (Leone, et al., 2022)

1.1 Concetto di Metaverso

Il metaverso è un concetto molto vasto ed in costante mutamento, è un successore di Internet basato sulla realtà virtuale, in cui gli esseri umani utilizzano avatar digitali per esplorare il mondo online. (Stephenson, 1992)

“Proprio come era difficile immaginare nel 1982 cosa sarebbe stato Internet [...] e ancora più difficile comunicarlo a coloro che non vi avevano mai avuto accesso all’epoca, non sappiamo davvero come descrivere il Metaverso”⁴.

Stephenson raffigurava il metaverso come una realtà virtuale tridimensionale nella quale gli individui, nei panni dei loro sostituti digitali, intrattenevano il proprio tempo.

Una struttura immaginaria quindi, costituita da codici, un mondo alternativo al quale gli individui possono accedere attraverso l’utilizzo di speciali occhiali di realtà virtuale.

“[...] Hiro non è affatto lì dove si trova, bensì in un universo generato dal computer che la macchina sta disegnando sui suoi occhiali e pompando negli auricolari. Nel gergo del settore, questo luogo immaginario viene chiamato Metaverso. Hiro trascorre molto tempo nel Metaverso. Lo aiuta a dimenticare” (Stephenson, 1992)

In termini generali si tratta di una rete su larga scala a cui l’utente accede attraverso l’utilizzo di tecnologie che permettono interazioni multisensoriali con ambienti virtuali, oggetti e persone digitali.

La definizione di metaverso varia a seconda del punto di vista e dello scopo. Tuttavia, il metaverso comunemente discusso è un mondo virtuale in linea con il mondo reale: è uno spazio per interagire con altri utenti.

Questo universo digitale si compone di mondi virtuali 3D, ancora in fase di sviluppo, che possono essere abitati dai nostri alter ego, gli avatar, in modo sincrono e persistente attraverso un senso di presenza individuale (David & Won., 2022).

Il metaverso definitivo dovrebbe essere rappresentato da una somma di spazi interconnessi in cui ci si può muovere liberamente ed in cui è possibile trasportare beni ed effettuare

⁴ Matthew Ball, statunitense autore del libro “Metaverso “e partner di Makers Fund, il più grande fondo di investimento al mondo dedicato all’intrattenimento e ai videogiochi.

acquisti, utilizzando la stessa moneta o monete diverse ma interscambiabili tra loro (Moro Visconti & Cesaretti, 2022).

Per Matthew Ball analista e commentatore dell'industria dell'intrattenimento con un'attenzione particolare per il mondo dei media digitali, autore del saggio "Metaverso"

“È importante capire che il metaverso non è un gioco, né un pezzo di hardware, né un'esperienza online. Sarebbe come dire che World of Warcraft, l'iPhone o Google sono Internet. Sono mondi digitali, dispositivi, servizi, siti Web, eccetera. Internet è un ampio insieme di protocolli, tecnologia, canali e linguaggi, oltre che dispositivi di accesso, contenuti ed esperienze di comunicazione al di sopra di quell'insieme. Anche il metaverso lo sarà”.⁵

Questa definizione mette in luce l'idea che il metaverso non sia esplicabile in una singola entità o tecnologia, ma un insieme di diverse tecnologie, piattaforme e servizi che permettono la creazione di un mondo virtuale condiviso.

Il metaverso è un concetto in continua evoluzione che coinvolge la realtà virtuale, la realtà aumentata, la blockchain, l'intelligenza artificiale e molte altre tecnologie innovative.

Il concetto di metaverso quindi si estende ben oltre il settore dell'intrattenimento, offrendo opportunità di innovazione in diversi campi, dall'educazione alla formazione, dal commercio all'arte. Meta e Google sono due tra le grandi multinazionali che stanno investendo miliardi di dollari nella creazione di piattaforme di realtà virtuale e aumentata che permettano agli utenti di immergersi in un'esperienza sempre più realistica e coinvolgente. Il metaverso rappresenta una delle prospettive più interessanti del futuro digitale, offrendo molte opportunità di innovazione e di miglioramento della qualità della vita, ma anche sollevando importanti questioni etiche come la privacy e la sicurezza dei dati, il controllo sui contenuti e sulle informazioni, e la discriminazione basata sull'accesso alle tecnologie. Ci sono anche sfide sociali, come la creazione di comunità online positive e la gestione della violenza e del bullismo digitale, sociali e legali che verranno esaminate nei paragrafi seguenti.

È importante notare che il metaverso rappresenta un concetto in continua evoluzione ed attualmente non esiste una definizione o un'implementazione standardizzata. La sua natura è aperta all'interpretazione e alle potenziali applicazioni che la tecnologia e la società possono offrire nel corso del tempo.

⁵ Matthew Ball, statunitense autore del libro "Metaverso" e partner di Makers Fund, il più grande fondo di investimento al mondo dedicato all'intrattenimento e ai videogiochi.

1.1.1 Origini del nome

La parola metaverso è attualmente ovunque: compare sulle prime pagine dei giornali, è continuamente citata come la nuova tendenza all'ultima moda, ricorre nei discorsi degli amministratori delegati di ogni settore economico. (Ball, 2022)

Il termine Metaverso fu coniato da Neal Stephenson e comparve per la prima volta nel 1992 all'interno del suo romanzo cyberpunk⁶ dal titolo "Snow Crash". Nel libro, il metaverso è un universo virtuale tridimensionale in cui le persone interagiscono tra di loro attraverso avatar, veri e propri alter-ego digitali.

Il termine risulta una fusione delle parole meta "meta", che significa "oltre" o "al di là", e "universo", riferendosi alla dimensione virtuale oltre il mondo fisico.

Pertanto, il termine "metaverso" può essere interpretato come un'estensione o una trasformazione dell'universo fisico in un'entità digitale o virtuale che va oltre la realtà che conosciamo.

In seguito, i è stato adottato anche in altri ambiti, come quello tecnologico, ispirando progetti nel mondo reale, tra cui Second Life, una piattaforma di gioco creata nel 2003 che permette agli utenti di creare, scoprire e interagire in un mondo virtuale.

Ad oggi il termine è sempre più utilizzato per descrivere le piattaforme di realtà virtuale e aumentata in fase di sviluppo da aziende come Meta.

Il metaverso si riferisce quindi a un mondo virtuale immersivo che va oltre il semplice utilizzo di computer e tecnologie digitali, dove gli utenti possono vivere esperienze sensoriali e sociali in un contesto tridimensionale e condiviso.

⁶ Genere narrativo in cui temi legati alla realtà delle società postindustriali (cibernetica, robotica, telematica, realtà virtuale, biotecnologie, clonazione) vengono elaborati fantasticamente nel segno di un'ideologia contestataria, di ribellione e critica sociale, analoga a quella del movimento punk o della musica punk rock" (Treccani, Enciclopedia)

1.2 Storia del metaverso

L'archetipo di un mondo alter ego della realtà ha avuto modo di svilupparsi ed evolversi, partendo da Snow Crash, attraverso anche altre opere creative, come: Matrix delle sorelle Wachowski (1999); Ready Player One di Ernest Cline (2011) e la sua omonima trasposizione cinematografica di Steven Spielberg (2018).

Il concetto di Metaverso non è però rimasto solo un prodotto di letteratura e filmografia.

Una forma primordiale dello stesso, precedente anche all'idea di Neal Stephenson del 1992, si ravvisa nel 1986, in un videogioco per il Commodore 64⁷ chiamato Habitat, prodotto dalla Lucasfilm⁸.

Habitat si configurava come un ambiente virtuale online multigiocatore che permetteva agli utenti una visualizzazione animata, in tempo reale, all'interno di un mondo simulato online nel quale gli utenti potevano interagire.

*"Il progetto Habitat si è rivelato una ricca fonte di informazioni sulla realtà concreta dell'implementazione di un ambiente cyberspaziale serio e commercialmente valido. La nostra esperienza nello sviluppo del sistema Habitat e la gestione del mondo virtuale che ne è derivato, offrono una serie di interessanti e importanti lezioni per i futuri architetti del cyberspazio"*⁹.

L'evoluzione del settore videoludico durante gli anni 90 ha portato alla nascita dei Massively Multiplayer online¹⁰ (MMO).

Potendo quindi asserire che il romanzo Snow Crash ha fornito l'apparato teorico attraverso il quale sviluppare un ambiente virtuale, i primi MMO sono stati effettivamente i primi tentativi di concretizzarlo.

⁷ Il Commodore 64 è un home computer della Commodore Business Machines Inc. commercializzato dal 1982 al 1994. Fu immesso sul mercato due anni dopo il Commodore VIC-20, con capacità di memoria, grafiche e sonore superiori rispetto a quest'ultimo, oltre a una buona compatibilità con le sue periferiche.

⁸ Fondata nel 1971, Lucasfilm è una delle principali società di intrattenimento al mondo e sede delle legendarie saghe di Star Wars e Indiana Jones.

⁹ Morningstar C., Farmer R., The Lessons of Lucasfilm's Habitat, The First Annual International Conference on Cyberspace, 1990.

¹⁰ Un massively multiplayer online game è un gioco in rete in grado di supportare centinaia o migliaia di giocatori contemporaneamente connessi tramite internet, ed è tipicamente ambientato in un gigantesco mondo virtuale persistente.

Anche altre piattaforme interattive 3D come Roblox¹¹ e Fortnite¹² sono state descritte come precursori del metaverso, per via delle loro funzionalità che consentono agli utenti di creare avatar e interagire con altri giocatori all'interno del proprio universo virtuale (Damar, 2021). Nel giugno del 2003 invece venne lanciato, dalla società americana Linden Lab¹³: Second Life, uno fra i più importanti Virtual World¹⁴ mai realizzati in cui si è raggiunto un grado di immersione e completezza molto elevato.

Second Life si configura come un metamondo¹⁵ tridimensionale multiutente online, fondato da Philip Rosedale¹⁶, abitato da utenti chiamati i “residenti”.

La peculiarità del mondo di Second Life è quella di concedere ai residenti la libertà di creare ed aggiungere oggetti all'interno della piattaforma, usufruendo dei diritti d'autore sugli stessi, con la possibilità di venderli e/o scambiarli utilizzando la moneta virtuale: Linden dollars¹⁷, convertibile in dollari americani con un tasso di cambio tipicamente compreso nell'intervallo che va da 200 Linden dollars per 1 dollaro USA a 400 Linden dollars per 1 dollaro USA.

Gli utenti possono accedere al mondo virtuale di Second Life attraverso un avatar totalmente personalizzabile e, contrariamente ai videogiochi in cui è solitamente necessario perseguire un fine, si propone un modello dinamico e svincolato da obiettivi ultimi, in cui la continua interazione tra giocatori e ambiente ne caratterizza la finalità principale.

“[...] Non lo consideriamo un gioco. Lo consideriamo una piattaforma”¹⁸

Il metamondo di Second Life è contrassegnato dall'assenza di interconnessione ad analoghi metamondi, differentemente da ciò che definiamo “metagalassia”, ad esempio quella

¹¹ Roblox è una piattaforma di gioco online che consente agli utenti di creare e partecipare ad una vasta gamma di esperienze virtuali. Lo strumento di sviluppo di Roblox permette agli utenti di programmare e progettare gli ambienti di gioco, ma anche di partecipare a quelli creati da altri.

¹² Fortnite è un videogioco sparatutto in terza persona del 2017, sviluppato da People Can Fly e pubblicato da Epic Games per console e PC. Il gioco presenta tre modalità distinte che condividono lo stesso motore grafico: Salva il mondo, Modalità creativa e Battaglia reale.

¹³ Linden Research, Inc, proprietaria del marchio Linden Lab, è una software house americana nota soprattutto per aver sviluppato Second Life. È stata fondata nel 1999 da Philip Rosedale allo scopo di realizzare ambienti virtuali. La sua sede principale è a San Francisco.

¹⁴ Un ambiente simulato al computer che può essere popolato da diversi utenti che possono creare un avatar personale e, simultaneamente e indipendentemente, esplorare il mondo virtuale, partecipare alle sue attività e comunicare con gli altri.

¹⁵ Simulazione di ambienti geografici – reali o immaginari – alla base di servizi web con grafica tridimensionale immersiva.

¹⁶ Philip Rosedale è un imprenditore e fisico statunitense noto per essere il fondatore di Second Life e della software house californiana Linden Lab.

¹⁷ Token virtuale a circuito chiuso da utilizzare solo all'interno della piattaforma Second Life.

¹⁸ Philip Rosedale imprenditore e fisico statunitense, fondatore di Second Life e della software house californiana Linden Lab.

sviluppata da Activeworlds¹⁹, che coinvolge diversi mondi virtuali collegati tra loro ma sotto la stessa singola autorità. Gli utenti di quest'ultimo possono creare i propri mondi virtuali, noti come "universi", e personalizzarli con oggetti, edifici e paesaggi. Possono anche interagire con altri utenti, partecipare a eventi e giochi, e condividere le proprie creazioni. Questo percorso di crescita ed evoluzione delle tecnologie immersive, dovrebbe terminare con la creazione un metaverso completo, connessione di Metagalassie e Metamondi; tuttavia, ad oggi non esiste un metaverso completamente realizzato o definitivo.

Ci sono diverse aziende, tra cui grandi attori nel settore tecnologico come Meta, che stanno lavorando su progetti e piattaforme che si avvicinano alla realizzazione di un Metaverso.

Va sottolineato che esistono diverse visioni e interpretazioni su come potrebbe essere realizzato, alcuni ritengono che il metaverso debba essere un'unica realtà virtuale condivisa, mentre altri vedono il metaverso come un ecosistema di mondi virtuali interconnessi.

Secondo una ricerca condotta da Dionisio, Burn e Gilbert, focalizzata sugli aspetti caratterizzanti la transizione dai mondi virtuali al Metaverso, la completa realizzazione dello stesso è collegata allo sviluppo di quattro caratteristiche fondamentali: realismo, ubiquità, interoperabilità e scalabilità.

Il realismo, permette il coinvolgimento psico-emotivo e viene trasmesso all'utente attraverso la vista, l'udito ed il tatto ed è ciò che permette di sentirsi completamente immersi in una realtà alternativa.

L'ubiquità è intesa come la capacità di accesso che le piattaforme digitali devono assicurare all'utente; affinché il metaverso sia uno strumento efficace deve infatti assicurare l'accesso e la connessione nel sistema.

L'interoperabilità si esplica come la capacità di interazione e scambio di informazioni ed elementi tra piattaforme distinte, in modo continuato e trasparente, delineata dagli autori come la componente che abilita l'ubiquità, come sopra intesa, ed è ciò che porta il capitale umano all'interno del Metaverso.

La scalabilità è ciò che consente un utilizzo efficiente del sistema a prescindere dal numero degli utenti presenti e dalle diversità degli ambienti che lo compongono.

Ciò che vediamo nel mondo reale è il risultato costantemente aggiornato di moltissime interazioni governate dalle leggi della fisica. I mondi virtuali aggiungono ulteriori dimensioni a queste interazioni, con il fattore sociale umano che gioca un ruolo fondamentale. (Dionisio, Burns, & Gilbert, 2013)

¹⁹ ActiveWorlds è una piattaforma di realtà virtuale e mondo virtuale online che consente agli utenti di esplorare e interagire in ambienti virtuali tridimensionali. È stato lanciato nel 1995 ed è uno dei primi e più longevi mondi virtuali accessibili tramite Internet.

1.3 L'evoluzione delle tecnologie immersive

Il metaverso si basa sulla convergenza di tecnologie che consentono interazioni multisensoriali con ambienti virtuali, oggetti digitali e persone, come la realtà virtuale e la realtà aumentata (Tranquilli, 2020) .

L'iterazione contemporanea del metaverso prevede piattaforme di realtà virtuale immersive compatibili con videogiochi online multigiocatore di massa, mondi di gioco aperti e spazi collaborativi di realtà aumentata. (Mystakidis, 2022)

Alla base dello sviluppo di queste piattaforme vi sono elementi innovativi e di discontinuità tecnologica, in grado di rispondere a nuove esigenze di interazione sociale. (Pietropaolo, 2022)

Jaron Lanier, fondatore della VPL Research²⁰, fu il primo ad introdurre il concetto di realtà virtuale, facendo riferimento ad *“un ambiente, generato al computer, tridimensionale e interattivo nel quale una persona può immergersi”*.

Contrariamente al pensiero comune, la realtà virtuale non costituisce i mondi virtuali esistenti né costituirà il metaverso nella sua interezza, esso infatti può essere esperibile anche in 2D o in realtà aumentata, ma si configura come il mezzo perfetto attraverso il quale accedervi, in forza dell'immersività propria di questa tecnologia in grado di rendere lo spazio virtuale incredibilmente realistico (Franchi, 2022).

L'evoluzione delle tecnologie immersive ha portato, nel luglio 2012, Palmer Luckey²¹, ad annunciare Rift, un visore per realtà virtuale progettato per i videogiochi, ed a lanciare una campagna Kickstarter²² in agosto per renderlo disponibile agli sviluppatori.

La campagna ebbe successo, arrivando a raccogliere \$ 2,4 milioni e rilasciando due modelli di preproduzione agli sviluppatori; Oculus VR DK1 (Development Kit 1) e Oculus VR DK2 (Development Kit 2).

L'elemento principale che costituisce i mondi virtuali è la realtà estesa, ovvero l'insieme di tre strumenti di esperienza interattiva e immersiva: realtà virtuale, realtà aumentata e realtà mista (Moro Visconti & Cesaretti, 2022). La realtà virtuale offre un ambiente completamente immersivo generato al computer, in cui gli utenti possono interagire con oggetti e ambienti virtuali tramite dispositivi come visori VR. La realtà aumentata, invece, sovrappone elementi digitali al mondo reale attraverso dispositivi come smartphone o

²⁰ VPL Research è stata una delle prime aziende a sviluppare e vendere prodotti di realtà virtuale, fondata dallo scienziato informatico Jaron Lanier nel 1984. "VPL" stava per "Virtual Programming Languages". Nel 1990, dichiarò bancarotta e nel 1999 tutti i suoi brevetti furono acquistati da Sun Microsystems.

²¹ Fondatore di Oculus VR e designer di Oculus Rift.

²² Kickstarter è un sito web statunitense creato per fornire finanziamento collettivo per progetti creativi.

occhiali intelligenti, arricchendo la visione della realtà con informazioni o oggetti virtuali. Infine, la realtà mista combina elementi di realtà virtuale e realtà aumentata, consentendo la fusione del mondo reale con quello virtuale. In questo modo, persone, oggetti fisici e digitali possono coesistere e interagire in tempo reale, creando nuovi ambienti ibridi e coinvolgenti. Tra i primi esempi di piattaforme che hanno tentato di rendere la realtà virtuale veramente interconnessa troviamo High Fidelity (Hi-fi) fondata nel 2013 a San Francisco da Philip Rosedale, già fondatore di Second Life, Ryan Karpf e Freddy Heiberger.

L'obiettivo di High Fidelity era quello di sviluppare una piattaforma in cui chiunque potesse visitare, creare, e condividere mondi virtuali tra loro interconnessi in un unico ed infinito sistema, rendendo quindi possibile lo sviluppo del metaverso come precedentemente descritto. A contraddistinguere la piattaforma, fu la tecnologia dell'interfaccia che permetteva agli utenti un'interazione molto simile all'esperienza reale. Attraverso l'utilizzo di tecniche per il riconoscimento delle espressioni corporee ed il supporto delle telecamere frontali collegate o integrate al monitor dei Personal Computers, il sistema consentiva all'avatar di riprodurre le espressioni facciali e il movimento di occhi e bocca. High Fidelity ha attirato l'attenzione della comunità VR e ha ricevuto finanziamenti da investitori per sviluppare ulteriormente la piattaforma. Durante il suo periodo di attività, ha ospitato eventi, concerti, conferenze e ha offerto agli utenti la possibilità di esplorare e creare mondi virtuali personalizzati. Tuttavia, nel gennaio 2020, la piattaforma ha annunciato la chiusura delle sue operazioni e la transizione verso un nuovo progetto chiamato "Tivoli". Da quel momento, esistono poche informazioni disponibili riguardo al progetto Tivoli o a eventuali sviluppi di High Fidelity.

Nel 2014 anche il colosso social Facebook ha iniziato ad approcciare al metaverso con l'acquisto di Oculus, per 2,3 miliardi di dollari in contanti ed azioni. Ciò nonostante, è stato solo nel 2021 che l'azienda americana ha annunciato ufficialmente l'intenzione di focalizzarsi sulla costruzione di un metaverso condiviso. Ad ottobre dello stesso anno, ha annunciato il suo nuovo nome aziendale: "Meta", dichiarando che il metaverso sarà una delle principali aree di investimento e sviluppo futuri per l'azienda.

L'avanzamento delle moderne tecnologie ha dato una notevole spinta propulsiva alla ricerca nell'ambito dello smart clothing (delle Ricerche-ombretta, 2019). Lo smart clothing noto anche come "abbigliamento intelligente", è una categoria di abbigliamento che incorpora tecnologie avanzate per offrire funzionalità aggiuntive rispetto all'abbigliamento tradizionale. Questi capi sono progettati per interagire con l'utente, raccogliere dati e fornire informazioni o servizi utili. Esso può includere sensori, dispositivi di monitoraggio, tessuti tecnologici e altri componenti elettronici integrati nel tessuto in grado di rilevare e registrare

una serie di dati, come la temperatura corporea, l'attività fisica, la frequenza cardiaca, l'umidità, la postura e altro ancora. Haptic feedback o feedback tattile è una tecnologia che consente agli utenti di percepire sensazioni tattili o di ricevere risposte fisiche durante le interazioni nel metaverso. Questo può includere la sensazione di tocco, vibrazione o pressione tramite guanti, tute o altri dispositivi indossabili. Un team di ricercatori dell'azienda Tencent²³ ha sviluppato, nell'ottobre 2022, un dispositivo indossabile in grado di simulare il tatto in alta definizione, grazie a degli elettrodi che stimolano i nervi e inviano dei segnali che vengono interpretati dal cervello.

Figura 1 risultati della ricerca di Tencent

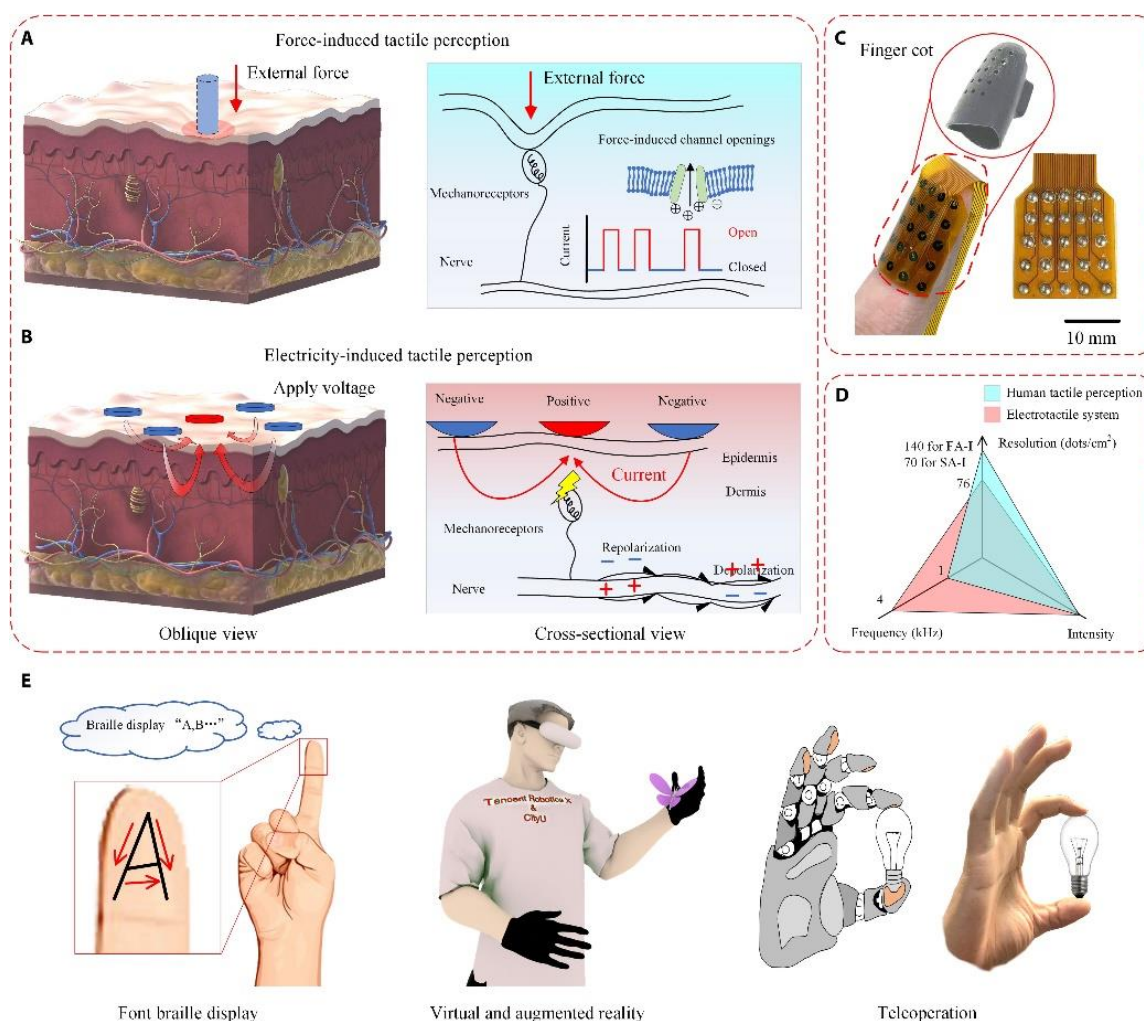


Fig. 1. Design and architecture of the electrotactile rendering system.

(A) Schematic of the tactile perception of human skins: Strain on the skin induced by an external force triggers the mechanosensitive channels that convert external force into electrochemical and electrical signals. (B) Schematic of the electrotactile system whereby current is induced in the skin to stimulate mechanoreceptors and nerves, generating action potentials that are interpreted as tactile signals by the brain. (C) Optical images of the electrotactile device, an FPC with 25 half-sphere electrodes attached in a rubber finger cot. (D) Comparison between human tactile perception and the electrotactile rendering device in spatial resolution, refresh rates, and intensity range. (E) Demonstrations of the electrotactile system in braille display, VR and augmented reality, and teleoperation.

Fonte: Science.org

²³ Tencent Holdings Limited è una società per azioni d'investimento fondata nel 1998 e presieduta da Ma Huateng, le cui divisioni forniscono servizi per intrattenimento, mass media, internet e telefoni cellulari, principalmente in Cina.

1.4.1 Meta

Attraverso un comunicato, il 28 ottobre 2021 Mark Zuckerberg, CEO della precedente Facebook Inc, annuncia il cambiamento del nome della sua holding in Meta, associando così la sua compagnia ad una idea di metaverso, da lui descritto, come un intreccio di socialità, cultura ed economia reale e virtuale.

Il nuovo concetto di metaverso, delineato da Mark Zuckerberg, descrive un ecosistema immersivo in cui le barriere tra il mondo virtuale e quello reale sono senza soluzione di continuità per gli utenti, consentendo l'uso di avatar e ologrammi per lavorare, interagire e socializzare attraverso esperienze condivise simulate.

“Un Internet incarnato, in cui, invece di visualizzare semplicemente i contenuti, vi si è immersi. E ci si sente presenti con le altre persone come dentro a dei luoghi, vivendo esperienze diverse che non si potrebbero fare su una app o una pagina web 2D, come ballare, ad esempio, o fare diversi tipi di fitness. (...) Il metaverso non è solo realtà virtuale. Sarà accessibile su tutte le nostre diverse piattaforme informatiche; VR e AR, ma anche PC, dispositivi mobili e console di gioco. (...) Penso che l'intrattenimento svolgerà un ruolo importante, ma non l'unico. Penso che sarà un ambiente persistente e sincrono in cui potremo vivere tutti insieme.”²⁴

Horizon Home sembra in questo senso uno dei progetti più avviati dalla holding, in quanto mette a disposizione diverse stanze virtuali, fornite di strumenti di terze parti, all'interno delle quali è possibile svolgere varie attività come riunioni attraverso il proprio avatar.

La multinazionale intende però offrire soluzioni nuove ed efficaci, tali da superare il solo focus su riunioni e altre forme di collaborazione in presenza limitate nel tempo attraverso; ed offrire la possibilità di creazione di un proprio spazio di lavoro chiamato: Infinite Office.

Attraverso un ufficio virtuale privato si avrà la possibilità di entrare in una stanza virtuale e usare più schermi creando una configurazione perfetta per il compito da eseguire. Le tastiere e gli altri dispositivi fisici si sincronizzeranno con questa piattaforma VR, integrandosi all'interno dello spazio virtuale. Parallelamente la funzionalità pass-through, ossia la

²⁴ META 2022 12th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and PlasmonicsTorremolinos, Spain, July 19 – 22, 2022

possibilità di "vedere" il mondo reale anche attraverso un paio di occhiali VR, permetterà di definire i confini del proprio spazio virtuale, ma anche di vedere l'ambiente fisico circostante.

Sempre su dichiarazione di Meta, verranno inoltre integrati anche molti strumenti di lavoro tipici del mondo di Internet su schermo, accessibili tramite relative applicazioni, senza l'esigenza di dover mai lasciare il tuo ufficio virtuale. L'holding di Mark Zuckerberg immagina soluzioni lavorative anche per chi si sente rappresentato ed ha esigenza di un ambiente lavorativo condiviso. I membri del team potranno creare una mappa digitale del proprio ufficio, comprensiva di scrivanie, lavagne e pareti, creandone una copia esatta all'interno della realtà virtuale, attraverso la quale, sarà possibile trovarsi nella stessa stanza sia fisicamente che virtualmente. Per l'azienda la realtà aumentata non è altro che la sovrapposizione di uno strato digitale alla nostra visione del mondo fisico ed è questa la realtà a cui punta: uno spazio di lavoro personale e in realtà mista da portare ovunque.

Figura 2 Esperienze possibili con visore Meta



Gaming

Meta Quest può cambiare completamente le carte in tavola



Fitness

Il fitness è divertente con Meta Quest



Social

Connettiti con gli amici in un modo completamente nuovo



Intrattenimento

Intrattenimento ripensato per lo schermo più grande di sempre



Produttività

Lavora senza limiti con Meta Quest

Fonte: Meta.com

1.4 L'utente nel metaverso

Una ricerca condotta da Virtue intitolata "Screenwear" ha esplorato le ragioni che spingono le persone ad accedere al metaverso. Il 41% dei partecipanti ha espresso il desiderio di far parte di una nuova comunità, mentre il 67% considera il metaverso come un modo divertente per effettuare acquisti. Questi risultati suggeriscono che il metaverso conferma l'importanza di fornire piattaforme coinvolgenti che offrano esperienze immersive. I navigatori-clienti, molti dei quali hanno esperienza nei videogiochi, sono alla ricerca di spazi in cui possono andare oltre la realtà e muoversi in una dimensione diversa, ma allo stesso tempo complementare a quella fisica (Pietropaolo, 2022).

È importante sottolineare che il concetto di "utente nel metaverso" è ancora in fase di sviluppo e il metaverso stesso è una visione futuristica dell'interazione umana con l'ambiente digitale. Attualmente, esistono piattaforme ed esperienze virtuali che avvicinano a questa idea, ma il metaverso come entità completa e totalmente interconnessa è ancora in fase di realizzazione. Attualmente, i cittadini abitano attraverso un avatar i vari mondi digitali, il quale può assumere sembianze anche dissimili a quelle personali. All'interno delle diverse piattaforme, viene offerta la possibilità di creare e personalizzare uno spazio virtuale proprio. Questo spazio, rappresentato da un terreno virtuale, consente agli utenti di esprimere la propria creatività e individualità attraverso la costruzione di una casa e la progettazione degli arredi. Gli utenti possono scegliere un terreno di dimensioni e caratteristiche diverse, tela bianca su cui possono dare vita alla loro visione. Possono progettare l'architettura della casa, decidere il layout delle stanze, selezionare gli stili di arredamento e personalizzare ogni dettaglio secondo le loro preferenze e la loro identità. Volendo poi delineare un identikit di un utente del metaverso, dobbiamo ricordare che esso può variare notevolmente in base alle preferenze, agli interessi e agli obiettivi personali di ciascuno. La ricerca Ipsos condotta per L'Osservatorio Metaverso ha individuato tre tipologie di utenti, definite come "metapersonas", che si distinguono per il loro livello di conoscenza, utilizzo e atteggiamento nei confronti del Metaverso e delle tecnologie immersive. I tre gruppi sono i seguenti:

- "Entusiasti conoscitori" rappresentano il 31% del campione e sono composti principalmente da Millennials²⁵ e GenX²⁶ con un profilo culturale medio. Questi utenti dimostrano grande entusiasmo e conoscenza nei confronti del Metaverso e delle realtà immersive, e sono aperti a esplorare sé stessi in un mondo online, talvolta

²⁵ Il termine Millennials rappresenta la generazione dei nati tra i primi anni Ottanta e la metà degli anni Novanta.

²⁶ Generazione X è una locuzione diffusa nel mondo occidentale per descrivere la generazione di coloro che sono nati tra il 1965 e il 1980.

anche più a loro agio rispetto al mondo offline. Sono coloro che hanno sperimentato maggiormente il Metaverso, anche in ambito professionale, e auspica un utilizzo ancora più ampio in futuro.

- "Neofiti ottimisti" rappresentano il 49% del campione e sono costituiti principalmente da GenZ²⁷ con un livello culturale medio-alto. Questi utenti sono meno scettici e impauriti rispetto al Metaverso e alle realtà immersive, e sono convinti che queste tecnologie possano offrire opportunità per imparare cose nuove e sviluppare abilità. Nel futuro, intendono utilizzare il Metaverso anche per attività al di là del gaming e della socializzazione, come partecipare a riunioni professionali e ampliare le loro esperienze di intrattenimento.
- "Scettici intimoriti" rappresentano il 40% del campione e si distribuiscono tra tutte le generazioni, eccetto la GenZ, con la maggior presenza di persone con un livello culturale basso rispetto alle altre metapersonas. Questi utenti hanno una conoscenza inferiore rispetto agli altri riguardo al Metaverso e alle tecnologie immersive, un livello di emozione più basso e sono maggiormente scettici riguardo alla possibilità di imparare cose nuove attraverso queste tecnologie. Hanno timore che la vita reale e quella virtuale possano essere confuse in modo negativo. Quando pensano alle attività da sperimentare grazie al Metaverso, pensano quasi esclusivamente al gaming.

“Le percentuali non polarizzate che descrivono il campione dividendolo nelle metapersonas, o tipi da Metaverso, mettono in luce un importante segnale: lo strumento Metaverso e gli altri elementi innovativi che compongono il web 3.0 sono attualmente vissuti come realtà ancora lontane. La conoscenza di questi mezzi è ancora superficiale e sarà il domani a dare maggiore seguito sulla vita e applicazione di questi mondi paralleli.”²⁸

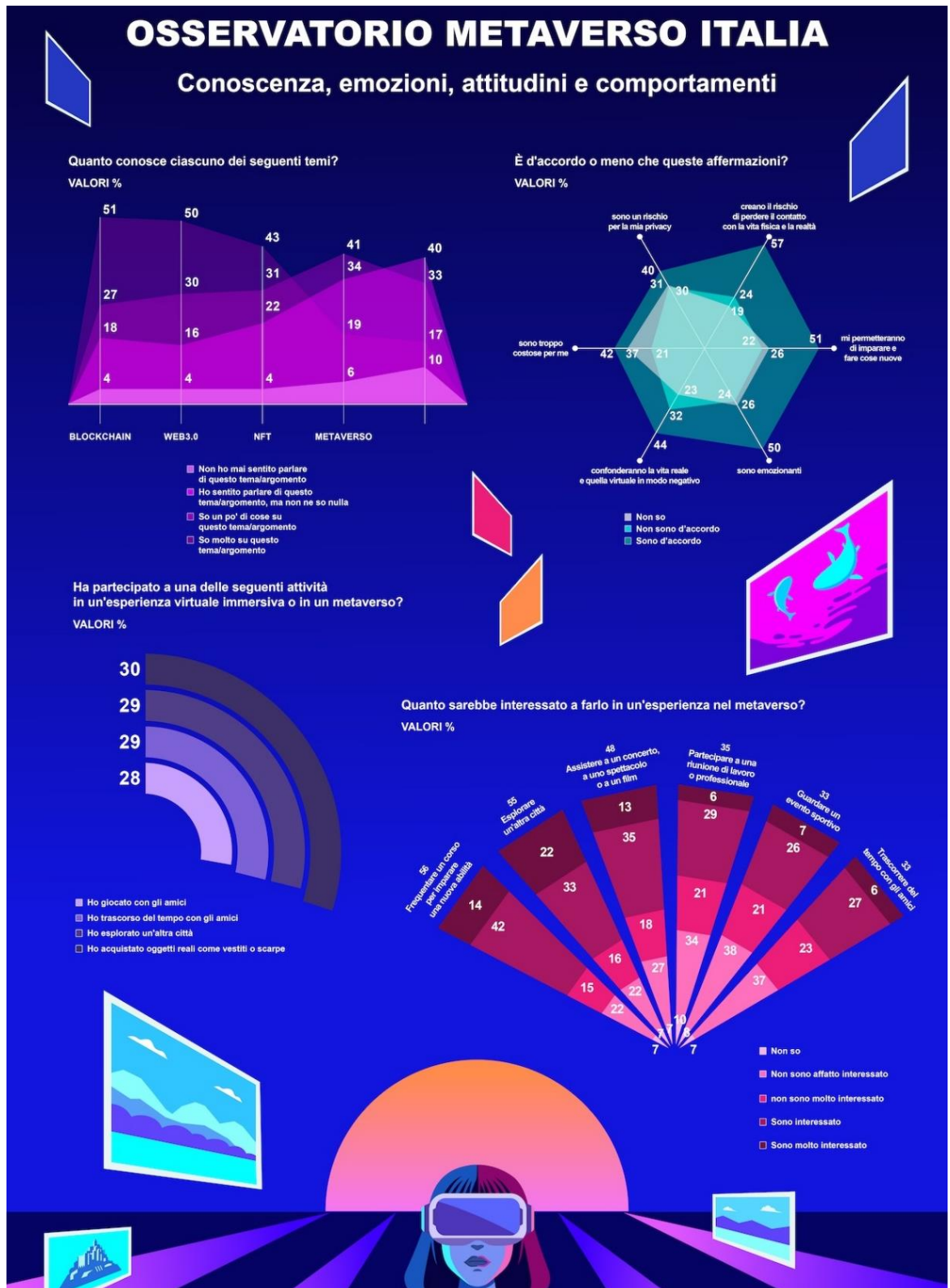
Sempre secondo lo studio di Ipsos condotto per L'Osservatorio Metaverso, Gli italiani che hanno partecipato ad esperienze immersive hanno principalmente interagito con persone che già conoscevano. Le attività svolte fino ad ora si sono concentrate principalmente sulla sfera sociale, come giocare e trascorrere il tempo con gli amici (soprattutto per la metà della Generazione Z). Circa il 30% ha esplorato anche altre città virtuali, principalmente i

²⁷ Il termine Generazione Z si riferisce alla generazione dei nati tra il 1997 e il 2012

²⁸ "Osservatorio Metaverso." Osservatorio Metaverso, <https://osservatoriometaverso.it/progetti/italiani-metaverso/>.

Millennials. D'altra parte, coloro che hanno dichiarato di aver acquistato oggetti come vestiti e scarpe nel metaverso rappresentano il 28% e sono per il 32% oltre i 46 anni. Quando viene chiesto quali mondi virtuali hanno visitato negli ultimi 6 mesi, oltre il 70% degli intervistati afferma di non aver visitato nessun mondo virtuale. Tra quelli che li hanno frequentati, Minecraft e Fortnite sono i più popolari, ma con percentuali ancora relativamente basse. Per quanto riguarda l'esperienza del metaverso, c'è ancora una certa diffidenza. Le principali barriere all'utilizzo sono la facilità di accesso, il costo elevato dei dispositivi e uno scetticismo naturale legato al sentirsi a proprio agio in un mondo virtuale. Tuttavia, la fascia di età compresa tra i 36 e i 45 anni si dimostra più propensa e interessata a sperimentare queste nuove tecnologie. Tuttavia, quando si parla di azioni concrete che potrebbero essere svolte nel metaverso in futuro, si riscontra una maggiore fiducia. La prospettiva è che il metaverso possa migliorare la vita delle persone nel modo in cui svolgono attività online in quasi tutti i settori. Guardando al futuro, il 37% del campione ritiene che sarà più facile incontrare persone diverse nei mondi virtuali rispetto alla vita di tutti i giorni, mentre il 26% ritiene che potrebbe imparare di più sulla moda e sulle tendenze nei mondi virtuali rispetto allo shopping nei negozi fisici o online. Al contrario, preferirebbero ancora assistere a un concerto di persona piuttosto che nel metaverso.

Figura 3 Attitudini e comportamenti degli Italiani sul Metaverso



Fonte: Osservatorio Metaverso Italia

1.4.1 Gli avatar

Nella sua accezione originale, di etimologia sanscrita, la parola avatar significa discesa: la discesa di una divinità nel mondo terreno, la sua incarnazione tra i mortali. Secondo la religione induista, per esempio, Krishna e Rama sono avatar di Vishnu, così come per un cristiano Gesù di Nazareth è l'avatar del dio biblico. (Varzi, 2006)

Nella sua accezione informatica invece, entrata nel linguaggio corrente, indica *la rappresentazione grafica utilizzata da un utente di servizi Internet come chat line o alcuni videogiochi, per identificarsi quando entra in comunicazione con altri utenti.*²⁹

Il primo uso di questo termine con accezione informatica è riscontrabile già dal 1979, quando venne impiegato come titolo per un gioco di ruolo su computer, creato sul sistema PLATO dell'università di Illinos.

Negli anni seguenti ha subito grande diffusione: nel 2004 Yahoo!, un portale web di servizi Internet, introdusse Yahoo! Avatars, aggiornamento che dava la possibilità di creare ed apporre il proprio alter ego digitale come foto profilo della casella di messaggistica.

Ebbe poi un enorme impatto culturale il film di fantascienza Avatar di James Cameron uscito nelle sale nel 2009, dove il protagonista ex marine Jake Sully, per mezzo di una speciale capsula tecnologica, riusciva a controllare il proprio avatar, generato dalla fusione del DNA umano e di quello Na'vi³⁰.

Nel metaverso gli avatar sono rappresentazioni grafiche degli utenti. Si tratta di una sorta di "alter ego" digitale, che può essere personalizzato e modificato a piacimento dall'utente. Gli avatar possono essere più o meno realistici, a seconda della tecnologia utilizzata per la loro creazione, e possono essere dotati di animazioni e di comportamenti specifici. Nei mondi virtuali l'avatar ha un ruolo fondamentale, in quanto permette agli utenti di interagire con gli altri partecipanti e di esplorare l'ambiente virtuale in cui si trovano. Attraverso agli avatar, è possibile partecipare a eventi, socializzare con altre persone e svolgere attività ludiche o commerciali. Tuttavia, gli avatar nel metaverso sollevano anche alcune preoccupazioni in merito alla privacy e alla sicurezza degli utenti. Infatti, l'uso di avatar può portare ad un anonimato relativo, ma anche ad una possibile identificazione dell'utente attraverso i dati di navigazione e l'analisi dei comportamenti all'interno del metaverso. Inoltre, esistono alcune

²⁹ Da Enciclopedia Treccani

³⁰ Na'vi sono un'immaginaria specie indigena con sembianze umanoidi vivente sul satellite Pandora

problematiche legate alla proprietà degli avatar, ovvero la questione se l'avatar appartenga all'utente o alla piattaforma che lo ospita.

1.5 Business nel metaverso

Meta descrive il metaverso come *“la più grande opportunità per il business moderno dalla creazione di Internet”*.

Attualmente lo spazio virtuale del metaverso ha un valore di 6,30 miliardi di dollari con una previsione di crescita fino a 84,09 miliardi di dollari entro la fine del 2028. (James, Gaurango, Naresh, Kurt, & Jeremiah)

Le aziende hanno la facoltà riprodurre nel metaverso una versione dei loro negozi fisici o creare un nuovo spazio virtuale in grado di espandersi per ospitare altri avatar digitali, se e quando necessario. (David & Won., 2022)

Come si è cercato di descrivere fino ad ora, il Metaverso si compone su due tipologie di ambiente digitale. Da un lato vi sono i metamondi, creati da uno specifico marchio allo scopo di interagire con i consumatori: esempi sono i contesti di Microsoft e Amazon.

Dall'altro vi sono le metagalassie, vere e proprie metropoli virtuali aperte alla presenza di una molteplicità di brand; tra gli esempi possibili rientrano Meta, Sandbox³¹ e Decentraland (Pietropaolo, 2022). Quest'ultimo è un metaverso decentralizzato basato sulla blockchain Ethereum, che consente agli utenti di creare, vivere ed interagire in un ambiente virtuale 3D immersivo. Gli utenti possono acquistare e possedere la proprietà virtuale su cui possono costruire ed esibire le loro creazioni e interagire con gli altri utenti. Decentraland si basa su un sistema di token ERC-20 chiamato MANA, che consente agli utenti di acquistare e vendere terreni virtuali, beni e servizi all'interno del metaverso. MANA può anche essere utilizzato per pagare i creatori di contenuti e partecipare alla governance del metaverso attraverso il sistema di voto decentralizzato. Il metaverso Decentraland è completamente decentralizzato e non è controllato da alcuna entità centralizzata, il che significa che gli utenti hanno il pieno controllo delle loro proprietà virtuali e dei loro dati personali. Inoltre, la natura decentralizzata di Decentraland lo rende resistente alla censura e alla manipolazione, poiché tutte le transazioni e le attività sono registrate sulla blockchain Ethereum e quindi pubbliche e immutabili. Il concerto di Travis Scott su Fortnite, noto come Astronomical e della durata di nove minuti, ha attratto circa 12,3 milioni di utenti, generando entrate per 20 milioni di dollari per il rapper americano, di cui parte proveniente dalla vendita di skin a lui raffiguranti.

³¹ Sandbox è un termine usato nell'ambito dei videogiochi e della programmazione per indicare un ambiente virtuale dove gli utenti possono sperimentare e creare contenuti in modo libero e senza restrizioni.

Sulla medesima piattaforma si sono esibiti molti altri artisti, i quali hanno riscontrato anch'essi un buon successo in termini di spettatori. È interessante osservare come questo fenomeno non sia nuovo: infatti, nel 2011 i Duran Duran si esibivano all'interno di Second Life. Il metaverso al quale si sta tentando di costruire (molto più immersivo rispetto a Fortnite o Minecraft) consentirà però alle aziende di adottare strategie di marketing ancora più efficaci e coinvolgenti. Attualmente sono diversi i mondi virtuali ai quali si sta lavorando e sui quali le aziende stanno investendo. L'affermazione negli anni recenti delle criptovalute e dei NFT, argomenti che verranno ripresi nel capitolo III di questo elaborato, sembrano essere già oggi uno tra gli elementi fondamentali per il metaverso perché, assicurando agli oggetti digitali un valore reale e duraturo, sostengono un'economia con transazioni rintracciabili, senza autorizzazioni centralizzate e libere da controlli esterni (Caffio & Unali, 2022). Secondo un rapporto di Bloomberg Intelligence, il valore di mercato delle aziende che operano nei metaversi dovrebbe raggiungere gli 800 miliardi di dollari entro la metà di questo decennio e 2,5 trilioni di dollari entro il 2030. Il potenziale per le organizzazioni risulta allora essere significativo, con impatti di trasformazione sul marketing, sul turismo, sul tempo libero e sull'ospitalità, sull'interazione cittadino-governo, sulla salute, sull'istruzione e sui social network. All'interno del metaverso, gli scambi commerciali si svolgono su due piani: vi è la presenza di negozi che, agiscono come vetrina ed e-commerce tradizionale, pur permettendo un'esperienza più immersiva e vi è poi la presenza di NFT, i cui scambi avvengono tramite le monete digitali. La moneta del metaverso è al momento rappresentata da criptovalute, legate a tecnologie blockchain. I pionieristici investimenti nel metaverso, operati anzitutto dalle Big Tech come Meta ed Amazon, si fondano su prospettive di ritorni economici nel medio-lungo termine, e sono intenti a creare nuovi stili di vita e intrattenimento, possibili futuri standard di mercato, che garantirebbero ai promotori il ruolo di first mover e standard settler.

In una recente ricerca firmata Accenture, il 71% dei dirigenti aziendali ha dichiarato che il metaverso avrà un impatto positivo per l'impresa e il 42% ha ritenuto che sarà "rivoluzionario" o "trasformatore". Nel suo rapporto "Opportunities in the metaverse" JP Morgan ha identificato un'opportunità di mercato dal valore di oltre mille miliardi di dollari, mentre un anno fa Bloomberg Intelligence ha suggerito che potrebbe valere 800 milioni di dollari entro il 2024.

1.5.1 Possibilità e rischi

Il lancio di Horizon Worlds³² nel 2021 da parte di Meta Platform e la visione di come il metaverso potrebbe potenzialmente plasmare molti aspetti del nostro modo di lavorare e socializzare, ha suscitato un crescente livello di domande e dibattiti da parte di accademici e professionisti sulle numerose implicazioni sociali per molte persone in tutto il mondo (Fernandez & Hui, 2022).

Per gli individui che sceglieranno di interagire con il metaverso in futuro, la natura senza interruzione di continuità della transizione tra fisico e virtuale e il miglioramento dell'experience, aprono un campo infinito di possibilità, molte delle quali al di là della nostra attuale comprensione. (Mystakidis, 2022)

Già oggi si possono osservare numerosi casi di utilizzo del metaverso in vari settori, come la produzione, la sanità e l'agricoltura. Questo si sta estendendo anche all'istruzione, con l'uso di aule video interattive e al teletrasporto in musei, gallerie e manifestazioni storiche.

Lo sviluppo di tecnologie produttive potrebbe portare alla riduzione dei costi operativi per le imprese, il virtual office consentirebbe di risparmiare sulle spese inerenti ai locali da utilizzare. (Bouquet, 2022)

Il metaverso potrebbe favorire il miglioramento del lavoro in team e della comunicazione interpersonale, grazie al fatto che esso genera la possibilità di reimmaginare il posto di lavoro con l'introduzione di elementi di «avventura, spontaneità, sorpresa». (Purdy, 2022)

Ulteriori potenzialità oscillano tra traiettorie finalizzate ad alleviare le attività umane e altre sostitutive di queste ultime. (Lombardi, 2022)

L'area dell'intrattenimento può diventare molto più immersiva per gli utenti, che hanno potuto averne un assaggio nel corso degli ultimi anni, complice anche la pandemia di Covid-19. Esempio emblematico fu il concerto tenuto da Travis Scott nel 2020 sulla piattaforma Fortnite, cui parteciparono all'incirca dodici milioni di persone.

La possibilità di poter generare simulazioni di ogni tipo rende il Metaverso un ottimo strumento per l'istruzione in quanto possono essere creati ambienti appositi che permettono

³² Horizon Worlds è un videogioco online di realtà virtuale gratuito con un sistema di creazione di giochi integrato sviluppato e pubblicato da Meta Platforms. Su questa piattaforma virtuale multigiocatore, i giocatori si muovono e interagiscono tra loro in vari mondi che ospitano eventi, giochi e attività sociali.

agli studenti di immergersi all'interno delle lezioni. Un'esperienza a fondamento ludico è considerata più efficace in quanto incentiva attributi quali la continuità, l'interazione, l'interesse, la crescita e l'esperienza educativa. (Sungjin, 2022)

Il Metaverso riesce a garantire un'ampia inclusività, abbattendo alcune delle barriere della disabilità (Momtaz, 2022)

Anche il mondo del lavoro d'ufficio, come visto in precedenza, è aperto e vicino al possibile. D'altra parte, il Metaverso potrebbe causare problematiche relative alla sfera psico-fisica. Offrendo esperienze sempre più immersive potrebbe accentuare un senso di solitudine ed isolamento che già le piattaforme virtuali hanno contribuito a creare nel corso degli anni (Huddleston, 2022)

La Prolungata permanenza on line potrebbe ridurre le capacità di concentrazione e intaccare l'attività fisica degli utenti, portando a problematiche di salute fisica come l'aumento dell'obesità. (Mystakidis, 2022)

In definitiva, quindi, esiste un rischio elevato che le tecnologie immersive divengano in realtà tecnologie invasive a livello profondo nel lavoro e nella vita delle persone.

1.5.2 La customer experience

"Il metaverso offre nuove opportunità per creare un coinvolgimento significativo con i clienti e le communities" (Blockchain4Innovation, s.d.)

Con esso, infatti, si assiste ad un salto di qualità customer centric, che pone l'utente al centro della co-creazione e condivisione di nuovo valore.

Il metaverso, attraverso le interazioni tra avatar, rende possibili strategie di co-creazione di valore in cui i singoli nodi virtuali compartecipano attivamente a tale creazione, ricevendo una remunerazione in token/cryptovalute che di norma manca in molti modelli di business tradizionali (Moro Visconti & Cesaretti, 2022)

L'avvento delle nuove tecnologie in materia di realtà virtuale e quindi la creazione di vari ambienti virtuali progettati dalle aziende, hanno accresciuto notevolmente le possibilità che hanno le aziende di relazionarsi con i propri potenziali clienti e per migliorare l'esperienza d'acquisto (Flavián, 2019).

Il grado di immersione reso possibile dai vari ambienti virtuali consente di creare una vera e propria connessione emotiva tra clienti e marchio; migliorare l'esperienza del cliente risulta allora essere uno dei principali obiettivi in tutte le fasi del percorso d'acquisto.

Nella fase preacquisto i clienti possono entrare a contatto con i prodotti e conoscerli in una maniera che finora non era possibile; la fase d'acquisto stessa può essere migliorata in quanto

la si può rendere più immersiva ed interattiva, sfruttando le varie opportunità di personalizzazione diretta; infine, anche la fase post-acquisto può essere migliorata aumentando i canali di contatto con l'azienda per eventuali situazioni in cui il cliente necessita di assistenza.

1.5.3 Il caso H&M

Numerose maison hanno scelto gli universi virtuali e la gamification come strumento per raccontarsi ed esprimere i propri valori in maniera interattiva, leva da sfruttare per entrare in contatto con le nuove generazioni (Pietropaolo, 2022).

Il gruppo svedese è sbarcata nel metaverso con Roblox³³ dove chiunque può essere uno stilista.

*Benvenuti nel mondo di H&M Loooptopia! Siate creativi ed esprimetevi con i vostri amici in questa esperienza Roblox ispirata alla moda di H&M. Correte (o fate un giro) per Loooptopia City, Rainboooow Fields, Neon Studioooo e Fabric Fooorest raccogliendo gli elementi grezzi da combinare insieme per creare migliaia di capi di abbigliamento unici da indossare nel gioco!*³⁴

Gli utenti della piattaforma Roblox potranno scambiare abiti e scattare selfie a Loooptopia City oppure a Rainboooow Fields, Neon Studios e Fabric Fooorest.

*“Quando pensiamo al nostro cliente target, è qualcuno che è digitalmente esperto e qualcuno che vuole costruire la propria identità con la moda, sia nella vita reale che attraverso il metaverso. (...) Aveva molto senso per noi voler essere coinvolti in qualche modo nel metaverso. È molto nel nostro interesse e nel nostro DNA, nel senso che siamo un'azienda di moda progressista, sempre in apprendimento, sempre curiosa. Essere in grado di unirvi a un posto come Roblox, che sappiamo che così tante persone stanno esplorando, aveva molto senso per noi”*³⁵

³³ Roblox è una piattaforma di gioco online ed un sistema di sviluppo per la creazione di videogiochi sviluppato e pubblicato da Roblox Corporation nel 2006. Attraverso il software di sviluppo, Roblox Studio, si possono creare i propri mondi virtuali tramite il linguaggio di programmazione Lua Script.

³⁴ https://social.hm.com/en_US/roblox-loooptopia

³⁵ Linda Li, Head of Customer Activation and Marketing, H&M Americas

Roblox consente ai giocatori di sperimentare materiali e modelli in modo giocoso al fine di creare nuovi capi e guardaroba virtuale per il proprio avatar.

Acconciate il vostro Avatar con gli abiti appena creati e completateli con accessori, passi di danza, brani musicali ed effetti speciali per creare una performance straordinaria in passerella! Incontra gli amici per scambiare i vestiti, scattare selfie o semplicemente ammirare le ultime creazioni degli altri. Se volete cambiare stile, riciclate i vecchi abiti per guadagnare elementi super rari e diventare la star della sfilata.³⁶

L'idea è quindi che i consumatori diano uno stile ai loro avatar con abiti di nuova creazione e li completino con accessori, passi di danza, brani musicali ed effetti speciali per la passerella. Quando è il momento di provare un nuovo stile, gli utenti sono incoraggiati a riciclare i vecchi vestiti per guadagnare *elementi super rari* e diventare “la star della sfilata”.

Il mondo interattivo è infatti un'estensione del sistema di riciclo "Looop" dell'azienda, che mira a trasformare i vecchi capi in nuovi. Nello spazio digitale, gli utenti possono imparare a conoscere la circolarità della moda e le iniziative sostenibili.

³⁶ https://social.hm.com/en_US/roblox-loooptopia

1.6 Sfide ancora aperte

Il metaverso rappresenta una nuova frontiera digitale in cui i mondi virtuali e la realtà aumentata si fondono per creare esperienze sempre più immersive e coinvolgenti (Tranquilli, 2020). Nonostante le enormi potenzialità, ci sono ancora alcune sfide aperte che devono essere affrontate per far sì che il metaverso possa raggiungere il suo massimo potenziale. In primo luogo, esiste la problematica della standardizzazione delle tecnologie utilizzate per creare il metaverso. Attualmente sono presenti sul mercato differenti piattaforme in grado di offrire esperienze di realtà virtuale e aumentata, ma queste piattaforme non sono sempre compatibili tra loro. Ciò significa che i creatori di contenuti devono adattare i loro lavori a piattaforme diverse, il che può essere molto costoso e inefficiente. In secondo luogo, c'è la questione della privacy. Attraverso l'utilizzo di tecnologie di realtà virtuale, che richiedono dati sensibili aggiuntivi, si potrebbe assistere a gravi violazioni, in quanto gli stessi potrebbero essere riprodotti per il funzionamento di tali dispositivi, come il controllo vocale o il movimento facciale (Layden, 2022).

Data la natura immersiva del metaverso, gli utenti potrebbero fornire involontariamente informazioni personali sensibili, come la loro posizione geografica, i loro interessi o le loro abitudini di navigazione. Inoltre, gli avatar degli utenti potrebbero essere utilizzati per raccogliere dati sulla loro persona, come l'età, il sesso, il comportamento e persino l'orientamento sessuale. Tutte queste informazioni possono essere raccolte e utilizzate per creare profili degli utenti o per fini pubblicitari, il che solleva preoccupazioni per la privacy e la sicurezza dei dati.

L'accesso a dati sensibili, come le reazioni emotive, potrebbero inoltre aprire la strada a situazioni di manipolazione e, soprattutto per i dipendenti, situazioni di sorveglianza intrusiva (Anderson, 2018).

Sono infatti operative strumentazioni molto potenti per la sorveglianza durante le prestazioni lavorative mediante il tracciamento, il controllo dei movimenti facciali, la profilazione

comportamentale ed emozionale come monitoraggio e valutazione del battito cardiaco e del rossore nel viso. (Lombardi, 2022)

Infine, sussiste la questione della regolamentazione. Il metaverso coinvolge utenti da tutto il mondo, può essere difficile stabilire regole e leggi uniformi in tutte le giurisdizioni. Le questioni legate alla proprietà intellettuale, alla proprietà dei beni virtuali e alla responsabilità civile possono diventare particolarmente complesse nel metaverso. Inoltre, la questione della giurisdizione può essere complicata, poiché le attività nel metaverso possono essere condotte da utenti situati in diverse parti del mondo e in diverse giurisdizioni (De Vivo, 2009) .

In fase di sviluppo è anche il quadro giuridico e normativo che circonda gli NFT e la proprietà di beni virtuali, temi che verranno ripresi nel capitolo III di questo elaborato. Queste sono solo alcune delle sfide aperte che devono essere affrontate per far sì che il metaverso diventi una realtà sempre più concreta e diffusa. Nonostante la presenza di queste difficoltà, il metaverso rappresenta una grande opportunità per innovare e creare nuove esperienze digitali che potrebbero cambiare il modo in cui le persone interagiscono tra loro e con il mondo che li circonda. Attualmente il metaverso si configura come uno spazio del possibile, dati i rischi che si profilano però, un ruolo essenziale spetta alla regolamentazione giuridica. (Lombardi, 2022)

1.7 Conclusione

Il metaverso rappresenta un mondo virtuale che sta diventando sempre più concreto e tangibile. Le origini del concetto risalgono a diversi decenni fa, ma solo recentemente la tecnologia ha permesso di renderlo una realtà sempre più vicina. L'evoluzione delle tecnologie immersive ha svolto un ruolo significativo nello sviluppo del concetto di metaverso. Gli avanzamenti nella realtà virtuale (VR) e nella realtà aumentata (AR) hanno reso possibile creare esperienze più realistiche e coinvolgenti all'interno di ambienti virtuali. L'integrazione di queste tecnologie immersive nel concetto di metaverso amplia le possibilità di coinvolgimento degli utenti. Gli avatar, rappresentazioni digitali degli utenti, sono diventati un elemento fondamentale del metaverso, che può essere utilizzato per svolgere diverse attività, tra cui lo sviluppo di nuovi business e la creazione di esperienze coinvolgenti per i clienti.

Esistono però ancora diverse sfide da affrontare per rendere il metaverso un ambiente sicuro, inclusivo e accessibile a tutti, oltre che per risolvere problemi tecnologici e infrastrutturali. In ogni caso, il metaverso rappresenta una nuova frontiera dell'esperienza digitale che si preannuncia affascinante e potenzialmente rivoluzionaria per molte aree dell'economia e della società.

CAPITOLO II: LA BLOCKCHAIN E LE CRIPTOVALUTE

Nel 1991, due ricercatori americani, Stuart Haber e W. Scott Stornetta, pubblicarono un articolo intitolato "How to Time-Stamp a Digital Document"³⁷. In questo articolo, i ricercatori descrivevano un sistema di registrazione di documenti digitali che utilizzava una struttura dati crittografata per creare una serie di blocchi con timestamp³⁸, collegati tra loro in modo immutabile. Il loro sistema era basato sulla crittografia a chiave pubblica, che consentiva di garantire l'integrità dei documenti e di verificare la loro esistenza in un determinato momento nel tempo. Tuttavia, il sistema non era ancora una vera e propria blockchain, ma costituiva un'importante pietra miliare nello sviluppo della tecnologia alla base della blockchain. La vera e propria blockchain, come la conosciamo oggi, è stata introdotta nel 2008 con la pubblicazione del "white-paper"³⁹ di Satoshi Nakamoto, il creatore di Bitcoin. La blockchain di Bitcoin utilizza un registro distribuito per registrare tutte le transazioni effettuate sulla rete e garantisce l'integrità e la sicurezza delle transazioni attraverso il consenso decentralizzato.

A distanza di quindici anni dalla sua introduzione, questa tecnologia rappresenta un fenomeno in costante evoluzione, utile alla creazione di un'ampia gamma di applicazioni decentralizzate, come ad esempio le criptovalute, i registri sanitari digitali, i sistemi di voto online e molto altro ancora. La sua natura decentralizzata e sicura ha reso la blockchain una tecnologia che può essere applicata in molteplici campi, con il potenziale di trasformare radicalmente la nostra società. L'obiettivo di questo capitolo è quello di definirne le caratteristiche principali, andando ad spiegare la struttura dei blocchi ed il loro funzionamento, per poi delineare e raccontare quelle che sono le maggiori criptovalute in circolazione.

³⁷ "Come contrassegnare temporalmente un documento digitale"

³⁸ Un timestamp è una sequenza di numeri che rappresenta un momento specifico nel tempo. È spesso utilizzato per identificare e registrare l'istante in cui si verifica un determinato evento o per fornire un riferimento temporale preciso. Un timestamp può includere informazioni come la data, l'ora, il minuto, il secondo e persino i millisecondi.

³⁹ Letteralmente "libro bianco", è un documento informativo, di solito di natura tecnica o specialistica, che fornisce un'analisi dettagliata di un argomento specifico.

2.1 Concetto di blockchain

La decentralizzazione è uno dei principi fondamentali su cui si basano le criptovalute. A differenza delle valute tradizionali, che sono gestite e controllate dalle banche centrali e dalle istituzioni finanziarie, le criptovalute sono concepite per funzionare in modo completamente decentralizzato e autonomo. In altre parole, non ci sono autorità centrali che controllano le transazioni o regolano l'offerta di valuta.

Ed è proprio l'assenza di un'autorità centrale che ha portato Satoshi Nakamoto ad affrontare il double-spending, problema principale durante il processo di creazione di Bitcoin, che consiste nel poter spendere la stessa unità di valore più di una volta.

Una criptovaluta poteva essere facilmente duplicabile e spendibile più di una volta, rendendo la moneta digitale priva di valore, poiché la sua esistenza non garantiva l'unicità e l'integrità delle transazioni. La soluzione trovata da Nakamoto fu quella di adottare un registro pubblico immutabile, nel quale fosse possibile registrare lo storico delle transazioni di ogni moneta digitale: la blockchain.

La blockchain, letteralmente “catena di blocchi”, è un registro condiviso e immutabile che vanta applicazioni in diversi ambiti industriali e no, proprio per la sua capacità di rendere accessibili, sicure, immutabili e trasparenti le informazioni.

Questa tecnologia si concretizza in una rete di computer, chiamati nodi, connessi tra loro, attraverso una modalità Peer-to-Peer⁴⁰. Ciò significa che ciascuno dei nodi collegati al network ha, al pari di tutti gli altri, accesso al registro (Bashir, 2018). Il sistema peer-to-peer della blockchain consente di creare un registro digitale immutabile, sicuro e trasparente, che può essere condiviso e verificato in tempo reale da tutti gli attori della rete (Böhme, 2019). Nel contesto della blockchain, i nodi della rete sono i cosiddetti "nodi completi", ovvero i computer che mantengono una copia completa del registro distribuito e che partecipano al processo di validazione delle transazioni e dei blocchi. I nodi completi collaborano tra loro per creare un registro digitale immutabile e sicuro, senza la necessità di un'entità centrale che controlli il sistema (Dharmendra, 2021).

La blockchain rientra, quindi, tra le cosiddette DLT (Distributed Ledger Technology⁴¹) in quanto salva i dati delle transazioni all'interno di un ledger⁴², equiparabile a un libro mastro,

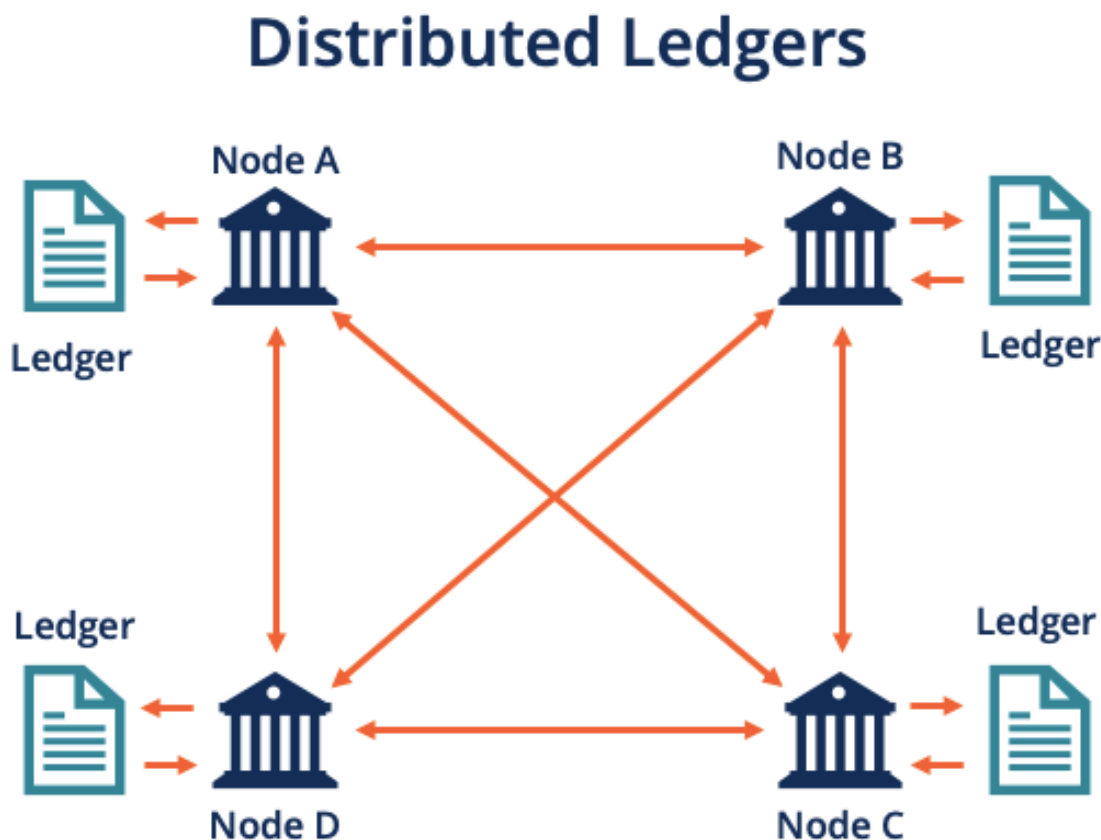
⁴⁰ Letteralmente “da Pari a Pari”.

⁴¹ Letteralmente “tecnologia del registro distribuito”

⁴² Libro o una raccolta di conti in cui vengono registrate le transazioni contabili. Ogni conto ha un saldo di apertura o di riporto, e registra ogni transazione come debito o credito in colonne separate, e il saldo finale o di chiusura.

che viene distribuito, ossia replicato e condiviso, tra tutti i nodi che partecipano allo stesso network (Pompili, 2021).

Figura 4 Funzionamento dei registri distribuiti



Fonte: Corporate Finance Institute

La blockchain consente quindi trasparenza, immutabilità e tracciabilità. L'immutabilità è dovuta alla sua struttura dati; una volta inserito il blocco, infatti, esso non può più essere modificato (Gallo, 2020).

Vengono identificate due tecnologie alla base di blockchain: Internet, rete di collegamenti informatici, e la crittografia, tecnica di rappresentazione di un messaggio in una forma tale che l'informazione in esso contenuta possa essere recepita solo dal destinatario⁴³. Ciò si può ottenere o celando l'esistenza stessa del messaggio o sottoponendo il testo del messaggio a trasformazioni che lo rendano incomprensibile. (Battaglini & Giordano, 2019).

Nel 1982 lo scienziato americano David Chaum⁴⁴, pioniere della crittografia, pubblicò un articolo dal titolo *"Blind Signature for Untraceable Payments"* in cui, nel descrivere un possibile metodo per inviare denaro in modo anonimo e senza necessitare di fiducia

⁴³ Fonte: Treccani Enciclopedia online <https://www.treccani.it/enciclopedia/crittografia>

⁴⁴ David Lee Chaum è conosciuto come un pioniere nella crittografia e nelle tecnologie per la tutela della privacy e ampiamente riconosciuto come l'inventore del denaro digitale.

reciproca tra le parti, introdusse il concetto di blind signature. In crittografia, le blind signatures, sono definibili come tecniche tramite cui un terzo soggetto firma un messaggio di cui ignora il contenuto al solo fine di verificarne l'integrità, così garantendone la non alterazione durante la transazione.

Le blind signatures forniscono un'autenticazione anonima, fondamentale per i sistemi blockchain, tra cui quelli di pagamento elettronico. In questi sistemi gli attori principali sono due: l'utente che conosce solo il messaggio originale e la chiave di firma⁴⁵ ed il firmatario che è a conoscenza solo di aver firmato un messaggio. Lo schema di blind signature deve quindi soddisfare due proprietà principali: la blindness⁴⁶ e one-more unforgeability. La prima consiste nel fatto che il firmatario firma un messaggio senza conoscerne il contenuto, ma senza la facoltà di poterlo negare. "The one-more unforgeability" garantisce l'impossibilità di creare una seconda firma valida per lo stesso messaggio utilizzando la stessa chiave privata. (Bashir, 2018).

Si possono individuare quattro tipi di blockchain che si distinguono in: blockchain pubblica, privata, ibrida e consorzio di blockchain.

Nella blockchain pubblica chiunque abbia l'accesso a internet può diventare un nodo, avendo accesso a tutti i dati presenti, a verificare le transazioni o a condurre attività di *mining*⁴⁷, senza necessità di ottenere alcun permesso. Esempi di rete pubblica sono Bitcoin ed Ethereum.

La blockchain privata nasce dall'interesse che questa nuova tecnologia ha saputo attirare a sé. Numerose aziende, infatti, hanno scelto sistemi di blockchain privata, nella quale vi sono gli stessi elementi di una blockchain pubblica, ma diversamente da quest'ultima è determinata da un'unità centrale di controllo che la rende quindi parzialmente decentralizzata. Solitamente le aziende che istituiscono una blockchain privata rendono la rete autorizzata. Va inoltre notato che anche le reti blockchain pubbliche possono essere autorizzate (IBM, s.d). Così facendo, vengono fissate delle restrizioni sui partecipanti autorizzati ad accedere alla rete e a determinate transazioni. Questi devono infatti ricevere un invito o ottenere un'autorizzazione per entrarne a far parte.

La blockchain ibrida invece nasce dalla combinazione di caratteristiche dei registri condivisi pubblici e privati. Esistono casi, infatti, in cui una blockchain abbia natura pubblica; tuttavia, scelga di affidare la validazione delle transazioni ad un numero ristretto di nodi (Reali, 2019).

⁴⁵ Nel 1988, David Chaum pubblicò un articolo intitolato "*The Dining cryptographers problem: unconditional sender and recipient untraceability*", in cui, per la prima volta, si parlava dei concetti di "*chiave pubblica*" e "*chiave privata*".

⁴⁶ Letteralmente "cecità"

⁴⁷ Il *mining* è il sistema che Bitcoin utilizza per generare nuove monete e convalidare transazioni collegandole a quelle già esistenti

Hyperledger Fabric è un esempio di blockchain ibrida che combina elementi di blockchain pubbliche e private. Sviluppata da IBM e Linux Foundation, è stata progettata per le aziende e le organizzazioni che cercano una soluzione blockchain personalizzabile e scalabile. Fabric supporta la creazione di reti blockchain con nodi selezionati e consenso distribuito, dove i nodi selezionati sono gli unici autorizzati a validare le transazioni. Tuttavia, può anche utilizzare algoritmi di consenso Proof of Work come in una blockchain pubblica⁴⁸.

A capo dei consorzi di blockchain, troviamo invece diverse organizzazioni che decidono chi può inviare transazioni o accedere ai dati. Un consorzio blockchain è ideale per le aziende che richiedono ad ogni partecipante un'autorizzazione e condividono la responsabilità della rete, vengono infatti utilizzate in vari settori bancari e nelle organizzazioni governative. Un esempio di consorzio blockchain è riscontrabile in: R3 Corda. Corda è una piattaforma blockchain privata, creata da un gruppo di banche e istituti finanziari che consente a diverse organizzazioni di collaborare su una rete condivisa, mantenendo al contempo i propri dati privati e sicuri. Ogni membro della rete ha il proprio nodo e può interagire solo con i membri della rete con cui ha un accordo⁴⁹.

La blockchain risulta quindi essere una tecnologia flessibile, che garantisce la protezione dei dati degli utenti grazie all'utilizzo di crittografia e alla sua architettura decentralizzata e distribuita. Inoltre, la sua trasparenza consente agli utenti di tracciare tutte le transazioni all'interno della catena. In particolare, la blockchain pubblica consente di tracciare tutte le transazioni effettuate con un determinato indirizzo, rendendo possibile l'identificazione degli utenti coinvolti in una transazione (Forbes, 2021). Inoltre, le informazioni registrate sulla blockchain sono permanenti e immutabili, rendendo difficile la cancellazione di informazioni sensibili. Questa trasparenza e immutabilità possono però generare problemi legati alla sfera della privacy, soprattutto se le transazioni contengono dati personali o sensibili. Ad esempio, nel caso di una transazione finanziaria, le informazioni relative ai soldi spesi o ricevuti potrebbero essere utilizzate per identificare le abitudini di spesa dell'utente.

Per affrontare questi problemi, il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) dell'Unione Europea ha stabilito alcuni requisiti per la protezione dei dati personali in caso di utilizzo della blockchain, che devono essere rispettati dagli utilizzatori di questa tecnologia. In particolare, il GDPR richiede che i dati personali siano trattati in modo trasparente, legale e lecito, e che siano raccolti solo per scopi specifici e legittimi. Inoltre, i

⁴⁸ Fonte Hyperledger Fabric whitepaper:

https://www.hyperledger.org/wpcontent/uploads/2018/10/Hyperledger_Fabric_Whitepaper.pdf

⁴⁹ <https://www.corda.net/>.

dati personali devono essere conservati solo per il tempo necessario per il raggiungimento degli scopi per cui sono stati raccolti.

Per quanto riguarda la blockchain, questi requisiti possono essere rispettati attraverso l'utilizzo di tecniche di crittografia avanzata, che consentono di proteggere i dati sensibili durante le transazioni. Inoltre, i dati personali possono essere anonimizzati prima di essere registrati sulla blockchain, in modo da proteggere l'identità dell'utente (Halpin, 2017). Il GDPR richiede inoltre che gli utenti abbiano il diritto di accedere ai propri dati personali e di richiederne la cancellazione o la correzione in caso di inesattezza. Questo può rappresentare una sfida per la blockchain, che registra le informazioni in modo permanente e immutabile. Ciò nonostante, alcune soluzioni sono state proposte per rispettare questi requisiti, ad esempio l'utilizzo di blockchain private o la creazione di meccanismi di gestione delle identità che consentono agli utenti di controllare le informazioni che vengono registrate sulla blockchain (De Felice, 2019).

Per citare alcuni articoli del GDPR pertinenti per la protezione dei dati nella blockchain, si possono considerare:

- Articolo 5, che stabilisce i principi di liceità, correttezza, trasparenza, limitazione delle finalità, minimizzazione dei dati, accuratezza, limitazione della conservazione, integrità e riservatezza dei dati personali.
- Articolo 6, che regola le basi giuridiche per il trattamento dei dati personali.
- Articolo 9, che stabilisce le categorie di dati personali sensibili che richiedono una protezione particolare.
- Articolo 17, che regola il diritto alla cancellazione dei dati personali (noto anche come "diritto all'oblio").
- Articolo 32, che stabilisce le misure di sicurezza tecniche e organizzative che devono essere adottate per proteggere i dati personali.
- Articolo 35, che regola la valutazione dell'impatto sulla protezione dei dati (DPIA), che deve essere effettuata quando il trattamento dei dati personali presenta rischi elevati per i diritti e le libertà delle persone fisiche.

Nonostante la blockchain sia nota soprattutto per l'impatto che ha avuto sull'ascesa delle monete digitali, essa può essere utilizzata anche in ambiti non correlati alle criptovalute, come per il monitoraggio di ordini, pagamenti, account, processi produttivi e molto altro ancora. L'Osservatorio Blockchain & Distributed Ledger, ha censito oltre 1.242 annunci,

sperimentazioni e progetti operativi, nazionali ed internazionali, riguardanti blockchain tra il 2016 e il 2020. I risultati riportati dividono i principali casi d'uso in quattro categorie, a seconda dell'obiettivo che perseguono: scambio di valore, verificabilità dei dati, coordinamento dei dati e realizzazione di processi affidabili. Nel 2019, le aziende italiane hanno investito circa 30 milioni di euro in progetti di blockchain, un incremento del 100% rispetto al 2018, collocando l'Italia tra i primi dieci Paesi al mondo per numero di progetti di blockchain sviluppati⁵⁰. Anche le università, come Holberton School of Software Engineering con sede a San Francisco in California, hanno iniziato a implementare strumenti basati sulla blockchain per assicurare una maggior trasparenza della gestione dei certificati accademici e nelle trascrizioni di lauree e diplomi.

In Estonia, paese Europeo leader nella digitalizzazione, la blockchain costituisce la spina dorsale del famoso programma e-Estonia⁵¹, che integra tutti i servizi pubblici in un'unica piattaforma digitale. Il progetto include una grande quantità di dati sensibili, registri sanitari, giudiziari, legislativi, di sicurezza e di codice commerciale, che sono memorizzati su un ledger al fine di preservarli da corruzione e uso improprio. Ed ancora, IBM ha sviluppato una piattaforma blockchain privata per le aziende che consente di creare e gestire applicazioni blockchain personalizzate. La piattaforma è stata utilizzata da numerose aziende in settori come la finanza, la logistica e la sanità.

2.1.2 La struttura dei blocchi

Il tre gennaio 2009 con il titolo “Chancellor on brink of second bailout for bank⁵²” il New York Times sentenziava il crollo di Lehman Brothers⁵³, quarta banca d'affari per ordine di grandezza. La stessa frase, sempre il tre gennaio 2009, venne trascritta nel cosiddetto Genesis Block, blocco iniziale nella costruzione della prima blockchain.

Volendo definire cosa sia effettivamente un blocco, lo si può identificare come un file, generalmente composto da tre parti principali: l'header, le transazioni e il nonce. La tipologia di dati memorizzati all'interno di un blocco dipende dal tipo di blockchain, la blockchain di

⁵⁰ OECD, No. 20, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/bdbbb4ea-it>.

⁵¹ e-Estonia è un progetto di digitalizzazione avviato nel 1997 dal governo estone, per facilitare le interazioni del cittadino con lo Stato, mediante l'uso di soluzioni elettroniche <https://e-estonia.com>

⁵² Letteralmente “il cancelliere sta per effettuare un secondo salvataggio per le banche”

⁵³ Lehman Brothers Holdings Inc., fondata nel 1850 e chiusa per fallimento il 15 settembre 2008, è stata una società attiva nei servizi finanziari a livello globale. La sua attività si concretizzava nell'investment banking, nelle ricerche di mercato, nel trading, nell'investment management, nel private equity e nel private banking.

Bitcoin, ad esempio, memorizza i dettagli di una transazione come mittente destinatario e la quantità di Bitcoin che viene scambiata (Lucon, 2018). Ulteriore elemento contenuto all'interno di ogni blocco è il cosiddetto hash: una stringa di numeri e lettere che identifica il blocco ed il suo contenuto e che è sempre unica, come una un'impronta digitale. Nel momento in cui viene creato un nuovo blocco, viene calcolato un nuovo hash unico e specifico per quel blocco e, se qualche dato all'interno del blocco cambia, anche l'hash cambierà (Castellani, 2019).

L'header del blocco contiene alcune informazioni fondamentali, come ad esempio il numero del blocco, il timestamp di quando è stato creato il blocco, l'hash del blocco precedente, facendo quindi in modo che si crei una concatenazione fra i precedenti e i successivi, e un valore detto target che viene utilizzato nell'algoritmo di consenso (Brina, 2022).

Le transazioni rappresentano le operazioni effettuate sulla blockchain, ad esempio l'invio di criptovaluta da un indirizzo a un altro. Le transazioni sono raggruppate all'interno del blocco e ne rappresentano il contenuto principale. Il nonce è un valore che viene utilizzato nell'algoritmo di consenso per trovare la soluzione al puzzle matematico necessario per validare il blocco.

Il nonce viene modificato di volta in volta fino a quando non viene trovata la soluzione corretta, il che richiede un'elaborazione computazionale intensiva (Chiap, 2019). Una volta che un blocco viene validato e aggiunto alla blockchain, diventa immutabile e non può essere modificato senza compromettere la sicurezza dell'intera rete (Garavaglia, 2018).

La struttura dei blocchi della blockchain è progettata quindi per garantire l'integrità e l'immutabilità delle informazioni registrate sulla catena. Poiché ogni blocco contiene l'hash del blocco precedente, la modifica di una transazione o di un blocco richiederebbe la modifica di tutti i blocchi successivi, rendendo l'operazione estremamente difficoltosa e costosa (Carnevali, 2021).

In conclusione, la struttura dei blocchi della blockchain è un aspetto fondamentale della tecnologia, poiché garantisce la sicurezza, l'integrità e l'immutabilità delle informazioni registrate sulla catena.

2.1.2 Il funzionamento

La blockchain offre informazioni immediate, condivise e completamente trasparenti, archiviate in un registro immutabile (IBM, s.d). Ad oggi le blockchain vengono principalmente utilizzate per registrare transazioni di criptovalute ma possono essere utilizzate e adattate per conservare in sicurezza qualsiasi tipo di dato.

Il funzionamento della blockchain si basa sulla creazione di blocchi di informazioni che vengono collegati tra loro in modo cronologico. Ogni blocco contiene un insieme di transazioni che vengono validate e confermate dalla rete di nodi distribuiti. Una volta che un blocco viene validato, viene aggiunto alla blockchain e diventa immutabile. Il processo di validazione delle transazioni è basato su un algoritmo di consenso che viene eseguito dalla rete di nodi distribuiti (Raimondi, 2022).

Esistono diversi tipi di algoritmi di consenso, tra cui il Proof of Work (PoW) utilizzato dalla blockchain pubblica come quella di Bitcoin e il Proof of Stake (PoS) utilizzato da altri tipi di blockchain.

La PoW richiede ai miner di risolvere un complesso puzzle matematico, attraverso la risoluzione di operazioni di hashing, al fine di validare le transazioni e aggiungere un blocco alla catena di blocchi. Il primo miner che riesce a risolvere il puzzle ottiene un compenso in Bitcoin, ma la soluzione deve essere verificata dagli altri nodi della rete, per garantire che sia valida. Una volta che la soluzione è stata verificata, il blocco viene aggiunto alla catena e il miner viene ricompensato (Garavaglia, 2018).

Il PoS invece richiede ai partecipanti della blockchain di possedere un certo quantitativo di token della blockchain stessa, come garanzia della loro partecipazione e impegno nella rete. In pratica, i partecipanti del PoS devono bloccare un certo numero di token all'interno della blockchain. In cambio, hanno il diritto di validare le transazioni e aggiungere un blocco alla catena di blocchi. La probabilità di essere selezionati per validare le transazioni è proporzionale alla quantità di token bloccati nella blockchain. A differenza del PoW, il PoS richiede meno risorse computazionali, ma richiede una quantità significativa di token per partecipare alla validazione delle transazioni.

In entrambi i casi, l'obiettivo è quello di garantire la sicurezza e l'integrità della rete (Chiap, 2019). Le chiavi crittografiche svolgono un ruolo fondamentale nella sicurezza della blockchain. Queste possono essere definite come un valore segreto utilizzato per cifrare e decifrare un messaggio.

Esistono due tipi di chiavi crittografiche: la chiave pubblica e la chiave privata. La chiave pubblica (o chiave di cifratura) viene utilizzata per cifrare i messaggi. Questa chiave può essere divulgata pubblicamente, e quindi conosciuta da tutti. Tuttavia, i messaggi cifrati con la chiave pubblica possono essere decifrati solo utilizzando la chiave privata corrispondente (Ferguson, 2011).

La chiave privata (o chiave di decifratura) viene utilizzata per decifrare i messaggi cifrati con la chiave pubblica. Questa chiave deve essere mantenuta segreta, in modo che solo il destinatario legittimo possa accedere al messaggio decifrato. Le chiavi crittografiche sono utilizzate in diverse applicazioni, come ad esempio nei protocolli di sicurezza per le comunicazioni su Internet (come SSL/TLS⁵⁴), nei sistemi di pagamento elettronici (come Bitcoin), nella firma digitale, nei sistemi di autenticazione, nella gestione degli accessi, e così via (Menezes, 2018).

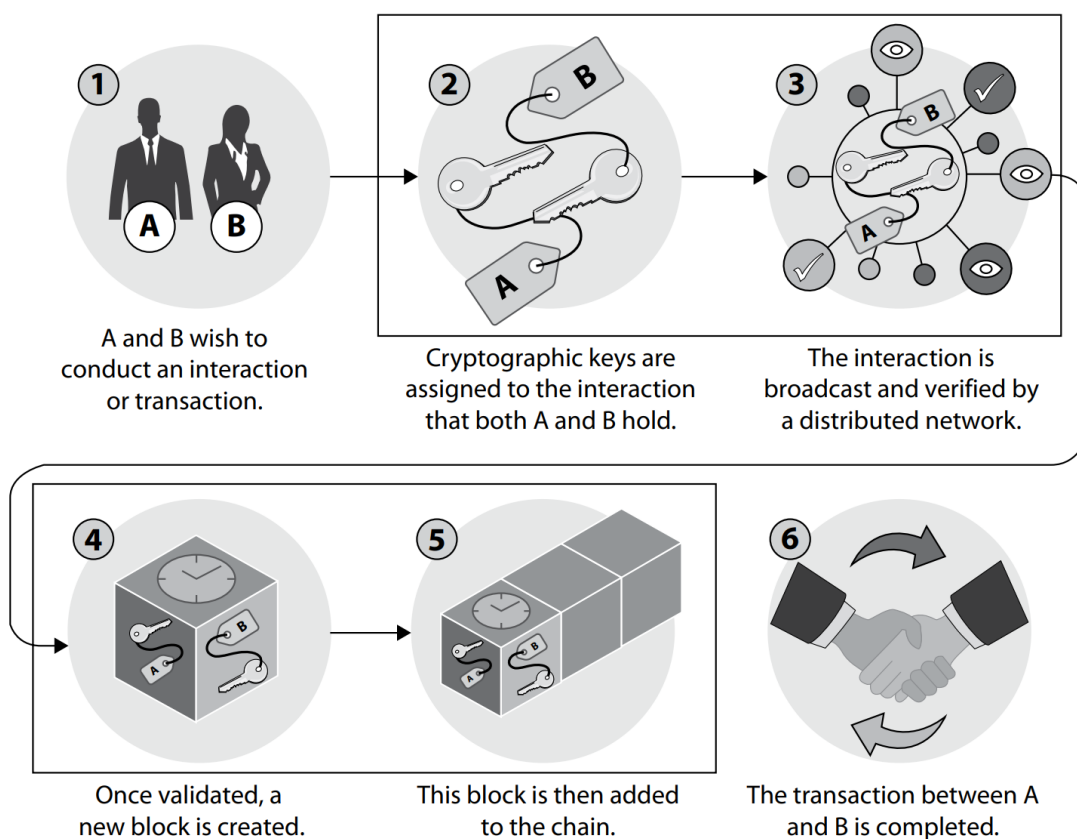
La tecnologia blockchain utilizza la crittografia a chiave pubblica, nota anche come crittografia asimmetrica, per garantire la sicurezza e la veridicità delle transazioni. Ogni utente della blockchain possiede una coppia di chiavi crittografiche: una chiave pubblica e una chiave privata. La chiave pubblica è utilizzata per ricevere pagamenti, mentre la chiave privata è utilizzata per firmare digitalmente le transazioni e per dimostrare la proprietà dei fondi (Carnevali, 2021). Quando viene effettuata una transazione, il mittente utilizza la propria chiave privata per firmare la transazione digitalmente.

Questa firma digitale garantisce l'autenticità della transazione e dimostra che il mittente possiede i fondi necessari. Successivamente, la transazione viene trasmessa alla rete blockchain e verificata da tutti i nodi partecipanti (Comandini, 2020).

⁵⁴ I protocolli di sicurezza per le comunicazioni su Internet sono un insieme di regole e standard che vengono utilizzati per proteggere la privacy e la sicurezza delle comunicazioni tra utenti sulla rete. Uno dei protocolli più comunemente utilizzati è SSL (Secure Sockets Layer) o TLS (Transport Layer Security), che garantisce una comunicazione sicura e cifrata tra un client e un server su Internet. Questi protocolli consentono la crittografia dei dati scambiati tra i due dispositivi e garantiscono l'autenticità del server e del client. Il protocollo SSL/TLS lavora in modo simile: il client invia una richiesta di connessione sicura al server, che risponde con il suo certificato digitale, ovvero una credenziale che garantisce l'autenticità del server. Il client verifica il certificato e se la verifica è positiva, comunica al server quale sia l'algoritmo di crittografia utilizzato per la trasmissione dei dati. A questo punto, il client e il server iniziano a scambiarsi dati cifrati utilizzando la chiave simmetrica generata durante la fase di negoziazione. La chiave simmetrica viene utilizzata per la cifratura e la decifratura dei dati durante tutta la durata della connessione.

I nodi utilizzano la chiave pubblica del mittente per verificare la firma digitale e garantire che la transazione sia stata effettuata dal proprietario dei fondi. Solo dopo che la transazione viene verificata dai nodi della rete, viene aggiunta a un blocco nella blockchain (Maurizi, 2022).

Figura 5 Funzionamento della blockchain



Fonte: Cointelegraph.com

Un esempio concreto dell'utilizzo della tecnologia blockchain è rappresentato dalla criptovaluta Bitcoin. Le transazioni di Bitcoin vengono registrate su una blockchain distribuita, la quale viene mantenuta e validata da una vasta rete di nodi Bitcoin. Ogni nodo della rete deve risolvere un complesso puzzle matematico per validare le transazioni e guadagnare Bitcoin come ricompensa. Questo processo di validazione rende la rete sicura e in grado di resistere ad attacchi informatici. Inoltre, nella catena di tre blocchi di una blockchain di Bitcoin, ogni blocco contiene l'hash del blocco precedente. Ciò significa che l'ultimo e il terzo blocco si riferiscono al secondo blocco, mentre il secondo blocco si

riferisce al primo blocco, noto come Genesis Block⁵⁵. Il genesis block rappresenta quindi il tassello iniziale della catena, a partire da questo, la prima fase consiste nella pubblicazione di un nuovo blocco. Nel caso in cui il secondo blocco venisse in qualche modo manomesso da un hacker⁵⁶ l'hash di quel blocco verrebbe automaticamente modificato e, di conseguenza i blocchi seguenti. Sebbene efficace il sistema degli hash da solo non è sufficiente a prevenire manomissioni, i computer di oggi, infatti, sono estremamente veloci e possono calcolare centinaia di migliaia di hash al secondo, rendendo possibile la manomissione ed il ricalcolo di tutti gli hash degli altri blocchi, rendendo nuovamente valida la blockchain. Per scongiurare questa eventualità la blockchain si avvale della proof of work, in grado di rallentare la creazione di nuovi blocchi e rendere molto più complesse eventuali operazioni di hackeraggio. Nel caso di Bitcoin occorrono circa dieci minuti per calcolare la proof of work e aggiungere un nuovo blocco alla catena, il che rende molto difficile manomettere i blocchi. Se si decidesse di mettere in atto questa pratica infatti, sarebbe necessario, oltre al ricalcolo degli hash, anche quello della proof of work di ogni blocco, necessitando di tempi molto lunghi (Chiap, 2019). Ulteriore caratteristica che ne garantisce la sicurezza è la decentralizzazione, invece di usare un'entità centralizzata per gestire la catena, infatti, le blockchain usano una rete peer to peer alla quale chiunque può accedere e partecipare. Come in precedenza esplicitato, chi decide unirsi alla rete, diventa un nodo e ottiene una copia completa della blockchain tramite la quale svolgere attività di verifica. Per manomettere con successo la blockchain bisognerebbe manomettere tutti i blocchi della catena, ricalcolare la proof of work per ogni blocco e assumere il controllo di almeno il 50%+1 della rete, praticamente impossibile in termini di tempo e poco conveniente in termini energetici. (Lucon, 2018)

⁵⁵ Letteralmente "Blocco della Genesi". Si tratta del primo blocco della blockchain di una criptovaluta, come ad esempio Bitcoin, che funge da blocco di partenza per l'intera catena. Il Genesis Block è stato creato dal creatore della criptovaluta o dal team di sviluppo iniziale ed è considerato un evento storico nella nascita e nella crescita di una criptovaluta.

⁵⁶ Un hacker è una persona che utilizza la sua conoscenza avanzata delle tecnologie informatiche per accedere a sistemi informatici o reti senza autorizzazione, al fine di rubare informazioni o danneggiare i sistemi. Tuttavia, il termine "hacker" può anche riferirsi a persone che utilizzano le loro abilità informatiche per scopi legali, come migliorare la sicurezza dei sistemi informatici o sviluppare nuove tecnologie. Esiste anche una distinzione tra gli hacker etici, che utilizzano le loro abilità per migliorare la sicurezza informatica, e i criminali informatici, che cercano di rubare informazioni o di danneggiare i sistemi informatici per trarne profitto personale.

2.2 Le principali cripto-valute in circolazione

Le criptovalute sono delle valute digitali la cui nascita è dovuta a Satoshi Nakamoto che, nel 2009, presentò al mondo il progetto Bitcoin, madre delle cryptocurrencies⁵⁷.

L'obiettivo di Nakamoto era quello di creare uno sistema di pagamento digitale completamente decentralizzato che andasse a rivoluzionare e sostituire i mezzi messi a disposizione dal sistema bancario.

Il ruolo fondamentale della blockchain nell'ambito delle criptovalute è quello di garantire l'impossibilità di spendere due volte lo stesso valore in transazioni successive (Gallo, 2020). Un documento informatico, per definizione, è replicabile all' infinito e trasferibile senza perderne il possesso. È noto, infatti, che una moneta non potrebbe esistere se la sua rappresentazione digitale fosse spendibile più di una volta, incorrendo nel fenomeno del double-spending (Milan, 2022). Il principale vantaggio della criptovaluta risulta essere la decentralizzazione, elemento che la distingue dalla moneta elettronica. A differenza di quest'ultima e delle valute tradizionali, infatti, le criptovalute non sono controllate da banche centrali o da altre autorità centrali, ma sono gestite da una rete decentralizzata di computer. Ciò significa che le transazioni con criptovalute possono essere effettuate senza l'intermediazione di banche o di altre istituzioni finanziarie, velocizzando l'esecuzione della transazione (Raimondi, 2022). Inoltre, poiché le criptovalute non sono soggette a commissioni bancarie o di transazione, le transazioni possono essere eseguite a costi molto più bassi rispetto alle valute tradizionali. In aggiunta, le criptovalute offrono una maggiore accessibilità globale, poiché possono essere utilizzate da chiunque abbia accesso a Internet, indipendentemente dalla posizione geografica o dalla valuta locale. Ciò significa che possono essere utilizzate per transazioni internazionali in modo più semplice e conveniente rispetto alle valute tradizionali (Consob, s.d.).

Oltre a Bitcoin, ci sono molte altre criptovalute, come Litecoin, Ethereum, Ripple, e molte altre ancora. La prima, lanciata nel 2011, è basata sul codice sorgente di Bitcoin ma con alcune differenze significative, come il tempo di elaborazione dei blocchi più rapido. Nel

⁵⁷ Letteralmente "criptovalute"

2015 è stata invece lanciata Ethereum, che verrà ripresa nei paragrafi successivi, criptovaluta che ha introdotto la possibilità di eseguire smart contract⁵⁸ sulla blockchain, aprendo la strada a una vasta gamma di applicazioni decentralizzate (Comandini, 2020).

Nel corso degli anni, le criptovalute sono state oggetto di molta attenzione e dibattito, il valore delle stesse è aumentato rapidamente, con un enorme picco nel dicembre 2017, quando il prezzo di Bitcoin ha raggiunto il suo massimo storico di quasi \$20.000. Tuttavia, nel 2018, il mercato delle criptovalute ha subito un forte ribasso, con la maggior parte delle cryptocurrencies che hanno perso gran parte del loro valore⁵⁹. In termini generali, le criptovalute offrono una maggiore libertà e autonomia finanziaria rispetto alle valute tradizionali, con vantaggi come anonimato, sicurezza, velocità delle transazioni, bassi costi di transazione e accessibilità globale; tuttavia, è importante comprenderne anche rischi prima di utilizzarle o investire in esse (Narayanan, 2016).

Esistono infatti diverse preoccupazioni in merito alle criptovalute, tra cui:

1. Volatilità del mercato: il prezzo delle criptovalute può fluttuare notevolmente nel corso di brevi periodi di tempo, rendendole molto rischiose per gli investitori. Ad esempio, oltre il sopracitato caso di Bitcoin, nel 2020, il prezzo di Ethereum è passato da circa \$100 a circa \$1.400 in meno di un anno, prima di subire una correzione del 25% nei successivi due mesi⁶⁰. Ancora nel 2021, il prezzo di Dogecoin è passato da circa \$0,01 a circa \$0,70 in meno di tre mesi, prima di subire una correzione del 50% nei successivi due giorni⁶¹.
2. Crimine informatico: poiché le criptovalute sono decentralizzate e anonime, possono essere utilizzate per attività illegali come il riciclaggio di denaro, l'estorsione e il traffico di droga.
3. Scarsa regolamentazione: a differenza delle valute tradizionali, le criptovalute non sono regolate da banche centrali o da altre autorità governative. Ciò significa che ci sono poche protezioni per gli utenti e gli investitori. d'esempio, negli Stati Uniti, la

⁵⁸ Letteralmente “contratto intelligente” è un protocollo informatico che consente di automatizzare l'esecuzione e l'applicazione di un contratto

⁵⁹ Wealth Magazine. (2022, 3 febbraio). Bitcoin, tutti i boom e crolli dal 2017 ad oggi. Recuperato il 5 maggio 2023, da <https://www.we-wealth.com/news/fintech/criptovalute/bitcoin-tutti-i-boom-e-crolli-dal-2017-ad-oggi>.

⁶⁰ Dati di CoinTelegraph. (2021, 26 luglio). Ether price holds \$1,820, but pro traders are skeptical about further gains. <https://it.cointelegraph.com/news/ether-price-holds-1-820-but-pro-traders-are-skeptical-about-further-gains>

⁶¹ Dati di Cointelegraph. (2021, 17 giugno). Dogecoin jumps 44% in one day as traders rotate Shiba Inu profits into DOGE. <https://it.cointelegraph.com/news/dogecoin-jumps-44-in-one-day-as-traders-rotate-shiba-inu-profits-into-doge>

SEC (Securities and Exchange Commission) ha affermato che molte delle criptovalute in circolazione potrebbero essere considerate "valori mobiliari" ai sensi della legge federale sui titoli. Ciò significa che dovrebbero essere regolamentati come qualsiasi altro strumento finanziario. Tuttavia, la regolamentazione delle criptovalute negli Stati Uniti è ancora relativamente scarsa e molte operazioni con criptovalute possono ancora sfuggire al controllo delle autorità. Allo stesso modo, molti paesi stanno ancora cercando di capire come regolamentare le criptovalute e le operazioni di criptovalute. In Cina, le autorità hanno preso misure drastiche per limitare l'uso delle criptovalute (Agostini, 2021), mentre in altri paesi, come il Giappone, le autorità hanno creato regole e normative specifiche per regolare l'uso delle criptovalute (Fontana, 2018).

4. Problemi di sicurezza: le criptovalute possono essere vulnerabili a hacking e furto di portafogli digitali, il che significa che gli utenti devono essere molto cauti nel proteggere i loro beni digitali. Ad esempio Nel 2014, Mt. Gox, uno dei più grandi scambi di Bitcoin al mondo, ha subito un attacco informatico che ha portato alla perdita di oltre 850.000 Bitcoin, pari a circa \$460 milioni di dollari all'epoca⁶². O ancora nel 2019, Binance⁶³ è stato hackerato e sono state rubate criptovalute per un valore di circa \$40 milioni di dollari⁶⁴.
5. Sostenibilità ambientale: la tecnologia blockchain utilizzata dalle criptovalute richiede un enorme consumo di energia elettrica, che può avere un impatto significativo sull'ambiente. Ad esempio, secondo l'indice Cambridge Bitcoin Electricity Consumption, il consumo di energia del mining di Bitcoin è stato di circa 147,79 TWh (terawattora) all'anno nel maggio 2021. Inoltre, l'indice mostra che l'energia consumata dal Bitcoin rappresenta circa lo 0,67% del consumo globale di energia elettrica. Allo stesso modo, l'indice stima che l'energia consumata dal mining di Ethereum sia di circa 58,28 TWh all'anno, il che rappresenta circa lo 0,26% del consumo globale di energia elettrica.

Inoltre, poiché il mercato delle criptovalute è relativamente nuovo, molti investitori e utenti possono non avere una conoscenza adeguata delle criptovalute e della loro tecnologia. Ciò

⁶² Dati da Redazione Il Sole 24 Ore. (2019, 9 novembre). Bitcoin, il più grande furto della storia emerge il tesoretto da un miliardo di dollari. <https://www.ilsole24ore.com/art/bitcoin-piu-grande-furto-storia-emerge-tesoretto-un-miliardo-dollari-AEYnTnEF>

⁶³ Binance è una società che gestisce una piattaforma di scambio di criptovalute, fondata nel 2017.

⁶⁴ Fonte: <https://www.reuters.com/article/us-crypto-currencies-binance/hackers-steal-41-million-worth-of-bitcoin-from-cryptocurrency-exchange-binance-idUSKCN1S2177>

significa che possono esserci rischi nascosti o insidie che non sono ancora stati scoperti o compresi completamente.

2.2.1 Bitcoin

Era 31 ottobre 2008, un individuo o un gruppo di individui sconosciuti, sotto lo pseudonimo di Satoshi Nakamoto pubblicò un documento intitolato "Bitcoin: Un Sistema di Denaro Elettronico Peer-to-Peer⁶⁵" in cui vennero rivelate le informazioni sul funzionamento del protocollo Bitcoin per la prima volta. Il funzionamento dei Bitcoin è basato su un registro pubblico distribuito, la blockchain, che contiene tutte le transazioni effettuate nella rete. Ogni nodo nella rete Bitcoin mantiene una copia della blockchain e partecipa attivamente alla convalida delle transazioni. In questo modo, la sicurezza della rete è garantita dalla partecipazione di un gran numero di nodi indipendenti (IBM, s.d.).

Per creare nuovi Bitcoin, la rete utilizza un processo noto come "mining⁶⁶". I nodi della rete competono per risolvere un complesso problema matematico, il cui risultato è la creazione di un nuovo blocco nella blockchain e una ricompensa in Bitcoin per il nodo che ha risolto il problema. Il processo di mining richiede un'alta potenza di calcolo e utilizza l'algoritmo di hash crittografico SHA-256 per garantire la sicurezza della rete. SHA-256 è stato sviluppato dalla National Security Agency (NSA) degli Stati Uniti ed è stato pubblicato nel 2001 come parte della serie di algoritmi Secure Hash Standard (SHS) del National Institute of Standards and Technology (NIST). L'algoritmo SHA-256 è progettato per produrre un hash di 256 bit che è unico per ogni input e difficile da invertire, il che lo rende un metodo affidabile per garantire l'integrità dei dati e la sicurezza delle transazioni crittografiche (Microsoft, s.d.). Una volta creati, i Bitcoin possono essere inviati ad altri indirizzi Bitcoin sulla rete. Le transazioni vengono verificate dai nodi della rete e aggiunte ad un blocco nella blockchain. Per garantire la sicurezza delle transazioni, ogni utente che possiede Bitcoin ha una coppia di chiavi crittografiche, una pubblica e una privata. La chiave pubblica è l'indirizzo a cui gli utenti possono inviare Bitcoin, mentre la chiave privata è la chiave segreta necessaria per

⁶⁵ Fu pubblicato sulla mailing list del sito web www.metzdowd.com

⁶⁶ Letteralmente "estrazione"

firmare digitalmente una transazione Bitcoin (Chiap, 2019). Una volta che un utente decide di inviare Bitcoin ad un altro indirizzo, la transazione viene trasmessa sulla rete Bitcoin. I nodi della rete verificano la validità della transazione, controllando che il mittente abbia abbastanza Bitcoin nella propria chiave pubblica per effettuare l'invio. Una volta verificata, la transazione viene aggiunta ad un blocco nella blockchain. Per creare un blocco, i nodi della rete devono risolvere un complesso problema matematico noto come "proof-of-work". Una volta risolto il problema, il blocco viene aggiunto alla blockchain e la transazione diventa irreversibile (Comandini, 2020).

Dopo che la transazione è stata confermata e inclusa nella blockchain, il destinatario riceve i Bitcoin inviati dal mittente. Il tempo necessario per la conferma di una transazione può variare a seconda della congestione della rete Bitcoin, ma in genere richiede alcuni minuti (Chiap, 2019). Oltre all'investimento, Bitcoin viene utilizzato anche come mezzo di pagamento in molte parti del mondo. Un numero crescente di aziende sta accettando Bitcoin come pagamento per i loro beni e servizi, e le transazioni possono essere effettuate in modo sicuro e anonimo. Inoltre, Bitcoin è anche utilizzato per il trasferimento di denaro a livello internazionale, poiché le transazioni possono essere effettuate in modo rapido e a basso costo, senza la necessità di un'autorità centrale che le controlli, come accade invece nei trasferimenti di denaro tradizionali, che possono essere costosi e complessi (Narayanan, 2016). Il World Economic Forum nel 2020 nel rapporto "Future of jobs report 2020"⁶⁷ ha sostenuto che le tecnologie di pagamento decentralizzate, come Bitcoin, avrebbero potuto trasformare l'architettura di business delle aziende che operano nel comparto dei trasferimenti di denaro. Tuttavia, come esaminato nei paragrafi precedenti, esistono anche alcune sfide che le criptovalute e Bitcoin devono affrontare per continuare a crescere e ad evolversi. Ad esempio, la volatilità dei prezzi può scoraggiare l'uso di Bitcoin come mezzo di pagamento stabile e affidabile. Inoltre, l'adozione delle criptovalute da parte dei governi e delle grandi istituzioni finanziarie potrebbe essere lenta a causa della loro natura decentralizzata e non regolamentata. Anche l'alto consumo di energia necessario per l'estrazione rappresenta una preoccupazione crescente per l'impatto ambientale. Nel maggio 2021, attraverso un tweet, il CEO di Tesla dichiarava:

«Le criptovalute rappresentano una buona idea sotto diversi profili e crediamo che abbiano un futuro promettente, ma questo non può essere perseguito a spese dell'ambiente»

⁶⁷ <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2020>

Il consumo di energia da parte della rete Bitcoin è stimato essere pari a quello di un piccolo paese, come ad esempio l'Argentina o l'Olanda. Questo comporta un impatto ambientale significativo, poiché gran parte dell'energia utilizzata proviene da fonti di combustibili fossili, che emettono gas serra e contribuiscono al cambiamento climatico (BBC, 2021). Tuttavia, alcune misure sono state adottate per ridurre l'impatto ambientale di Bitcoin. Ad esempio, alcune miniere di Bitcoin stanno iniziando a utilizzare fonti di energia rinnovabile, come l'energia solare o eolica, per alimentare le loro attività di mining. Inoltre, sono state proposte soluzioni tecniche, come l'adozione di algoritmi di mining più efficienti e la riduzione del consumo di energia degli ASIC, i chip utilizzati per il mining di Bitcoin⁶⁸.

2.2.2 *Ethereum*

Ethereum è una piattaforma open-source, lanciata nel 2015 da Vitalik Buterin, per lo sviluppo di applicazioni decentralizzate, le cosiddette “DApps”, basate su blockchain (D’angelo). A differenza di Bitcoin, che si concentra principalmente sulle transazioni finanziarie, Ethereum offre funzionalità aggiuntive che consentono di creare smart contract, ovvero contratti digitali che si auto-eseguono quando vengono soddisfatte determinate condizioni e che verranno ripresi nel capitolo III di questo elaborato. Gli smart contract di Ethereum sono scritti utilizzando un linguaggio di programmazione chiamato Solidity⁶⁹, che definisce in modo preciso le condizioni per attivare il contratto. Una volta che il contratto è stato scritto e pubblicato, può essere eseguito in modo sicuro e affidabile da chiunque.

Gli smart contract rendono Ethereum una piattaforma caratterizzata dalla flessibilità, gli sviluppatori infatti possono utilizzarli per qualsiasi tipo di applicazione, tra cui:

- Sistemi di votazione online, che sono sicuri, trasparenti e immutabili.
- Applicazioni di gestione dell’identità: che consentono agli utenti di avere il controllo dei propri dati e della propria identità.

⁶⁸ Fonte: The *Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index* (CBECI) che fornisce stime in real-time dell’energia elettrica totale utilizzata da Bitcoin.

⁶⁹ Solidity è un linguaggio di programmazione ad alto livello utilizzato per creare smart contract sulla blockchain di Ethereum. È stato sviluppato appositamente per la blockchain di Ethereum e presenta molte similitudini con linguaggi di programmazione come C++ e JavaScript. I contratti scritti in Solidity vengono compilati in bytecode che può essere eseguito sulla macchina virtuale Ethereum (EVM). Solidity supporta la programmazione ad oggetti, la gestione degli eventi, la gestione delle eccezioni, la programmazione funzionale e molti altri costrutti di programmazione avanzati. La sua sintassi è abbastanza facile da imparare, tuttavia la scrittura di contratti complessi richiede una buona conoscenza delle funzionalità della blockchain di Ethereum e degli aspetti di sicurezza legati alla scrittura di smart contract.

Fonti: <https://docs.soliditylang.org/> ; <https://ethereum.org/>

- Piattaforme di crowdfunding, che consentono ai progetti di raccogliere fondi direttamente dalla comunità senza dover passare attraverso intermediari centralizzati.
- Mercati decentralizzati, che consentono agli utenti di scambiare beni e servizi senza dover passare attraverso intermediari centralizzati (Wood, 2014).

Ethereum ha anche introdotto la possibilità di creare token personalizzati consentendo ai creatori di lanciare le proprie criptovalute e gestirle all'interno della rete. Il token più noto su Ethereum è il "Ether" (ETH), che viene utilizzato come valuta all'interno della piattaforma. Esistono però anche alcuni punti critici. Uno dei maggiori problemi è la scalabilità, in quanto la rete Ethereum attualmente supporta un numero limitato di transazioni al secondo, il che limita il potenziale per l'adozione di massa delle DApps e delle criptovalute basate su Ethereum. Questo accade poiché utilizza la Proof-of-Work (PoW) che richiede una considerevole quantità di lavoro computazionale per validare le transazioni e creare nuovi blocchi nella blockchain, ogni nodo della rete, infatti, deve eseguire calcoli complessi ed il processo può richiedere del tempo e limitare il numero di transazioni che possono essere elaborate simultaneamente. Attualmente, Ethereum è in fase di transizione verso la Proof-of-Stake (PoS), che potrebbe risolvere questi problemi di scalabilità aumentando la velocità di elaborazione delle transazioni e riducendo i costi energetici (Wood, 2014). Sul fronte della sicurezza la piattaforma ha subito alcuni attacchi informatici, come il furto di 150 milioni di dollari in ETH dalla piattaforma di crowdfunding DAO nel 2016.

In generale, Ethereum è una delle blockchain più importanti e influenti al mondo, che ha introdotto una serie di innovazioni significative, come la possibilità di eseguire smart contract e DApps. Tuttavia, come qualsiasi tecnologia emergente, possiede anche alcuni punti critici, nonostante questo, Ethereum continua ad essere una delle blockchain più promettenti e innovative e la sua comunità di sviluppatori continua a lavorare per migliorare la tecnologia e affrontare le sfide attuali e future.

2.3. Conclusioni

La blockchain rappresenta una tecnologia rivoluzionaria che ha il potenziale per trasformare molte industrie e aspetti della vita quotidiana. La sua struttura decentralizzata, immutabile e sicura la rende un'alternativa ai sistemi tradizionali basati su intermediari centrali. Il funzionamento della blockchain è possibile grazie ai blocchi, che contengono le transazioni verificate e sono collegati tra loro attraverso la crittografia. Questa tecnologia è in grado di garantire l'immunità da falsificazioni e frodi, ma ha anche alcune limitazioni, come la scalabilità, la complessità e l'energia necessaria per validare le transazioni. Le criptovalute come il Bitcoin ed Ethereum sono i casi d'uso più noti della tecnologia blockchain, ma esistono molte altre applicazioni possibili. Nonostante i lati positivi, esistono anche alcune sfide presenti e future da affrontare. La scalabilità è uno dei problemi più urgenti, in quanto la rete attualmente supporta solo un numero limitato di transazioni al secondo. Ci sono anche preoccupazioni per l'effetto ambientale della tecnologia. Inoltre, la regolamentazione e la sicurezza delle criptovalute sono ancora in evoluzione. Ciò nonostante, in molti vedono nella blockchain e nelle criptovalute un futuro promettente e continuano a investire in queste tecnologie in rapida evoluzione. Con la continua ricerca e lo sviluppo, potrebbero essere trovate soluzioni alle sfide attuali e la tecnologia blockchain potrebbe diventare sempre più diffusa e accettata come una parte fondamentale del mondo digitale.

CAPITOLO III: INVESTIRE NEL METAVERSO

In un mondo in cui la copia e la condivisione di file digitali sono all'ordine del giorno, i Non-fungible token offrono una soluzione innovativa per distinguere un oggetto digitale come un'opera d'arte, un video o una canzone e certificarne la proprietà e l'unicità. Il concetto chiave è rappresentato proprio dall'unicità, in quanto è la scarsità di questi beni a determinarne il valore e a creare, pertanto, un mercato esclusivo (Vulpiani, 2023).

Tra i beni fungibili digitali possono annoverarsi le criptovalute, come Bitcoin, che sono pertanto token che possono essere scambiati con altri di uguale specie, qualità e quantità. Gli NFT sono, invece, token infungibili, unici ed irripetibili, e si sostanziano, pertanto, in una serie di dati crittografati registrati su una blockchain contenenti un certificato identificativo unico (Qin, Rujia, Qi, & Shiping, 2021).

Esempi di NFT includono avatar come CryptoPunks⁷⁰ e Bored Apes⁷¹, nonché opere d'arte digitali di artisti famosi, delle quali alcune hanno raggiunto valori molto elevati, addirittura milioni di dollari. Il seguente capitolo analizzerà la storia la storia degli NFT, dalle loro prime proposte su Ethereum agli sviluppi attuali. Ne verranno elencate poi le diverse tipologie e le caratteristiche visive, evidenziando come gli aspetti estetici possano influenzare il valore e attrattiva per collezionisti e investitori. Si procederà inoltre ad approfondire il ruolo degli smart contracts, dei protocolli e degli standard nel garantire l'interoperabilità e la compatibilità degli NFT all'interno dell'ecosistema blockchain. Successivamente, ci si concentrerà sulle reti di scambio, esaminando le diverse piattaforme che consentono agli utenti di acquistare, vendere e scambiare NFT. Verrà analizzato il caso di Samsung e la sua introduzione di funzionalità di Non-fungible token all'interno della sua app di portafoglio blockchain. Nella parte finale dell'elaborato si procederà all'esplorazione delle opportunità e dei rischi legati agli investimenti nel metaverso e le sfide che l'industria deve affrontare, come la regolamentazione, la scalabilità e l'adozione di massa.

⁷⁰ Collezione di 10.000 avatar pixelati unici, considerata uno dei primi esempi di NFT e un'icona nell'ambito delle criptovalute e dell'arte digitale.

⁷¹ Collezione di 10.000 avatar di scimmie uniche, ognuna con caratteristiche distintive

3.1 Cosa sono i Non-fungible token

"I diritti di proprietà sono diritti umani" dichiarava l'ex primo ministro britannico William Pitt⁷² in un discorso del marzo 1763. Sebbene l'idea fosse progressista e avanzata agli albori della rivoluzione capitalista, sarebbe diventata irrilevante in futuro (David & Won., 2022). Il metaverso, integrando sia mondo virtuale che reale, richiede e genera una vasta quantità di dati, consentendo quindi la sostenibilità solo se decentralizzato e basato principalmente su contenuti generati dagli utenti. Si sta quindi entrando nel regno di un *"metaverso distribuito"*, nel quale ogni abitante è un utente e un creatore, un'economia di token nel metaverso fondamentale per incentivare la creazione (o la co-creazione), promuovere l'inclusione e incoraggiare lo sforzo della comunità. È quindi un momento opportuno per guardare alla proprietà da una prospettiva più ampia, ovvero per garantire che ogni utente del metaverso possieda uguali diritti di utilizzo e di creazione. Ma come è possibile raggiungere questo obiettivo fornendo al contempo una ragionevole protezione della proprietà per tutelare gli interessi degli abitanti del metaverso? A tal fine, i token non fungibili (NFT) ci offrono l'opportunità di progettare un nuovo sistema di valore. Uno dei metodi più diffusi è che i proprietari di NFT di alto valore blocchino i loro NFT in contratti intelligenti (David & Won., 2022).

Gli NFT - letteralmente «Non-Fungible Token» - sono dei certificati digitali, che vengono associati a dei contenuti digitali con lo scopo di certificarne sia l'autenticità che l'unicità (Omodeo, 2021).

In senso più ampio, un NFT consente di stabilire la "provenienza", fornendo risposte indiscutibili a domande come chi lo possiede, chi lo ha posseduto in precedenza e chi lo ha creato, nonché quale delle tante copie sia l'originale. (Nadini, et al., 2021).

L'autenticità di un NFT è garantita dai registri distribuiti sui quali viene tracciata la sua storia, comprendente i vari passaggi di mano, come scambi o cessioni. I registri distribuiti, inoltre, sono un'ulteriore fonte di sicurezza riguardante l'unicità del token grazie alla loro immutabilità, in modo tale da azzerare il rischio di copia (Garavaglia, 2018).

Un qualsiasi bene digitale, come ad esempio un'immagine in formato JPEG, può essere trasformato in un NFT attraverso il processo di "minting"⁷³ o "conio", mediante il quale viene creato un certificato unico sulla blockchain associato all'immagine (Vulpiani, 2023).

⁷² William Pitt detto il Giovane ricoprì il ruolo di Primo ministro del Regno Unito dal 19 dicembre 1783 al 14 marzo 1801 e poi dal 10 maggio 1804 al 1806, anno della sua morte.

⁷³ Processo di registrazione di nuove monete o di asset digitali su blockchain. Il termine deriva dal verbo inglese "to mint", la cui traduzione letterale è "coniare, battere".

Anche dal punto di vista ambientale gli NFT sono oggetto di preoccupazioni. Il processo di minting dei nuovi crypto asset e le operazioni di controllo, registrazione e approvazione richiedono l'uso di algoritmi di proof-of-work (PoW), che come esaminato nel capitolo precedente, richiedono un'enorme quantità di calcolo e potenza di elaborazione, che a loro volta richiedono un notevole consumo di energia. La maggior parte degli NFT poi appartiene al settore del collezionismo e dell'arte ed il loro valore principale risiede nel possesso e nella compravendita per scopi speculativi. In altre parole, gli NFT sono spesso considerati più come oggetti di lusso o beni di collezionismo, piuttosto che come strumenti con una vera e propria utilità funzionale. La loro valutazione e il loro valore dipendono spesso dalla popolarità dell'artista o del creatore associato all'NFT, così come dalla domanda generale del mercato. Questo comporta che, se l'interesse verso gli stessi dovesse diminuire, potrebbe verificarsi una diminuzione della domanda e dei prezzi in modo significativo (Mei, 2022).

⁷⁶ gioco online multigiocatore che permette a migliaia di utenti di muoversi contemporaneamente in un mondo virtuale VEDEREEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEEE

Paura diventate in parte realtà quando nel febbraio 2022 la piattaforma “OpenSea” ha registrato un calo delle vendite di 72 punti percentuali, passando da un giro d'affari di 250 milioni di dollari dell'anno precedente a 70 milioni (Garavaglia, 2018).

3.1.1 La storia degli NFT

Quando si analizza il progresso degli NFT, è fondamentale distinguere tra l'ideazione concettuale e la concreta creazione del primo token non fungibile su una blockchain come atto materiale dell'invenzione. Nel 2012, Meni Rosenfeld presentò un articolo⁷⁷ che introdusse il concetto di "Moneta colorata"⁷⁸. Questo documento rappresentò la prima esposizione di tale idea e si sviluppò in relazione alla blockchain utilizzata da Bitcoin, con l'obiettivo di risolvere alcuni problemi associati alle monete digitali fungibili.

“Bitcoin ha rivoluzionato la valuta creando un mezzo di scambio che può essere conservato e trasferito digitalmente senza dipendere da un singolo terzo, con implicazioni che vanno oltre l'efficienza, la sicurezza e il rischio della controparte. Il progetto delle monete colorate mira a estendere queste capacità ad altri asset; consentirebbe di gestire token digitali arbitrari in modo simile a come vengono gestiti i bitcoin e, in particolare, scambiarli facilmente con valute digitali⁷⁹”.

L'autore annoverava tra gli utilizzi potenziali:

1. Smart property⁸⁰: beni o asset fisici rappresentati digitalmente e collegati ad una rete in grado di monitorarli, gestirli o automatizzarne alcune funzioni.
2. Azioni aziendali: un'azienda potrebbe emettere token che rappresentano azioni della società. La piattaforma consentirebbe facilmente di inviare dividendi in Bitcoin agli azionisti e consentire a quest'ultimi di votare in modo crittografico⁸¹.
3. Contratti deterministici: contratti intelligenti o programmi informatici che specificano un particolare pagamento futuro.
4. Obbligazioni: emesse con un particolare valore nominale e un piano di rimborso, denominato in Bitcoin o in altra valuta.
5. Depositi a domanda: dove l'emittente garantisce di riscattare il token al suo valore nominale in qualsiasi momento. Questo può essere utilizzato sia come strumento a

⁷⁷ “Overview of Colored Coins.”

⁷⁸ Traduzione da Colored Coins.

⁷⁹ Da: Overview of Colored Coins Meni Rosenfeld December 4, 2012.

⁸⁰ Letteralmente "proprietà intelligente" o "bene intelligente".

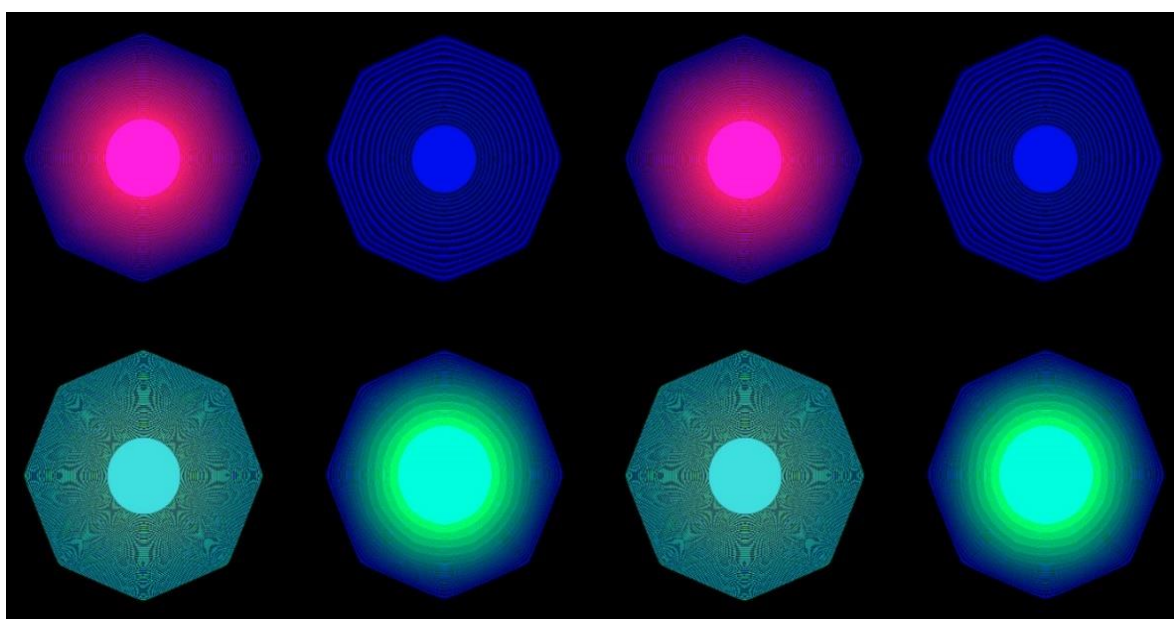
⁸¹ Il termine si riferisce ad algoritmi, protocolli o sistemi che utilizzano la crittografia per proteggere i dati.

interesse, sia come modo per gestire i beni fisici in modo più efficiente. (Rosenfeld, 2012)

La concreta creazione del primo token non fungibile avvenne il 3 maggio 2014, quando l'artista digitale Kevin McCoy coniò “Quantum” e la registrò su una blockchain chiamata Namecoin, basata sul modello Bitcoin. Quest'opera era costituita da una rappresentazione digitale di un'immagine composta da un ottagono pixelato che cambiava colore nel tempo.

“Questo lavoro [...] presenta un ciclo continuo e astratto di nascita, morte e rinascita. Racconta questa storia attraverso il colore, la linea e il movimento. Nel 2014 ho avuto l'idea di utilizzare la tecnologia blockchain per creare una provenienza e una proprietà indelebili di immagini digitali di questo tipo. Quantum è stato il primo ad essere registrato in questo modo.”⁸²

Figura 6 Il primo NFT: Quantum

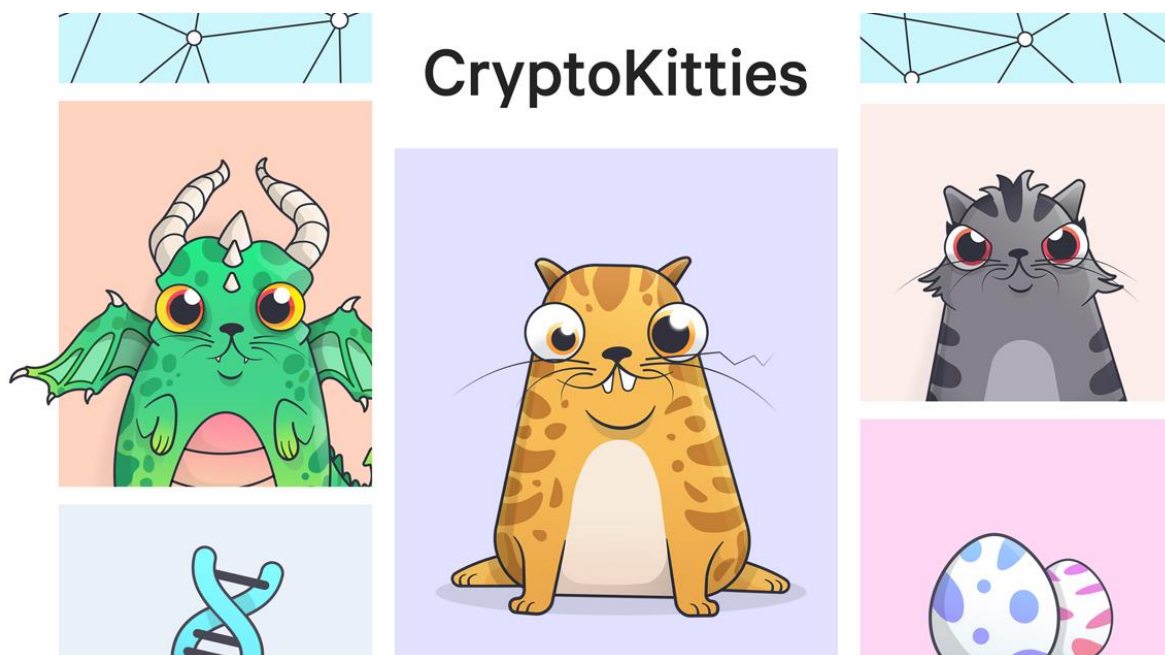


Fonte: Digitalartits.com

È il 2017 quando si torna a parlare di NFT. Axiom Zen, una società di sviluppo di software con sede a Vancouver, lancia un gioco su Ethereum: CryptoKitties. Il videogioco permetteva e permette tutt'ora agli utenti di acquistare, vendere e allevare gattini digitali unici.

⁸² Kevin McCoy, 2021

Figura 7 CryptoKitties



Fonte: [CryptoKitties.com](https://cryptokitties.com)

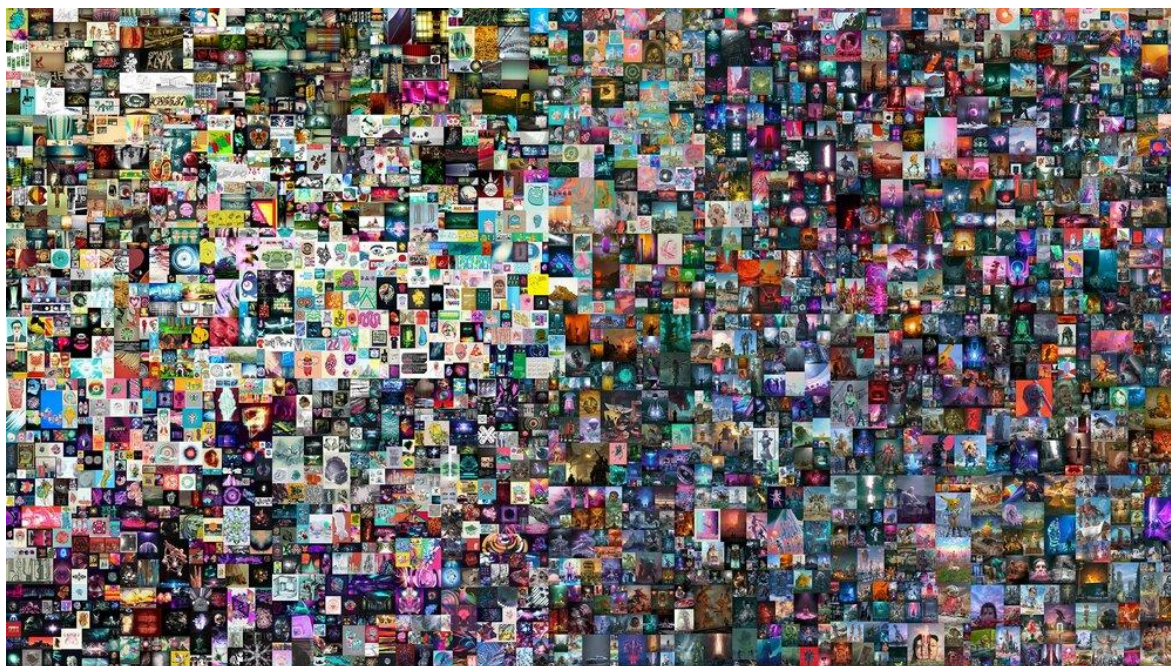
CryptoKitties ha ottenuto un'importante popolarità e attirato un gran numero di giocatori e investitori. Alcuni gattini digitali sono stati venduti per cifre molto elevate, raggiungendo anche centinaia di migliaia di dollari, come "Dragon", che è stato acquistato nel novembre 2017 per 600 ETH, equivalente a circa 170.000 dollari. Il successo di CryptoKitties ha dimostrato il potenziale degli NFT come mezzo per creare e scambiare beni digitali unici, aprendone all'utilizzo in diversi settori. Artisti, musicisti, designer e creatori di contenuti digitali hanno iniziato ad usufruirne per vendere e distribuire le loro opere d'arte, musica, oggetti virtuali e altro ancora, godendo di vantaggi come la provenienza verificabile, la scarsità digitale e la possibilità di guadagnare royalties sulle future vendite.

Complice anche l'avvento della pandemia, il boom del mercato NFT può datarsi al 2021 quando, secondo un rapporto di NonFungible.com, il più grande database sugli NFT al mondo, ha raggiunto un giro d'affari di 17 miliardi di dollari (150 milioni nel 2020), mentre gli utenti coinvolti sono passati da 64 mila a 400 mila (metà dei quali si è interessata al mondo NFT negli ultimi tre mesi del 2021).

Nel marzo di quell'anno, l'artista digitale Beeple ha venduto la sua opera d'arte, *Everydays*, per 69 milioni di dollari, diventando uno dei tre artisti viventi più pagati al mondo insieme a Jef Koons e David Hockney⁸³. L'opera è una collezione di 5.000 immagini digitali create dall'artista ogni giorno per un periodo di oltre 13 anni, dal 1° maggio 2007 al 7 gennaio 2021.

⁸³ Artisti di fama internazionale, noti per le loro opere d'arte contemporanea. David Hockney (Bradford, 1937) è divenuto l'artista vivente più pagato del mondo nel 2016: il record è stato siglato in un'asta da Christie's durante la quale una sua celeberrima opera del 1972, *Portrait of an artist (Pool with two figures)*, è stata battuta

Figura 8 Opera "Everydays: i primi 5000 giorni" di Beeple



Fonte: [beeple-crap.com](https://www.beeple-crap.com)

Sempre nel corso del 2021 il fondatore di Twitter, Jack Dorsey, ha venduto il suo primo tweet come NFT per circa 2,9 milioni di dollari.

Figura 9 Il primo tweet pubblicato da Jack Dorsey



Fonte: [Repubblica.it](https://www.repubblica.it)

a 90,3 milioni di dollari (circa 80 milioni di euro), partendo da una stima di 20. Il primato precedente apparteneva a Jeff Koons: nel 2013, il suo *Balloon Dog* siglò, sempre da Christie's, la cifra di 58,4 milioni di euro.

3.2 Tipologie di NFT

I token non fungibili non si limitano solo a immagini o video, ma possono rappresentare una vasta gamma di asset digitali e concetti. La tecnologia NFT consente la tokenizzazione⁸⁴ di qualsiasi tipo di attività digitale unica, creando una prova di proprietà e autenticità su una blockchain. Tra le principali tipologie troviamo:

1. **Opere d'arte:** la crypto art è un movimento artistico recente in cui l'artista produce opere d'arte, tipicamente immagini fisse o animate, e le distribuisce tramite una galleria di crypto art o il proprio canale digitale utilizzando la tecnologia blockchain. Decentralizzazione, democratizzazione e controllo individuale sono temi che emergono dalle prospettive degli artisti, dei galleristi e dei collezionisti. Per gli artisti, questa nuova tipologia di arte rappresenta un modo per ottenere e mantenere il controllo delle proprie opere e trarne benefici (Franceschet, et al., 2021). La crypto art funziona attraverso un sistema in cui un'opera d'arte viene caricata su una galleria, come SuperRare, generando una transazione sulla blockchain Ethereum. Questa transazione crea un token non fungibile univocamente associato all'opera d'arte e lo trasferisce al portafoglio crittografico dell'artista. La firma digitale dell'artista, utilizzando la crittografia asimmetrica, garantisce l'autenticità dell'opera. Il token è collegato in modo permanente all'opera d'arte e rappresenta un asset unico nel suo genere che ne certifica la proprietà e l'autenticità. La galleria distribuisce il file dell'opera d'arte sulla rete peer-to-peer “IPFS⁸⁵”, dove viene assegnato un codice che corrisponde al contenuto dell'immagine. Quest'ultimo permette di identificare in modo univoco l'immagine, anche se distribuita su diversi nodi della rete. L'opera d'arte digitale inizia così la sua vita all'interno della blockchain, dove un collezionista o un fan può acquistarla e successivamente scambiarla, negoziarla o tenerla nel proprio portafoglio come un oggetto raro. Le opere d'arte vengono tipicamente vendute tramite aste, e quando un'opera viene venduta, il token corrispondente viene trasferito direttamente al portafoglio dell'acquirente, mentre il prezzo dell'opera in Ether, criptovaluta utilizzata sulla blockchain Ethereum, viene trasferito al portafoglio del venditore. Dopo la vendita, l'opera d'arte può essere scambiata nel mercato secondario e, in alcuni casi, l'artista originale viene ricompensato per ogni

⁸⁴ Processo di trasformazione un bene o un diritto in un token digitale.

⁸⁵ Inter Planetary File System

vendita successiva. Grazie alle tecnologie blockchain e IPFS, ogni transazione è sicura dal punto di vista crittografico e avviene direttamente tra le parti coinvolte, senza la necessità di intermediari come le gallerie d'arte (Franceschet, et al., 2021).

Figura 10 Figura 10 Opera "•ALTCØINŜ SP i R i T•" dell'artista winteagle



Fonte: Galleria SuperRare

Figura 11 Opera: "Roomscapes" dell' artista MiraRuido



Fonte: Galleria SuperRare

2. **Utilities:** non hanno solo fini artistici, ma anche un'utilità, delle funzionalità extra. Le utility NFT sono quelli che concedono al loro proprietario privilegi, diritti o premi a cui non potrebbero altrimenti accedere. Nel marzo 2021, la band Kings of Leon ha pubblicato il loro album "When You See Yourself" come NFT. Oltre all'album stesso, sono stati inclusi bonus esclusivi come opere d'arte digitali e backstage pass virtuali. Gli acquirenti hanno ottenuto anche diritti speciali, come l'accesso a contenuti esclusivi e vantaggi futuri. Il rapper Travis Scott ha collaborato con la piattaforma Ethereum per lanciare una collezione chiamata "Astronomical". Gli NFT creati includevano oggetti virtuali come costumi e accessori ispirati al suo tour "Astronomical" all'interno del videogioco Fortnite, offrendo ai possessori l'opportunità di vivere un'esperienza virtuale unica.

3. **Collezionabili virtuali:** possono assumere diverse forme, come avatar, veicoli o qualsiasi altro tipo di oggetto virtuale che può essere acquistato, venduto e scambiato tra i giocatori. Un esempio rilevante sono le Curio Cards, che sono stati i primi oggetti da collezione di rilievo creati come NFT. Successivamente, sono emersi altri tipi di oggetti da collezione come Bored Ape Yacht Club, una collezione di 10.000 NFT di scimmie e Cryptopunks, diecimila pixel art generati casualmente di personaggi unici, che vanno da umani a creature fantasy, ogni CryptoPunk ha caratteristiche uniche e limitate, come pettinature, occhiali e cappelli. Ed ancora Cat Colony che rappresenta una varietà di gatti unici e Meebits creata dallo stesso team di CryptoPunks. I Meebits sono personaggi tridimensionali generati casualmente con una varietà di tratti e stili che, gli utenti possono possedere e personalizzare i loro Meebits, nonché scambiarli e venderli sul mercato. Market Decipher stima che entro il 2031 il mercato globale del collezionismo, comprensivo di collezionabili virtuali, valutato ad oggi oltre 400 miliardi di dollari, raggiungerà i 628 miliardi di dollari.

Figura 12 Collezione Bored Ape Yacht Club

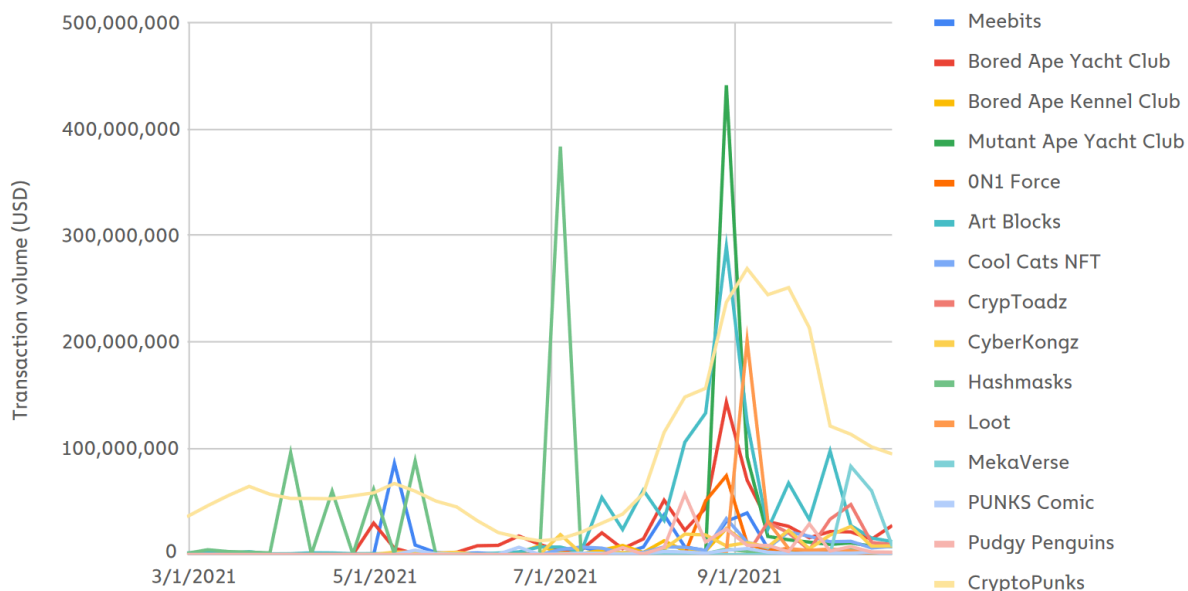


Fonte: opensea.io

Per avere un'idea riguardo i volumi di scambio, nel periodo che va dal mese di marzo 2021 al mese di ottobre 2021, CryptoPunks è stata la collezione di NFT più popolare con un volume di transazioni superiore ai 3 miliardi di dollari da marzo 2021. È interessante notare che alcune collezioni hanno registrato picchi di attività di transazione brevi ma significativi senza mai ottenere una popolarità costante. Ad

esempio, Hashmasks ha registrato un valore di transazione superiore a 380 milioni di dollari nella settimana del 4 luglio 2021. In nessun'altra settimana del periodo preso in esame la collezione ha registrato un valore superiore a 95,7 milioni di dollari, e il volume medio settimanale di transazioni per l'intero periodo preso in esame è stato poco inferiore a 21 milioni di dollari⁸⁶.

Figura 13 Le collezioni NFT più popolari per volume di transazioni settimanali marzo '21 - ottobre '21.



Fonte: Chainalysis. "NFT Market Report." Febbraio 2022.

4. **Gaming:** tutto è iniziato nel settore del gaming. Tra i più famosi giochi crittografici ci sono: CryptoKitties, Cryptocats, CryptoPunks, Meebits, Axie Infinity, Gods Unchanged e TradeStars (Qin, Rujia, Qi, & Shiping, 2021) . La caratteristica principale è il meccanismo di “allevamento”. Gli utenti del gioco possono allevare virtualmente i propri animali domestici, acquistarli in edizione limitata, per poi rivenderli ad un prezzo più elevato. Un'altra funzione importante è la possibilità di fornire registrazioni di proprietà degli oggetti. Ciò va a favore sia degli sviluppatori che dei giocatori. Gli sviluppatori possono infatti guadagnare royalties ogni volta che i loro Non-fungible token vengono rivenduti su mercati secondari. Gli utenti avranno invece il beneficio di ottenere NFT esclusivi per i giochi (Qin, Rujia, Qi, & Shiping, 2021).
5. **Momenti sportivi:** un esempio significativo di questa applicazione è rappresentato da NBA Top Shot di Dapper Lab, un mercato NFT sviluppato in collaborazione con

⁸⁶ Chainalysis. "NFT Market Report." February 2022. <https://nyko.io/wpcontent/uploads/2022/02/Chainalysis-NFT-Market-Report.pdf>

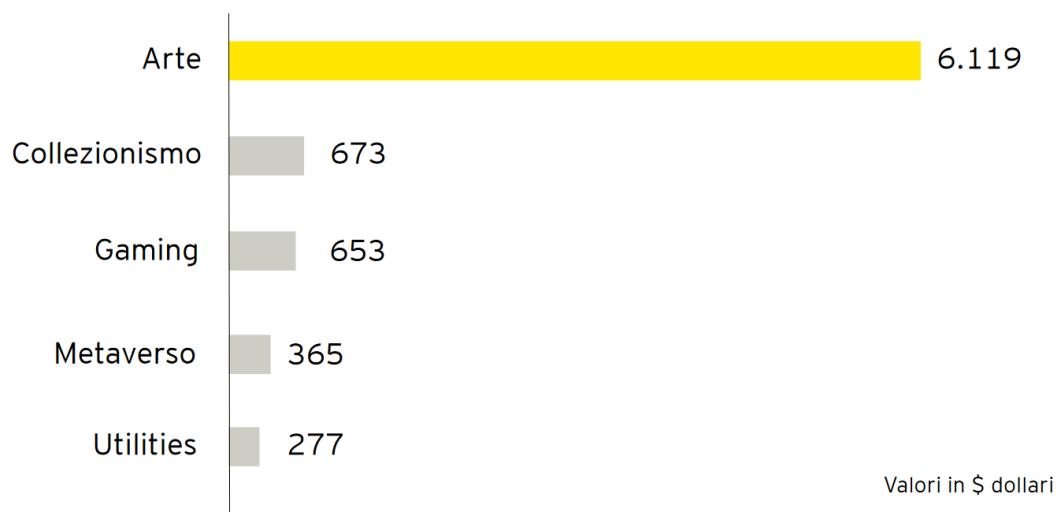
la National Basketball Association. Questo mercato si concentra sulla creazione e vendita di clip con alcuni dei momenti più iconici del basket. Ogni clip NFT può essere acquistata, venduta e scambiata direttamente sul mercato di Top Shot. Oltre alla NBA, anche altri colossi sportivi come la MLB e l'UFC stanno entrando nel mondo degli NFT. Un esempio famoso in questa categoria è "The LeBron James Dunk (Throwdowns Series)", che rappresenta una clip del giocatore dei Lakers, LeBron James, mentre schiaccia la palla a canestro durante una partita. Questo NFT è stato venduto per oltre 387.000 dollari ed è considerato uno dei più costosi di questa tipologia.

6. **Domini virtuali:** Un dominio NFT è un dominio internet basato su tecnologie blockchain. La differenza principale dal dominio classico risiede nella decentralizzazione. I domini su blockchain non sono gestiti da intermediari o altre entità centralizzate e non si avvalgono del DNS⁸⁷ (Domain Name System) per l'attribuzione del proprio nome di dominio poiché il loro funzionamento è regolato da smart contract, software sviluppati su blockchain. I domini NFT sono pertanto prodotti digitali unici che non possono essere riprodotti, plagiati o rubati e che consentono ai proprietari di venderli o noleggiarli a coloro i quali desiderano utilizzarli per scopi commerciali o di branding (Glossary, s.d.). ENS è un protocollo che offre nomi di dominio decentralizzati per gli indirizzi Ethereum. Gli utenti possono registrare nomi di dominio sul sistema ENS e collegarli ai loro indirizzi Ethereum per semplificare le transazioni criptovalute. I nomi di dominio ENS sono rappresentati come NFT che possono essere scambiati o venduti.

Secondo un rapporto di Nonfungible.com, nel primo trimestre del 2021 il segmento dell'arte deteneva i più grandi volumi di vendita.

⁸⁷ Domain Name System è una struttura di server che, ad ogni ricerca su Internet, permette di associare un nome di dominio al rispettivo indirizzo IP e ad altre informazioni chiave. Il DNS si occupa di tradurre gli indirizzi IP, numerosi e difficili da memorizzare per un essere umano, in una sequenza di caratteri dal senso compiuto: il nome di dominio.

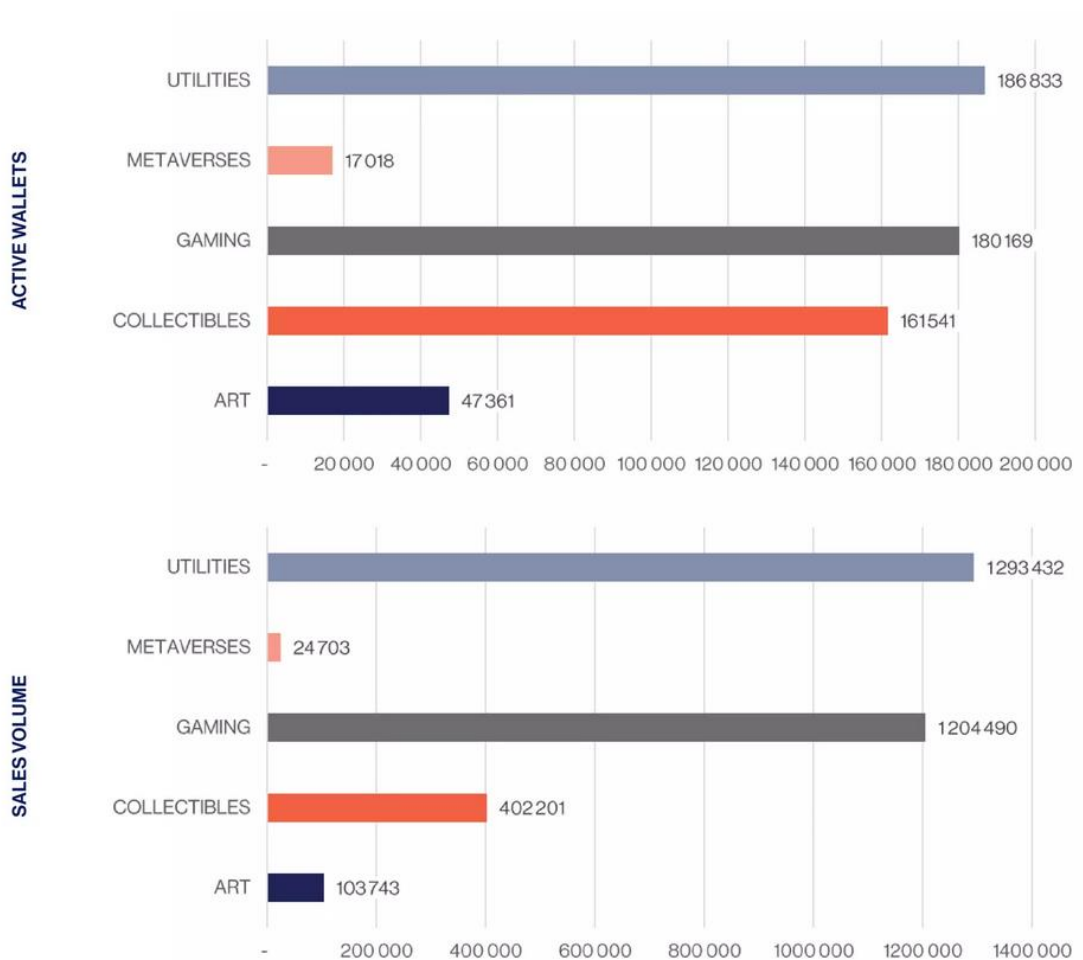
Figura 14 Volume in dollari del mercato del NFT per segmento nel 2021.



Fonte: NonFungible.com

Sempre secondo Nonfungible.com, nel terzo trimestre del 2022 l'arte ha lasciato il suo posto come segmento dominante alle utilities in termini di sales e wallet attivi.

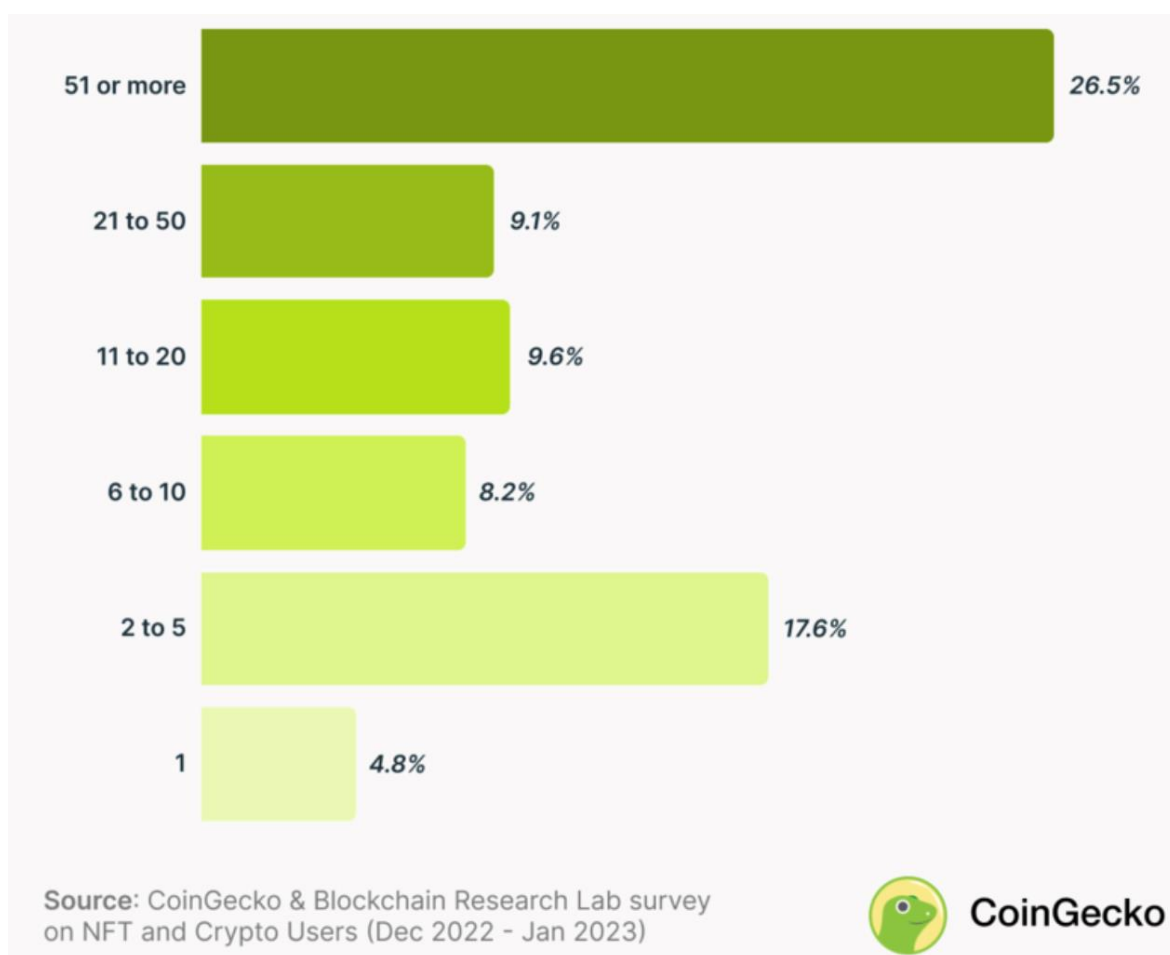
Figura 15 Performance di segmento terzo trimestre 2022.



Fonte: NonFungible.com

Il segmento del metaverso è una parte dell'ecosistema degli NFT che si concentra sulla creazione, la vendita e l'utilizzo di oggetti virtuali all'interno di mondi virtuali interattivi. Questi mondi virtuali possono essere accessibili tramite piattaforme specifiche come Decentraland, Cryptovoxels, The Sandbox e altri. CoinGecko, sito web di dati sulle criptovalute, ha pubblicato i risultati di un sondaggio secondo il quale la maggior parte dei possessori di token non fungibili (NFT) possiede 51 o più esemplari. Nel sondaggio, realizzato in collaborazione con Blockchain Research Labs e che ha esaminato 438 risposte tra dicembre 2022 e gennaio 2023, almeno un possessore di NFT su quattro (26,5%) ha dichiarato di essere un "collezionista accanito" con 51 o più NFT.

Figura 16 Domanda di ricerca "Quanti Nft possiedi attualmente?"



Fonte: coingecko.com

3.2.2 Gli smart contracts

Gli smart contracts, ideati dall'informatico Nicholas Szabo, e resi pubblici attraverso il paper del 1994 "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets", sono protocolli informatici che vengono eseguiti automaticamente sulla blockchain e che definiscono le regole e le condizioni per la creazione, il possesso e la trasferibilità degli NFT.

Gli smart contracts consentono agli artisti, ai creatori e ai possessori di token non fungibili di stabilire le condizioni di utilizzo e di gestione delle loro opere digitali. Essi includono informazioni chiave come la proprietà, le licenze, le royalty e gli aspetti relativi alla trasferibilità.

E, infatti, se i token costituiscono la rappresentazione digitale di beni e diritti, gli Smart Contracts sono lo strumento tramite cui è possibile gestire la loro circolazione.

"Molte tipologie di clausole contrattuali (come la garanzia, la cauzione, la delineazione dei diritti di proprietà, ecc.) possono essere incorporate nell'hardware e nel software con cui abbiamo a che fare, in modo tale da rendere costosa la violazione del contratto (se desiderato, talvolta proibitivamente) per chi la viola."⁸⁸

Tuttavia, uno Smart Contract non è sempre un contratto giuridicamente inteso (ma ne dovrà integrare i requisiti); più semplicemente, in generale, sono degli strumenti per la negoziazione, conclusione e automatica applicazione di rapporti contrattuali (Cuccuru, 2017).

"Uno smart contract è un protocollo di transazione computerizzato che esegue i termini di un contratto. Gli obiettivi generali della progettazione di un contratto intelligente sono quelli di soddisfare le condizioni contrattuali comuni (come i termini di pagamento, i vincoli, la riservatezza e persino l'applicazione), ridurre al minimo le eccezioni sia dolose che accidentali e minimizzare la necessità di intermediari fidati. Gli obiettivi economici correlati includono la riduzione delle perdite per frode, dei costi di arbitrato e di esecuzione e di altri costi di transazione."⁸⁹

⁸⁸ SZABO N., Formalizing and Securing Relationships on Public Networks, in First Monday, 1997.

⁸⁹ Da "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets" di Nicholas Szabo

Quando viene creato un token non fungibile tramite uno smart contract, vengono definite le specifiche uniche dell'oggetto digitale, compresi i metadati che identificano l'opera stessa e ne permettono di gestire automaticamente le transazioni e le interazioni.

Ad esempio, possono garantire che solo il possessore legittimo dell'NFT possa trasferirlo o che venga pagato un certo importo di royalty all'artista ad ogni rivendita dell'opera.

Inoltre, gli smart contracts possono anche fornire una tracciabilità completa delle transazioni, permettendo di visualizzare l'intera storia del token, il suo possesso e transazioni precedenti; contribuendo ad aumentare la trasparenza e la fiducia nell'ecosistema degli NFT.

Le Blockchains non sono una *condicio sine qua non*⁹⁰ per gli Smart Contracts, esistendo già prima della catena di blocchi; tuttavia, in questa hanno trovato un approdo ideale, che ne esalta le qualità tra automatismi, trasparenza e sicurezza.

«Pensiamo ad Etherisc. È un'assicurazione sui viaggi aerei decentralizzata, che opera sulla piattaforma Ethereum. Lo smart contract interroga delle Api (interfacce per la programmazione di applicazioni, ndr) per avere informazioni sugli orari di partenza e, in caso di ritardo del volo garantito dalla polizza, fa scattare automaticamente il rimborso. Con uno script che gira su blockchain è il sistema stesso a garantire il funzionamento trasparente e verificabile e i soldi investiti»⁹¹.

Ma come funziona uno smart contract?

Possiamo sintetizzare il processo in sei fasi:

1. Creazione del contratto: uno smart contract viene creato utilizzando un linguaggio di programmazione adatto alla blockchain su cui verrà eseguito. I linguaggi di programmazione più comuni per gli smart contract sono Solidity e Vyper per Ethereum.
2. Definizione delle condizioni contrattuali: all'interno del codice del contratto intelligente, vengono specificate le condizioni che devono essere soddisfatte per l'esecuzione delle azioni previste. Queste condizioni possono includere variabili, logica di controllo e azioni specifiche da intraprendere.
3. Immissione del contratto nella blockchain: una volta che il contratto è stato creato, viene immesso nella blockchain, di solito come transazione. Una copia del contratto

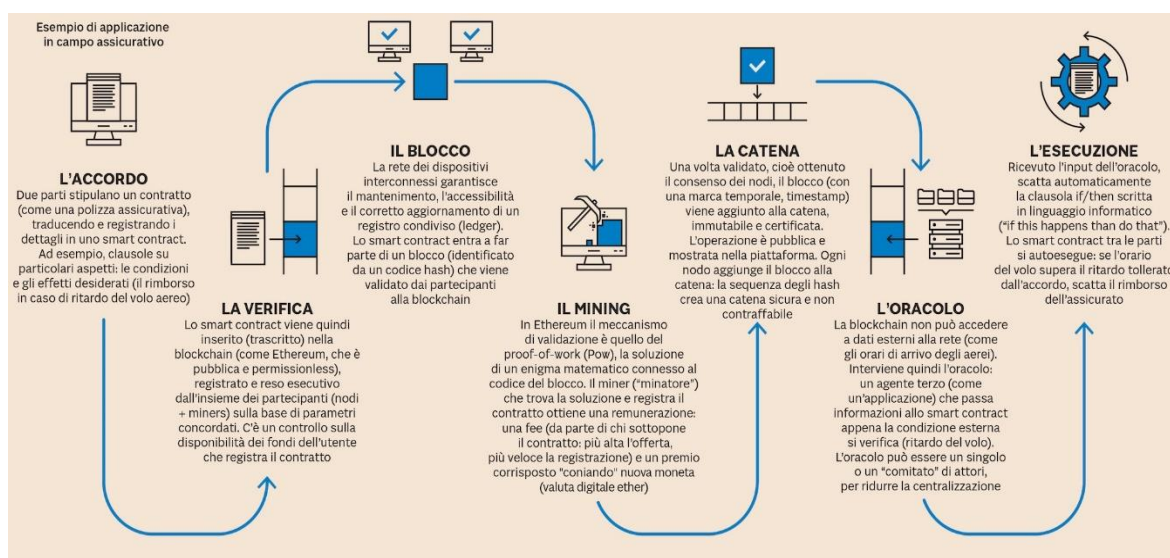
⁹⁰ Frase latina, dal significato: "condizione senza la quale non si può verificare un evento" (letteralmente: "condizione senza la quale non"). La frase è generalmente usata per indicare un vincolo considerato irrinunciabile.

⁹¹ Direttore dell'Osservatorio blockchain del Politecnico di Milano, Francesco Bruschi

viene quindi distribuita a tutti i nodi della rete blockchain per la convalida e l'esecuzione.

4. **Verifica delle condizioni:** la blockchain esegue periodicamente controlli delle condizioni del contratto per verificare se sono state soddisfatte. Ad esempio, un contratto potrebbe richiedere un determinato pagamento prima di attivare una determinata azione.
5. **Esecuzione delle azioni:** se le condizioni specificate sono state soddisfatte, l'esecuzione delle azioni programmata nel contratto viene attivata automaticamente. Queste azioni possono includere trasferimenti di fondi, aggiornamenti di stato o interazioni con altri contratti o servizi esterni.
6. **Registrazione delle transazioni:** ogni transazione generata dagli smart contract viene registrata sulla blockchain come parte del registro distribuito e immutabile. Ciò garantisce la tracciabilità e la trasparenza delle transazioni eseguite dagli smart contract.

Figura 17 Esempio di applicazione di uno smart contract in campo assicurativo.



Fonte: Smart contract: cosa sono (e come funzionano) le clausole su blockchain Il Sole 24 Ore

Gli NFT sono creati utilizzando protocolli standard come, ad esempio, l'ERC-721 o l'ERC-1155 sulla blockchain di Ethereum. A differenza quindi di altre blockchain, Ethereum consente agli sviluppatori di creare, tramite gli smart contract, nuove applicazioni decentralizzate che possono essere eseguite sulla Ethereum Virtual Machine⁹². Ad oggi non esiste un "protocollo NFT" specifico che sia universalmente accettato o adottato, ma

⁹² Computer virtuale globale che attraversa una serie di stati con un funzionamento continuo, ininterrotto e immutabile. L'EVM è l'ambiente che contiene tutti i conti e gli smart contract e presenta costantemente un solo stato canonico (in continuo cambiamento), che è condiviso e identico per tutti i nodi.

piuttosto ci sono diversi standard di protocollo utilizzati per creare e scambiare NFT. Ci sono vari protocolli che consentono l'emissione di NFT. Recentemente è stato rilasciato anche il protocollo ERC-1155¹⁶, che permette di inserire all'interno del contratto sia token fungibili che token non fungibili.

3.3 Le piattaforme

Un marketplace NFT è un sito web in cui gli utenti possono scambiare token non fungibili. Questi siti web facilitano il luogo in cui avviene lo scambio e spesso ricevono una percentuale dalla transazione come compenso per i loro servizi. Ogni blockchain ha i propri marketplace di NFT, alcuni dei quali si concentrano su nicchie specifiche, mentre altri comprendono vari tipi di token non fungibili disponibili sul mercato. Per interagire con un marketplace di NFT, in genere è necessario un portafoglio Web3 e l'acquisto richiede l'uso della valuta di base della blockchain utilizzata (Barber, 2008).

Il termine Web3, coniato nel 2014 da Gavin Wood, co-fondatore di Ethereum e sviluppatore di Polkadot, viene utilizzato per indicare le innovazioni digitali di ultima generazione e le loro applicazioni su internet che pongono le loro basi sulla tecnologia della blockchain⁹³.

Mentre i portafogli web3 sono piattaforme digitali che danno accesso allo spazio Web3. Sono simili ai normali portafogli crittografici⁹⁴, consentendo agli utenti di archiviare, inviare e ricevere criptovalute. Inoltre, come detto in precedenza, attraverso questi portafogli gli utenti possono interagire con smart contract, NFT, sviluppare piattaforme blockchain e connettersi con le comunità (Callino, 2022).

Attualmente sono presenti nel panorama diverse piattaforme di NFT e è possibile, all'interno delle quali è possibile acquistare, vendere e scambiare token non fungibili. Ecco alcune delle piattaforme più popolari:

1. OpenSea: fondata nel 2017 supporta una vasta gamma di categorie, tra cui arte digitale, giochi e domini virtuali. Gli utenti possono esplorare e acquistare NFT provenienti da diverse blockchain. Attualmente si attesta come una delle piattaforme di mercato più grandi e conosciute. Secondo il rapporto di Dune Analytics, a metà

⁹³ Da: Glossario "youngplatform" <https://youngplatform.com/glossary/web3/>

⁹⁴ Strumenti software che consentono agli utenti di archiviare, gestire e trasferire criptovalute in modo sicuro. Funzionano utilizzando la crittografia per proteggere le chiavi private degli utenti, che sono necessarie per accedere e controllare i propri fondi crittografici. Un portafoglio crittografico tipicamente fornisce una coppia di chiavi, una chiave pubblica e una chiave privata. La chiave pubblica è utilizzata per ricevere fondi crittografici, mentre la chiave privata è necessaria per autorizzare e firmare le transazioni di invio dei fondi. La sicurezza del portafoglio crittografico dipende dalla protezione e riservatezza della chiave privata, che deve essere conservata in modo sicuro.

gennaio 2022 OpenSea ha superato per la prima volta i 3,5 miliardi di dollari di volume di scambi mensile in Ether, con un tasso di cambio di €1.504, battendo così il precedente massimo storico di 3,42 miliardi registrato nel mese di agosto 2021.

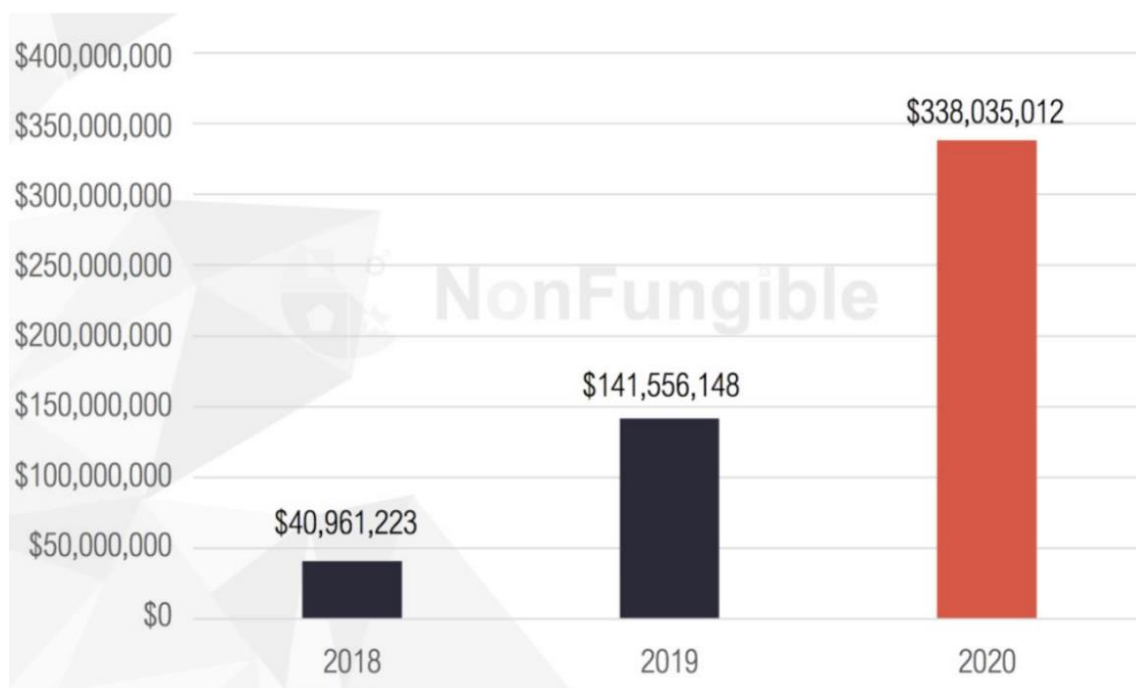
2. Rarible: è un mercato decentralizzato che permette agli utenti di creare, vendere e acquistare NFT. Funziona in modo simile a OpenSea e supporta principalmente NFT basati su Ethereum. Caratteristica particolare della piattaforma è la possibilità di ottenere token rari come ricompensa allo stato attivo sulla piattaforma.
3. SuperRare: offre una piattaforma curata che ospita artisti e collezionisti ed è nota per la qualità artistica degli NFT disponibili.
4. NBA Top Shot: è un mercato ufficiale per le carte collezionabili digitali della NBA. Gli utenti possono acquistare pacchetti di carte, scambiare e collezionare momenti di gioco digitali in formato NFT.
5. Decentraland: piattaforma di realtà virtuale basata su blockchain, nella quale gli utenti possono acquistare, vendere e possedere terreni virtuali, oggetti digitali e avatar personalizzati come NFT. Nel 2021 ha aperto un casinò virtuale all'interno del quale vengono venduti Non-fungible token che rappresentano status symbol. Nei primi mesi del 2022 Ice Poker ha fatto registrare entrate pari a 7,5 miliardi di dollari, frutto di un monte di utenti giornalieri che si è avvicinato ai 6.000 (ANSA, 2022). L'accesso alle sale da poker è gratuito ma ogni persona, per prendere parte ai tavoli, deve acquistare un lasciapassare Nft, una sorta di invito digitale autenticato, con cui partecipare ai tornei e, eventualmente, convertire le vincite in soldi reali. Un solo Nft può arrivare, secondo il sito Coindesk anche a 6.500 dollari. *"In qualsiasi momento, abbiamo almeno 1.000 utenti che giocano a poker. Non sembra un gran numero ma quando si tratta del metaverso è una buona cifra, considerando che il problema principale, in questo momento, è che le piattaforme sono sostanzialmente vuote "* ha dichiarato il fondatore di Decentral Games, Miles Anthony, a CoinDesk.
6. Binance NFT: è una delle maggiori piattaforme di scambio di criptovalute. Supporta la creazione, l'acquisto e la vendita di NFT su diverse blockchain, inclusa la Binance Smart Chain⁹⁵.

⁹⁵ Rete blockchain della piattaforma di trading cinese Binance. Questa rete è particolarmente adatta per l'esecuzione di applicazioni basate sugli smart contract. Binance Smart Chain gode di grande popolarità grazie alle transazioni veloci e relativamente economiche e alla compatibilità con Ethereum Virtual Machine (EVM).

3.4 NFT e Metaverso: prospettive di un mercato potenziale

Nel 2018, la capitalizzazione di mercato degli NFT era di 41 milioni di dollari, che è poi aumentata a 141 milioni di dollari nel 2019 e ha raggiunto quasi 340 milioni di dollari nel 2020.

Figura 18 Capitalizzazione di mercato degli NFT dal 2018 al 2020.



Fonte: Nonfungible.com

Nel quarto trimestre del 2020, le transazioni di token non fungibili hanno superato i 90 milioni di dollari, ma, sempre secondo un rapporto di NonFungible.com, in collaborazione con L'Atelier BNP Paribas, è stato il 2021 l'anno degli NFT, soprattutto in termini di volumi in dollari e numero di vendite. Tradotto in percentuale si parla rispettivamente di un aumento pari a 21.350% del volume scambiato in USD e di un aumento pari a 1.836% del numero di vendite effettuate.

Secondo un rapporto di Chainalysis nel 2021, gli utenti hanno inviato almeno 44,2 miliardi di dollari di criptovalute ai contratti ERC-721 e ERC-1155, i due tipi di smart contract di Ethereum associati ai mercati e alle raccolte NFT.

Nel corso del 2022, il mercato degli NFT ha sperimentato una significativa correzione e una diminuzione dei volumi di scambio rispetto al boom precedente.

Il numero delle vendite, secondo NonFungible.com, è crollato del 50% nei primi tre mesi del 2022 rispetto al trimestre precedente. Il report parla di un rallentamento "molto marcato" del volume degli acquirenti e dei venditori. Meno marcato invece quello del volume dei

dollari investiti, diminuiti del 5% grazie soprattutto alle cifre record raggiunte da alcuni beni digitali da collezione.

Secondo il Global Non-Fungible Token Market Report 2023- 2027, il mercato degli NFT è pronto a crescere di \$ 113.933,5 milioni durante il periodo 2023-2027, con un CAGR del 35,02% durante il periodo di previsione.

Un settore che ha abbracciato le NFT è quello dell'intrattenimento, in particolare l'industria musicale. Numerosi artisti e case discografiche hanno sfruttato le NFT per offrire ai fan contenuti esclusivi, esperienze interattive e collezionabili digitali legati alla musica.

Secondo il rapporto "NFTs in Music" di Music Business Association, nel primo trimestre del 2021, le vendite di token non fungibili legate all'industria musicale hanno superato i 25 milioni di dollari. Un esempio significativo è quello di Kings of Leon, che è diventata la prima band ad avere un album pubblicato come NFT.

L'album, chiamato "When You See Yourself", è stato venduto come edizione limitata e ha offerto ai possessori l'accesso a contenuti speciali, come versioni alternative delle canzoni, artwork esclusivi e biglietti per concerti futuri.

Ma anche altri artisti, tra cui Shawn Mendes, The Weeknd e Snoop Dogg, hanno lanciato NFT di album, brani musicali o contenuti esclusivi per i fan. Ad esempio, il DJ 3LAU⁹⁶ ha guadagnato oltre 11,6 milioni di dollari con il suo album.

Queste iniziative hanno spinto l'interesse dei fan che cercano di connettersi in modo più diretto con gli artisti e ottenere contenuti unici e limitati; interesse presente anche nell'ambito sportivo.

Squadre come i Golden State Warriors della NBA, hanno creato NFT che rappresentano momenti iconici delle partite o oggetti virtuali legati alla squadra. I possessori di queste NFT possono accedere a privilegi speciali, come l'accesso a eventi esclusivi o contenuti digitali.

La casa di moda italiana Gucci ha collaborato con l'artista digitale australiano James Jean per creare una collezione di NFT chiamata "Gucci Aria", ed ha anche collaborato con la piattaforma di realtà virtuale e metaverso Roblox per lanciare una collezione chiamata "Gucci Garden" formata da abiti digitali unici e accessori acquistabili ed indossabili, attraverso avatar, all'interno del metaverso di Roblox.

Adidas invece è entrata a far parte del Bored Ape Yacht Club con il suo primo NFT, ape #8774. Bored Ape Yacht Club è una collezione di 10.000 NFT Bored Ape, creati sulla blockchain Ethereum e ormai diventati un simbolo della pop culture. Ciascun NFT Bored Ape garantisce anche l'accesso a un club esclusivo, offrendo ai proprietari una serie di

⁹⁶ Pseudonimo di Justin Blau, è un disc jockey e produttore discografico statunitense

vantaggi: prodotti in edizione limitata, la possibilità di partecipare ad eventi esclusivi e molto altro.

Figura 19 Collaborazione tra Adidas e Bored Ape Yacht per il lancio di un progetto NFT

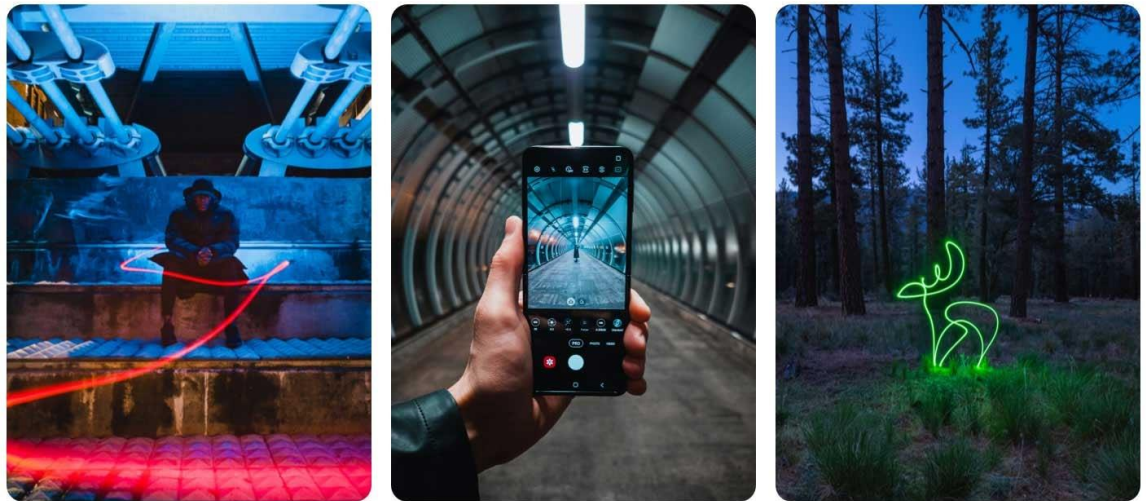


Fonte: Adidas.it

Samsung ha introdotto la funzionalità che consente agli utenti di creare NFT utilizzando i propri smartphone. Questa nuova opzione permette alle persone di sfruttare il potenziale creativo della tecnologia blockchain direttamente dal proprio dispositivo.

“Qualunque sia il tuo modo di esprimerti, se puoi caricare la tua creazione in Internet allora puoi anche tradurla in un NFT. Se sei un fotografo, puoi fare scatti straordinari con il tuo Galaxy S22 Ultra e poi modificarli per ottenere effetti fantastici. Se sei un artista, puoi usare la S Pen integrata per disegnare a mano o modificare i video con precisione.”

Figura 20 Immagine di apertura sul progetto Galaxy S22 Ultra ed NFT



Fonte: Samsung.com

Attraverso questa funzionalità, gli utenti possono creare opere d'arte digitali uniche, come immagini, video o file audio, e trasformarle in NFT.

“Una volta creata la tua opera d’arte, è il momento di farti un po’ di pubblicità [...] Ora che hai trovato il tuo pubblico e creato le tue opere, arriva il momento più atteso: trasformare le tue creazioni in un NFT sulla blockchain. Si inizia scegliendo una blockchain per il tuo progetto. Da Ethereum a Solana, le blockchain sono centinaia e ciascuna ha il proprio “token” o la propria criptovaluta. Ogni blockchain ha pro e contro, alquanto complessi, e ognuna ha le proprie capacità: ad esempio, quella di attivare metaverso 837x di Samsung in Decentraland.”

Il 6 gennaio 2021, Samsung ha annunciato l'apertura di una versione virtuale del suo celebre negozio di New York, allo scopo di offrire un'esperienza interattiva ai clienti durante il periodo in cui il COVID-19 ha limitato l'accesso ai negozi fisici. Questo negozio virtuale, chiamato Samsung 837X, è una replica digitale del negozio fisico situato all'indirizzo 837 di Washington Street, nel quartiere Meatpacking di New York City. Per accedere al negozio virtuale, gli utenti devono entrare in Decentraland utilizzando un browser web standard. Una volta all'interno, gli avatar dei visitatori saranno guidati da un assistente virtuale attraverso tre stanze tematiche dedicate alla sostenibilità, alla personalizzazione e alla connessione. Esperienze come queste testimoniano il potenziale derivante dall'uso dei Non-fungible token in spazi di acquisto e proprietà virtuali.

Il mercato delle NFT nel contesto del metaverso presenta un enorme potenziale di crescita. Secondo un rapporto di DappRadar, nel primo trimestre del 2022, il volume delle transazioni NFT nel metaverso è aumentato del 2.100% rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente, raggiungendo un valore di oltre 3 miliardi di dollari. Questo evidenzia l'interesse e l'adozione sempre maggiori delle NFT nel contesto del metaverso. Ciò che sta avvenendo ad oggi nei differenti spazi virtuali potrà trovare applicazione concreta in un progetto di metaverso finito. In un futuro non troppo lontano, incontreremo i nostri amici in uno spazio virtuale che in realtà non esiste fisicamente, nel quale parleremo, scherzeremo e interagiranno con gli altri restando, però, comodamente seduti sul sofà delle nostre case, ovunque esse siano. Indosseremo un paio di occhiali per vedere ciò che i nostri occhi non possono vedere, oltrepassando i limiti dell'immaginazione. Attraverso queste protesi visive, come i visori di realtà virtuale o gli occhialini di realtà aumentata, esploreremo universi paralleli, facendo della nostra vista una finestra non più solo sul mondo, ma sui mondi al plurale, dove universi multipli coesistono, seppur invisibili e immateriali, sincronicamente e parallelamente a ciò che il senso comune chiama normalmente 'realtà'. Per non dimenticare il senso del tatto, useremo dei guanti speciali. Questi ci permetteranno di sentire ancora l'ebbrezza del vento sulla nostra pelle e di toccare con mano ciò che sembra irreale (Leone, et al., 2022).

Mark Zuckerberg, ci racconta come nel metaverso sarà possibile arredare il nostro spazio domestico, costruirci un avatar secondo varie regole combinatorie e scomporlo e ricomporlo a nostro gusto, organizzare il nostro spazio di lavoro, partecipare a riunioni e molto altro.

“In questo futuro, sarai in grado di teletrasportarti istantaneamente come un ologramma per essere in ufficio senza un pendolarismo, a un concerto con gli amici o nel soggiorno dei tuoi genitori per recuperare il ritardo. Questo aprirà più opportunità, non importa più dove vivi. Potrai dedicare più tempo a ciò che conta per te, ridurre il tempo nel traffico e ridurre il tuo impatto ambientale. Pensa a quante cose fisiche hai oggi che potrebbero essere solo ologrammi in futuro. La tua TV, la tua perfetta configurazione di lavoro con più monitor, i tuoi giochi da tavolo e altro ancora: invece di oggetti fisici assemblati in fabbrica, saranno ologrammi progettati da creatori di tutto il mondo. Ti sposterai attraverso queste esperienze su diversi dispositivi: occhiali per realtà aumentata per rimanere presente nel mondo fisico, realtà virtuale per essere completamente immerso e telefoni e computer per saltare dalle piattaforme esistenti”

Nei nuovi spazi tridimensionali, si potrà disporre di una casa, di un ufficio, caratterizzati da oggetti decor, arredi e finiture acquistabili e ci si mostrerà ai propri amici, mediante un avatar provvisto di un guardaroba, chiaramente personalizzabile. Come nella vita reale, ineluttabilmente al metaverso si associa pertanto una politica di marketing, una digital economy di domanda e offerta e si intravede lo spazio per nuovi specialist-designer, afferenti a brand già noti o semplicemente pronti per acquisire pole position nell'innovativo contesto (Primavera, 2022). Nonostante le infinite possibilità offerte dal Metaverso e dagli NFT, è importante sottolineare che al momento non esiste una normativa completa e consolidata per regolare queste nuove tecnologie. La mancanza di una regolamentazione adeguata solleva preoccupazioni legate alla protezione dei consumatori, alla sicurezza dei dati personali, alla gestione dei diritti di proprietà intellettuale e alle questioni fiscali. È necessario un approccio oculato per garantire che il Metaverso e gli NFT siano sviluppati in modo etico, responsabile e sostenibile. Gli sforzi di regolamentazione dovranno affrontare questioni complesse come la determinazione dei diritti di proprietà su beni digitali, la gestione dei contratti intelligenti, la tutela degli investitori e la prevenzione delle frodi.

*“Dare vita al Metaverso richiederà uno sforzo congiunto tra imprese,
politica e società civile⁹⁷”*

⁹⁷ Mark Zuckerberg

3.5 Conclusioni

In questo capitolo si è cercato di approfondire l'affascinante mondo dei Non-fungible token (NFT) ed analizzare le prospettive di investimento nel Metaverso. Gli NFT sono stati definiti come oggetti digitali unici e indivisibili, la cui tokenizzazione e trasferibilità avvengono attraverso la tecnologia blockchain. Durante l'analisi della storia degli NFT, è emerso come abbiano conosciuto una rapida crescita e una sempre maggiore adozione nelle industrie artistiche, dei giochi e dello sviluppo virtuale. Abbiamo esplorato le diverse tipologie di NFT, comprendendo come gli smart contracts siano fondamentali per garantire la proprietà e la tracciabilità di tali asset digitali. Questi contratti intelligenti consentono transazioni sicure e automatizzate, offrendo garanzie di autenticità e unicità degli NFT. Si sono analizzate le principali piattaforme dedicate che costituiscono un vivace ecosistema in cui artisti, creatori e investitori possono interagire e scambiarsi gli NFT. Tuttavia, l'aspetto centrale dell'elaborato riguarda l'integrazione degli NFT nel Metaverso. Questo spazio virtuale tridimensionale offre un ambiente in cui le persone possono interagire, creare e possedere proprietà digitali, nonché partecipare a esperienze immersive. L'incorporazione degli NFT nel Metaverso apre le porte a un nuovo panorama economico, in cui gli individui possono acquistare e possedere beni virtuali unici e rari, creando una nuova forma di economia digitale e di investimento. L'investimento nel Metaverso e negli NFT rappresenta una frontiera avvincente e in continua evoluzione. Si delineano nuove opportunità di guadagno e di espressione artistica, ridefinendo il concetto stesso di proprietà e di esperienza digitale. Tuttavia, è importante sottolineare che l'assenza di una normativa specifica per gli NFT e il Metaverso solleva interrogativi sulle sfide legali e regolamentari che potrebbero emergere in futuro.



Indice delle figure

Figura 1 risultati della ricerca di Tencent	9
Figura 2 Esperienze possibili con visore Meta.....	11
Figura 3 Attitudini e comportamenti degli Italiani sul Metaverso	15
Figura 4 Funzionamento dei registri distribuiti	28
Figura 5 Funzionamento della blockchain	36
Figura 6 Il primo NFT: Quantum	50
Figura 7 CryptoKitties	51
Figura 8 Opera "Everydays: i primi 5000 giorni" di Beeple.....	52
Figura 9 Il primo tweet pubblicato da Jack Dorsey	52
Figura 10 Opera "• ALTCØIN\$ SP i R i T •" dell'artista winteagle	54
Figura 11 Opera: "Roomscapes" dell' artista MiraRuido	55
Figura 12 Collezione Bored Ape Yacht Club	56
Figura 13 Le collezioni NFT più popolari per volume di transazioni settimanali marzo '21 - ottobre '21.....	57
Figura 14 Volume in dollari del mercato del NFT per segmento nel 2021.	59
Figura 15 Performance di segmento terzo trimestre 2022.	59
Figura 16 Domanda di ricerca "Quanti Nft possiedi attualmente?"	60
Figura 17 Esempio di applicazione di uno smart contract in campo assicurativo.....	63
Figura 18 Capitalizzazione di mercato degli Nft dal 2018 al 2020.	66
Figura 19 Collaborazione tra Adidas e Bored Ape Yacht per il lancio di un progetto NFT.....	68
Figura 20 Immagine di apertura sul progetto Galaxy S22 Ultra ed NFT	69

Bibliografia

- Agostini, D. (2021). Le criptovalute e la volatilità.
- Anderson, J. &. (2018). Concerns about human agency, evolution .
- Aneja, U. (2022). Opinion: The challenges of protecting data and rights in the .
- ANSA. (2022). *Metaverso: record di incassi per casinò virtuale Ice Poker*. Tratto da ANSA tecnologia:
https://www.ansa.it/sito/notizie/tecnologia/hitech/2022/02/07/metaverso-record-di-incassi-per-casino-virtuale-ice-poker_78eb2924-719f-4e21-b390-bab21d20e336.html
- Ante, L. (2021). Smart contracts on the blockchain—A bibliometric analysis and review. *elematics and Informatics* , 101519.
- Ante, L. (2022). Non-fungible token (NFT) markets on the Ethereum blockchain: temporal development, cointegration and interrelations. *Economics of Innovation and New Technology*.
- Architecting the Metaverse: Blockchain and the Financial and Legal Regulatory Challenges of Virtual Real Estate . (s.d.).
art. 832 codice civile.
- Ball, M. (2022). *Metaverso*.
- Bambara, J. J. (2018). A practical guide to developing business, law and technology solutions. New York City: McGraw-Hill Professional.
- Barber, B. M. (2008). All that glitters: The effect of attention and news on the buying behavior of individual and institutional investors. *The review of financial studies*,.
- Bashir, I. (2018). *Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained*. Packt Publishing.
- Battaglini, R., & Giordano, M. (2019). *Blockchain e smart contract: funzionamento, profili giuridici e internazionali, applicazioni pratiche*.
- BBC, N. (2021, February 12). *Bitcoin consumes 'more electricity than Argentina*. Tratto da <https://www.bbc.com/news/technology-56012952>
- Bellini, M. (2018). *Blockchain & Bitcoin: Come è nata, come funziona e come cambierà al vita e gli affari la tecnologia che è diventata il simbolo della rivoluzione digitale e valutaria*. Class Editori .
- Blockchain4Innovation. (s.d.). *Blockchain: cosa sono i protocolli PoW e PoS e a cosa servono?* Tratto da <https://www.blockchain4innovation.it/criptovalute/blockchain-cosa-sono-i-protocolli-pow-e-pos-e-a-cosa-servono/>
- Böhme, R. e. (2019). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Citeseerx*.

- Bouquet, A. (2022). What is the Future of Work in the Metaverse?, in Horizons.
- Brina, S. (2022). Blockchain e smart contract: definizioni, funzionamento, profili giuridici ed applicativi.
- BURDEA G., C. P. (2003). *Virtual reality technology (2nd ed.)*. IEEE Press,.
- Caffio, G., & Unali, M. (2022). Chapter Verso una storia dell’Abitare Virtuale. Dal Cyberspace a Second Life fino al Metaverso di Facebook e oltre.
- Callino, R. (2022). *Web3 Wallet: cosa è e come sceglierne uno*. Tratto da Crypto.it: <https://www.crypto.it/2022/09/17/web3-wallet-scegliere/>
- Carbonaro, D. (2021). Smart contract e la piattaforma Ethereum: L’evoluzione dei servizi finanziari tramite la tecnologia blockchain .
- Carnevali, E. (2021). Applicazione della blockchain nella filiera agroalimentare.
- Castellani, M. P. (2019). Blockchain. Guida pratica tecnico giuridica all'uso. Goware.
- Chen, H. e. (2020). A survey on ethereum systems security: Vulnerabilities, attacks, and defenses. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53(3), 1-43.
- Chiap, G. R. (2019). *Blockchain. Tecnologia e applicazioni per il business: Tutto ciò che serve per entrare nella nuova rivoluzione digitale*. HOEPLI EDITORE.
- Colombo, E. (2017). *La proprietà dei beni virtuali*. Tratto da Ius in itinere: <https://www.iusinitinere.it/la-proprieta-dei-beni-virtuali-2271>
- Comandini, G. L. (2020). Da Zero alla Luna. La Blockchain: quando, come, perché sta cambiando il mondo. Dario Flaccorio Editore.
- Consob. (s.d.). *Criptovalute*. Tratto da <https://www.consob.it/web/investor-education/criptovalute>
- Cuccuru, P. (2017). Blockchain e automazione contrattuale: riflessioni sugli smart contract. *La nuova giurisprudenza civile commentata*.
- D’angelo, G. A. (s.d.). UN’ALTERNATIVA SCALABILE ALLE BLOCKCHAIN.
- Damar, M. (2021). Metaverse shape of your life for future: A bibliometric snapshot. *Journal of Metaverse* , 1.1:1-8.
- David, L. ,., & Won., L. S. (2022). Nft of nft: Is our imagination the only limitation of the metaverse? *The Journal of The British Blockchain Association*.
- De Felice, P. &. (2019). Il GDPR alla prova della digital economy: AI, IoT, Big Data. Profili tecnici e problematiche giuridiche.
- De Vivo, M. C. (2009). Viaggio nei metaversi alla ricerca del diritto perduto. *Informatica e diritto*.
- delle Ricerche–ombretta, C. N.–g. (2019). tecnologie indossabil.
- Dharmendra, R. (2021). *Blockchain Technology: Platforms, Tools, and Use Cases*. Apress.

- Dionisio, J. D., Burns, W. G., & Gilbert, R. (2013). 3D Virtual Worlds and the Meta worlds and the Metaverse: Current Status and Future Status and Future. *ACM Computing Surveys*, 45(3), 1-38.
- Ferguson, N. S. (2011). *Cryptography engineering: design principles and practical applications*. John Wiley & Sons.
- Flavián, C. I.-S. (2019). The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer. *Journal of Business Research*, 100 (n.d.), 547-560.
- Fontana, L. (2018). Regolamentazione nazionale e internazionale delle criptovalute, visione e prospettive per la Svizzera.
- Forbes, T. C. (2021, Maggio 17). *The Benefits of Blockchain: How This Technology Can Benefit You and Your Business*. Tratto da Forbes:
<https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/05/17/the-benefits-of-blockchain-how-this-technology-can-benefit-you-and-your-business/?sh=1d05a24c3f13>
- Franceschet, M., Colavizza, G., Smith, T., Finucane, B., Ostachowski, M. L., Scalet, S., . . . Hernández, S. (2021). *Crypto Art: A Decentralized View*. Leonardo.
- Franchi, A. (2022). *Le Tecnologie Immersive e il Metaverso*.
- Fratini, L. (2022). Applicazione in fase di esecuzione della conformità alle coreografie tramite blockchain.
- Gallo, P. (2020). *DLT, BLOCKCHAIN E SMART CONTRACT*.
- Garavaglia, R. (2018). Tutto su blockchain: capire la tecnologia e le nuove opportunità. *Tutto su blockchain*, 1-199.
- Ghelani, D. (2022). What is Non-fungible token (NFT)? A short discussion about NFT Terms used in NFT. Authorea Preprints.
- Giordano, A. A. (s.d.). *Analisi della tecnologia blockchain attraverso la valutazione delle sue applicazioni nei diversi settori industriali*. (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).
- Giordano, A. P. (2018). *Analisi della tecnologia blockchain attraverso la valutazione delle sue applicazioni nei diversi settori industriali= Analysis of blockchain technology through the evaluation of its applications in different industries*. .
- Giroto, G. (2022). *Non-Fungible Token: opportunità e criticità della tecnologia blockchain nel Mercato dell'Arte*.
- Glossary, Y. P. (s.d.). *NFT Domain*. Tratto da Young Platform:
<https://youngplatform.com/glossary/nft-domain/>

- Halpin, H. &. (2017, Aprile). Introduction to Security and Privacy on the Blockchain. In 2017 IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops. IEEE.
- Hassani, H. X. (2018). Big-crypto: Big data, blockchain and cryptocurrency. *Big Data and Cognitive Computing*, 2(4), 34.
- Hofstetter, R., de Bellis, E., Brendes, L., Clegg, M., Lamberton, C., Reibstein, D., . . . Zhang, J. Z. (2022). Crypto-marketing: how non-fungible tokens (NFTs) challenge traditional marketing. *Marketing Letters*, 33(4), 705-711.
- Hoyer, W. K. (2020). Transforming the Customer Experience Through New . *Journal of Interactive Marketing*, 51 (n.d.), 57-71.
- Huddleston, T. J. (2022). 'This is creating more loneliness': The metaverse could . *CNBC*.
- Iansiti, M., & Lakhani, K. R. (2017). The truth about blockchain. Harvard business review.
- IBM. (s.d). *Cos'è la tecnologia blockchain? IBM Blockchain*. Tratto da <https://www.ibm.com/it-it/blockchain/what-is-blockchain>
- Intelligence, M. F., & Invesco. (28, 10 2021). *Il metaverso secondo meta*. Tratto da Milano Finanza: <https://www.milanofinanza.it/fondo-destinazione-metaverso/il-metaverso-secondo-meta-202210271704401391>
- Intelligence, M.-M. F., & Invesco. (2022, 11 16). *Investire nel metaverso*. Tratto da Milano Finanza: <https://www.milanofinanza.it/fondo-destinazione-metaverso/investire-nel-metaverso-202211091142538045>
- James Hutson, G. B. (2023). Architecting the Metaverse: Blockchain and the Financial and Legal Regulatory Challenges of Virtual Real Estate. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, 15, 1-23.
- James, H., Gaurango, B., Naresh, K., Kurt, O., & Jeremiah, R. (s.d.). Architecting the Metaverse: Blockchain and the Financial and Legal Regulatory Challenges of Virtual Real Estate.
- Kong, D.-R., & Lin., T.-C. (2021). Alternative investments in the Fintech era: The risk and return of Non-Fungible Token. Available at SSRN 3914085.
- Layden, E. E. (2022). Rutgers Researchers Discover Security Vulnerabilities in .
- Leone, M., Santangelo, A., Marino, G., Voto, C., Viola, M., Surace, B., . . . Barbotto., S. (2022). Il metavolto.
- Lidén, E. (2022). Potential Advantages and Disadvantages of NFT-Applied Digital Art (Dissertation).
- Lombardi, M. (2022). Il lavoro nel metaverso: uno spazio indefinito del possibile. *Labour & Law Issues*, 8(2), 26-39.
- Lucon, S. (2018). Cos'è e come funziona la Blockchain. Tecniche Nuove.

- Maurizi, M. (2022). La moneta 2.0: Bitcoin.
- Mazur, M. (2021). Non-Fungible Tokens (NFT). The Analysis of Risk and Return. Available at SSRN 3953535.
- Mei, L. (2022). BLOCKCHAIN, NFT E DIGITAL CUSTOMER EXPERIENCE NEL MONDO CALCISTICO: IL CASO SORARE.
- Menezes, A. J. (2018). Handbook of applied cryptography. CRC press.
- Microsoft. (s.d.). *System.Security.Cryptography*. Tratto da <https://learn.microsoft.com/it-it/dotnet/api/system.security.cryptography.sha256?view=net-7.0>
- Milan, L. (2022). La spina dorsale delle criptovalute e del Web 3.0.
- Momtaz, P. P. (2022). Some Very Simple Economics of Web3 and the Metaverse. *FinTech*, 1(3), 225–234.
- Moro Visconti, R., & Cesaretti, A. (2022). Il metaverso tra realtà digitale e aumentata: innovazione tecnologica e catena del valore. *DIRITTO DI INTERNET*, p. (3): 627-634.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497.
- Nadini, M. A. (2021). Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features. *Scientific Reports*.
- Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, M, L., . . . A. (2021). Mapping the NFT revolution: market trends, trade networks, and visual features. Scientific Report.
- Narayanan, A. B. (2016). Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction. Princeton University Press.
- Omodeo, C. (2021). NFT: ARTE E BLOCKCHAIN.
- Orús, C. I.-S. (2021). Enhancing the customer experience with virtual and augmented reality: The impact of . *International Journal of Hospitality Management*, 98.
- Pegna Zeuner, A. (2009). Viaggio nel metaverso: la scienza di Second Life. sissa.
- Pietropaolo, L. (2022). Dalla gamification al metaverso: come il fully digital può trasformare la customer experience nel mondo della moda e del luxury. LUISS.
- Pompili, D. (2021). *Blockchain technology: A primer*. John Wiley & Sons.
- Porxas, N. a. (2018). Tecnología blockchain: funcionamiento, aplicaciones y retos jurídicos relacionados. Tecnología blockchain: funcionamiento, aplicaciones y retos jurídicos relacionados. 24-36.
- Primavera, T. (2022). IN ATTESA DI ESPLORARE IL METAVERSO.
- Purdy, M. (2022). How the Metaverse Could Change Work . *AI and machine learning* .

- Qin, W., Rujia, L., Qi, W., & Shiping, C. (2021, Ottobre 25). Non-Fungible Token (NFT): Overview, Evaluation, Opportunities and Challenges. *Cornell University*.
- Raimondi, F. (2022). Blockchain: un'analisi comparativa dei diversi protocolli. Diss. Politecnico di Torino.
- Ralph Schroeder, A. H. (2001). Activeworlds: geography and social interaction in virtual reality. *Futures*, Pages 569-587.
- Reali, F. (2019). Blockchain ibride: la soluzione per l'impresa? *Pioniero*.
- Rosenfeld, M. (2012, December). Overview of Colored Coins.
- Rospigliosi, P. (2022). Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the turn to virtual reality for education, socialisation and work. *Interactive Learning Environments*, 30 (1), 1-3 .
- Stephenson, N. (1992). *Snow Crash* .
- Sungjin, P. &. (2022). Identifying World Types to Deliver Gameful Experiences for Sustainable Learning in the . *Sustainability*, 14 (3), 1361.
- Tagliagambe, S. (2022). Il Metaverso come ambiente e risorsa. *EDUCAZIONE SENTIMENTALE*, 28-42.
- Telospiego. (s.d.). *Blockchain: Telospiego*. Tratto da <https://telospiegovideo.it/blockchain-telospiego/>
- Tranquilli, S. (2020). Metaverso: nuova frontiera del Marketing 4.0.
- Van Kerrebroeck, H. B. (2017). When brands come to life: experimental research on the vividness effect of Virtual . *Virtual Reality*, 21 (n.d.), 177–191.
- Van Kerrebroeck, H. B. (2017). When brands come to life: experimental research on the vividness effect of Virtual . *Virtual Reality*, 21 (n.d.), 177–191.
- Varzi, A. C. (2006). Avatar. *Il Sole 24 Ore (Domenicale)*.
- Vasan, K. J. (2022). Quantifying NFT-driven networks in crypto art. *Scientific Reports*.
- Vergine, S., & Bortolotti, A. (2021). Blockchain, il futuro in blocchi. . *Economia comportamentale*.
- Vulpiani, G. (2023, Febbraio). Blockchain, smart contracts e non fungible token: tutele e responsabilità. *Actualidad Jurídica Iberoamericana N° 18*.
- Wood, G. (2014). Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. Ethereum project yellow paper.