



---

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali  
Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di laurea

## **Tecnologia blockchain come strumento a supporto di Non-fungible token e Metaverso**

Relatore  
*Enrico Scarso*

Laureando  
*Nicola Cicchelerò*

---

Anno Accademico 2021 – 2022



## Indice

INTRODUZIONE.....	3
CAPITOLO 1: LA BLOCKCHAIN .....	5
1.1 Introduzione .....	5
1.2 Termini chiave .....	6
1.3 La storia della blockchain .....	7
1.4 Caratteristiche chiave.....	9
1.5 Tipi di blockchain .....	11
1.6 Funzionamento della blockchain .....	13
1.7 Struttura dei blocchi .....	14
1.8 Gli algoritmi di consenso .....	16
1.9 Hashing, Firma digitale e Crittografia a chiave asimmetria .....	20
1.10 Merkle tree – Gli Alberi di Merkle .....	23
1.11 Vantaggi e svantaggi della tecnologia blockchain .....	25
1.12 Evoluzione della tecnologia blockchain .....	26
1.13 Le criptovalute .....	28
1.14 Bitcoin .....	30
1.15 Ethereum - Smart contract - Evm.....	32
Defi (Decentralized Finance) .....	35
Dao (Decentralized autonomous organization) .....	36
dApp (Decentralized application) .....	38
CONCLUSIONE .....	40
CAPITOLO 2: NFT (Non-fungible token) .....	41
2.1 Cosa sono gli NFT .....	41
2.2 Nascita e caratteristiche .....	42
2.3 Tipi di NFT .....	43
2.4 Valore di un NFT .....	49
2.5 Piattaforme NFT .....	51
2.6 Vantaggi e svantaggi degli NFT .....	53
2.7 Storia delle vendite degli NFT.....	54
2.8 Il successo degli NFT .....	58
2.9 Il Minting.....	59
2.10 Gas fee .....	61
2.11 La rivoluzione degli NFT.....	62

2.12 Applicazioni presenti e proposte d'uso per il futuro.....	66
2.121 NFT nello sport.....	66
2.122 NFT nella moda-fashion .....	68
2.123 Heirloom: sistema per preservare i beni culturali.....	72
2.124 Supply chain management.....	73
2.125 Settore immobiliare .....	78
<b>CAPITOLO 3: IL METAVERSO .....</b>	<b>81</b>
3.1 Concetto di Metaverso.....	81
3.2 Origine del nome .....	83
3.3 Storia del Metaverso .....	84
3.4 Avatar.....	90
3.5 Caratteristiche del Metaverso .....	91
3.6 Estensione della realtà nel Metaverso .....	95
3.7 Componenti e tecnologie utilizzate nel Metaverso .....	97
3.8 Le quattro dimensioni del Metaverso .....	104
3.9 Applicazioni presenti e proposte d'uso .....	108
3.9.1 CardioVerso .....	110
3.9.2 Metaverso come strumento per la formazione – Esempi di applicazione .....	116
3.9.3 Nikeland.....	120
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>126</b>

## INTRODUZIONE

In ogni secondo di ogni giorno si realizzano innumerevoli transazioni commerciali, ordini, pagamenti, tracking di beni e molto altro. Spesso ogni partecipante a queste operazioni utilizza un proprio registro, un sistema per catalogarle e storicizzarle, che gli risulta più facile e affine, ma che può essere differente da quello degli altri utenti: tale molteplicità di registri facilita il generarsi di errori, frodi ed inefficienze.

Tale situazione è alla base dell'introduzione della blockchain, che con la sua forma di registro pubblico e identico per tutti, può ridurre le vulnerabilità sopra menzionate, in quanto consente di condividere i dettagli di ciascuna transazione tra ciascun utente.

Secondo IBM i benefici che la blockchain può portare in ogni settore sono molti e importanti. Si tratta, infatti, di un sistema condiviso di registrazioni, visibile a tutti i partecipanti, la cui sicurezza si fonda sul consenso richiesto ad ognuno per accedere alle informazioni storicizzate. Ad ogni partecipante, poi, viene assegnata la stessa importanza.

Inizialmente la tecnologia blockchain è stata utilizzata a supporto delle criptovalute, introdotte nel mercato come opzione digitale alternativa per il commercio e le transazioni. Successivamente si sono scoperti molti altri ambiti di applicazione di questa tecnologia.

Nella presente tesi si pone l'attenzione su due innovazioni in particolare che basano il loro funzionamento proprio sulla blockchain e che negli ultimi due anni stanno facendo molto discutere: gli NFT (Non-fungible token) e il Metaverso.

Gli NFT sono dei contenuti digitali intangibili che, con il supporto della tecnologia blockchain, diventano unici e immutabili. Come vedremo, l'uso di questi token può essere – e in alcuni casi viene già – utilizzato in molti settori, in quanto permettono, ad esempio, di mettere in comunicazione un artista con il cliente senza degli intermediari, di facilitare la rivendita di un bene, di avvicinare e coinvolgere maggiormente i clienti a un determinato marchio e di agevolare l'autenticazione e la tracciabilità dei prodotti.

Il Metaverso, invece, è un mondo virtuale che possiede una propria economia autosufficiente e al quale gli utenti possono accedere sottoforma di ologramma. In questo mondo rivoluzionario le persone possono lavorare, incontrarsi, socializzare; e le grandi aziende potranno comunicare, avvicinarsi ai clienti e creare nuovi modelli di business, diventando anche un importante strumento per la formazione e l'educazione in molti settori differenti.

Il lavoro di tesi ha avuto lo scopo di fornire una descrizione dettagliata delle tecnologie sopra citate, mettendo in luce i principali vantaggi e svantaggi e le sfide da affrontare, evidenziando i principali ambiti applicativi in cui, almeno per ora, ne sono state studiate o testate le possibili applicazioni.

Il presente elaborato si articola nel modo seguente. Nel primo capitolo si ripercorre la nascita della tecnologia blockchain, vengono descritte le sue caratteristiche principali e spiegato nel dettaglio il suo funzionamento. In particolare, vengono illustrate le principali tecnologie utilizzate a suo supporto. La parte conclusiva del capitolo riporta delle applicazioni più affermate che si basano su di essa.

Il secondo capitolo è dedicato ad un approfondimento riguardo gli NFT, Nello specifico viene fornita la definizione di NFT, una classificazione delle loro tipologie assieme ad una descrizione delle loro principali caratteristiche. Anche questo capitolo si conclude con alcuni esempi applicativi già in essere e alcune proposte di utilizzo per il futuro.

Il terzo e ultimo capitolo ripropone la logica del secondo focalizzandosi però sul Metaverso.

# CAPITOLO 1: LA BLOCKCHAIN

## 1.1 Introduzione

L'obiettivo di questo capitolo è definire le caratteristiche principali e il funzionamento della blockchain, un'innovazione tecnologica che vanta applicazioni in diversi ambiti industriali grazie alla capacità di rendere accessibili, sicure, immutabili e trasparenti le informazioni scambiate durante le transazioni, e che viene ritenuta rivoluzionaria da una molteplicità di addetti ai lavori, come le più accreditate società di consulenza, tra cui Accenture, EY, BCG, Deloitte e IBM.

A distanza di quattordici anni dalla sua nascita la blockchain rappresenta oggi una piattaforma di innovazione che permette di soddisfare tanti e diversi bisogni di imprese, organizzazioni, cittadini e consumatori.

Al giorno d'oggi, nonostante le numerose applicazioni delle tecnologie blockchain, non esiste una definizione universale e accettata da tutti che includa i suoi aspetti rilevanti.

La blockchain (dall'inglese "blockchain" - una catena di blocchi) è una catena sequenziale e continua di blocchi, nella quale avviene la memorizzazione di alcuni dati, che vengono replicati su ciascuno dei vari dispositivi uniti in una rete peer-to-peer. I dati possono essere transazioni monetarie, contratti intelligenti o qualsiasi altra informazione che richieda una registrazione e una verifica indipendenti. I membri di questa rete peer-to-peer sono individui anonimi chiamati nodi: tutte le comunicazioni all'interno della rete utilizzano un sistema di crittografia asimmetrica e hashing per identificare in modo sicuro il mittente e destinatario; quando uno dei nodi vuole aggiungere dati alla blockchain, nella rete viene formato un nuovo blocco e, utilizzando l'algoritmo di consenso, viene aggiunto catena (<https://www.ibm.com/topics/what-is-blockchain>).

La blockchain è un tipo di DLT (Distributed Ledger Technology, database decentralizzato gestito da più partecipanti) in cui le transazioni vengono registrate con una firma crittografica immutabile chiamata hash.

Si possono definire cinque principi fondamentali della tecnologia blockchain: database distribuito, trasmissione peer-to-peer, trasparenza, irreversibilità dei record e logica computazionale.

**Database distribuito** significa che nessuna singola entità controlla i dati sulla blockchain, ma ogni partecipante della rete ha accesso all'intero database blockchain e

alla sua storia completa. La verifica delle registrazioni delle transazioni non richiede terze parti fidate.

La **trasmissione peer-to-peer** implica che la comunicazione avviene direttamente tra peer (nodi) senza il nodo centrale.

**Trasparenza** sta a significare che tutte le azioni e i valori relativi ai nodi della rete sono visibili a chiunque abbia accesso alla rete: ogni nodo, o partecipante, è firmato digitalmente da uno specifico indirizzo alfanumerico di 30 caratteri che lo identifica.

L'**Irreversibilità** indica che la transazione non può essere modificata dopo che è stata inserita nel database, dal momento che questa transazione è collegata ad ogni transazione che si è verificata in precedenza.

**Logica computazionale** denota il fatto che tutte le transazioni su blockchain possono essere programmate e i partecipanti alla rete possono creare regole e algoritmi che attivano automaticamente le transazioni tra i partecipanti. (Iansiti e Lakhani 2017)

## 1.2 Termini chiave

Di seguito vengono descritti i termini chiave associati all'architettura blockchain:

- **Nodo:** i computer, nell'architettura blockchain, sono chiamati nodi e ogni nodo ha la copia del registro blockchain, inoltre ognuno di essi partecipa alle transazioni e ne verifica la validità.
- **Blocco:** è una raccolta di dati che memorizza i dettagli delle transazioni e viene collegato con il blocco precedente. Ogni blocco contiene due parti: intestazione del blocco e corpo del blocco, i quali saranno discussi in dettaglio nei paragrafi successivi.
- **Catena:** i blocchi disposti in sequenza creano una catena, la blockchain.
- **Transazione:** sono le più piccole unità all'interno di una blockchain e rappresentano il trasferimento di valore nella catena. In genere ogni transazione contiene i dettagli relativi all'indirizzo del mittente, i dettagli del destinatario e il valore della transazione, che viene registrata nel "corpo" dei blocchi.
- **Mining:** processo di creazione di un nuovo blocco che poi viene aggiunto alla catena.
- **Miners:** sono persone che lavorano con computer potenti collegati 24 ore al giorno, assicurandosi che tutte le transazioni vengano eseguite correttamente. Per convalidare



ogni transazione e creare i blocchi, i minatori devono trovare la chiave "hash" o digitale, per ogni blocco, al fine di collegarlo con il successivo.

- **Hash:** è una password o un'impronta digitale che identifica i blocchi e viene trovata dai minatori, la quale è un dato unico, irripetibile e non modificabile. Inoltre, ogni volta che viene scoperto un nuovo hash, esso viene distribuito al resto dei nodi della rete, in modo che siano sempre sincronizzati.
- **Indirizzi:** si tratta di identificatori univoci per indicare i mittenti e i destinatari della rete blockchain. Un indirizzo è una chiave pubblica.
- **Consenso:** è definito come un insieme di regole da seguire per aggiungere un blocco alla struttura.
- **Merkle Tree:** anche chiamato albero di hash, è una struttura dati che consente di memorizzare in modo unico dati e informazioni poiché ogni ramo dell'albero ha un identificatore e contiene riferimenti a tutti i rami sottostanti. Pertanto, invece di passare attraverso l'intero set di dati, chiunque può determinare la validità dei dati memorizzati sui diversi nodi della catena assicurandosi che le foglie dell'albero (che corrispondono agli hash delle transazioni) contengano gli stessi valori hash.

### **1.3 La storia della blockchain**

Gli ultimi cinquant'anni sono stati segnati da un grande sviluppo del settore finanziario e bancario, che ha predeterminato l'emergere della moneta elettronica e della tecnologia blockchain.

Negli anni '80 l'avvento delle firme digitali ha rivoluzionato lo scambio di dati tra il mittente e il destinatario, mentre nel 1989, con la nascita di Digicash (società informatica), lo scambio di dati e informazioni via e-mail è diventato piuttosto popolare. Negli anni successivi, l'uso di documenti digitali è diventato sempre più comune e maggiore enfasi viene posta sulla garanzia della loro autenticazione, efficienza e affidabilità.

L'idea che sta alla base della tecnologia blockchain viene formulata nel 1991 e introdotta dai ricercatori Stuart Haber e Scott Stornetta che hanno progettato un sistema in cui le informazioni o le transazioni memorizzate con timestamp (marca temporale,

rappresentano una data e/o un orario per accertare l'effettivo avvenimento di un certo evento) non possono essere modificate o manomesse.

Dopo di che Bayer, Haber e Stornetta hanno proposto la verifica e la convalida delle varie transazioni utilizzando l'albero Merkle.

Con l'integrazione degli alberi di Merkle è stata resa possibile la raccolta di diversi documenti digitali in un blocco migliorando così la loro sicurezza.

Alla fine degli anni '90, l'uso delle valute digitali iniziò a diventare un'idea sempre più concreta.

Un altro contributo significativo all'ideazione delle monete virtuali fu concepito nel 1997 da Adam Bakov, il quale propose e utilizzò il sistema Hashcash, ovvero una tecnologia di Proof of work (Pow) utilizzata per minimizzare la posta indesiderata (Spam) e gli attacchi Denial of Service (conosciuto come DoS =Un attacco DoS è un attacco informatico in cui l'aggressore cerca di impedire agli utenti di accedere alla rete o alle risorse del computer.).

Questo sistema sta alla base della creazione della catena blockchain, facendo infatti parte dello strumento di convalida dei blocchi ha permesso di lavorare alla prima criptovaluta al mondo, guadagnando una certa popolarità con la realizzazione perlappunto di Bitcoin (BTC). La prima implementazione di successo di una valuta digitale avvenne nel 1998 ad opera di Wei Dai, un ingegnere informatico che la chiamò B-money; un'altra valuta sviluppata è stata Bit Gold, inventata da Nick Szabo nel 2005: entrambe le valute hanno un'architettura simile, soprattutto per quanto riguarda i meccanismi utilizzati per validare le transazioni all'interno di un sistema peer-to-peer, decentralizzato, e usano la Proof of work in cui il potere di calcolo dei computer collegati al network viene usato per risolvere dei puzzle crittografici; nonostante ciò entrambe presentano il grande problema del double-spending.

La prima tecnologia blockchain è stata presentata per la prima volta nell'inverno del 2008 da un programmatore anonimo (o forse un gruppo di programmatori) sotto il nome di Satoshi Nakamoto che ha reso pubblico il White Paper dal titolo "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*" (Nakamoto, 2020) tramite cui il mondo è venuto a conoscenza in particolare di una delle applicazioni di blockchain ad oggi più note, il sistema Bitcoin.

Nakamoto sfrutta la blockchain per poggiare su un network di utenti (che costituiscono la catena) in modo tale che i trasferimenti digitali di denaro avvengano direttamente tra due entità senza coinvolgere un intermediario. Il problema principale che si dovette

affrontare al tempo fu quello del double-spending: una moneta elettronica poteva essere facilmente duplicabile e spendibile più di una volta, e questo ovviamente ne rendeva difficile l'adozione, per questo i trasferimenti digitali di denaro non potevano avvenire senza la presenza di un ente regolatore che si faceva garante dell'autenticità e della sicurezza delle transazioni.

Un esempio di ente regolatore è la banca, che nell'esecuzione di una transazione online – come un bonifico – va a verificare che la quantità di denaro spostata da un conto all'altro sia compatibile con le disponibilità dei conti correnti, per poi procedere quindi con la riduzione dell'ammontare depositato dal primo correntista di una somma pari a quella trasferita e incrementando quello del beneficiario della stessa somma. Pertanto, la funzione dell'intermediario, in origine, era quella di prevenire il double-spending.

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, ovvero la blockchain, risolvendo quindi il problema del double-spending.

Da allora la tecnologia blockchain ha continuato ad evolversi fino ai giorni nostri, dando origine a molte nuove applicazioni.

#### **1.4 Caratteristiche chiave**

Le principali caratteristiche di questa nuova tecnologia si possono sintetizzare come di seguito in:

- **Decentralizzazione:** nei sistemi di transazione convenzionali centralizzati ogni transazione deve essere convalidata attraverso un ente centrale di fiducia (ad esempio, la banca centrale) e inevitabilmente questo impatta negativamente sui costi e sulle prestazioni dei server centrali. In contrasto con il sistema centralizzato, le terze parti non sono più necessarie in una blockchain, vengono infatti impiegati algoritmi di consenso per mantenere una consistenza dei dati nella rete distribuita. Ogni nodo nella rete ha la copia delle informazioni e può convalidare senza l'interferenza del server centralizzato fornendo quindi trasparenza, fiducia e sicurezza dei dati.
- **Fiducia:** la blockchain consente agli utenti di avere un controllo completo di ciò che accade: i partecipanti sono in grado di autenticare i dati senza l'intervento di terze parti e tutte le transazioni sono firmate digitalmente per il mantenimento e la convalida del registro.

- **Distribuzione:** la blockchain offre calcolo distribuito. Tutti i membri delle reti hanno la stessa copia del registro.
- **Persistenza:** le transazioni possono essere convalidate rapidamente e quelle non valide non sarebbero ammesse dai Miners, è infatti quasi impossibile eliminare o ripristinare le transazioni una volta che sono incluse nella blockchain e i blocchi che contengono transazioni non valide potrebbero essere scoperti immediatamente.
- **Anonimato:** ogni utente può comunicare con la rete usando il proprio indirizzo, in quanto le informazioni sulla privacy dell'utente non sono memorizzate nel server centralizzato, così facendo si garantisce la privacy degli utenti nella rete blockchain.
- **Robustezza:** ogni transazione viene replicata e archiviata in tutti i nodi della rete. Questa caratteristica offre maggiore robustezza alla blockchain.
- **Digitale:** tutte le informazioni sono memorizzate in forma digitalizzata, riducendo così la documentazione manuale.
- **Verificabilità:** le transazioni sono convalidate e memorizzate nella rete con il timestamp. L'utente può verificare la catena di transazioni in qualsiasi momento.
- **Immutabilità e irreversibilità:** ogni transazione deve essere convalidata prima di essere aggiunta alla rete. Il processo non è reversibile ed è impossibile manomettere le transazioni poiché tutti i blocchi sono sigillati crittograficamente, evitando così qualsiasi manipolazione.
- **Cronologia e timestamp:** la blockchain memorizza la catena di blocchi e ogni blocco memorizza le informazioni della transazione, questi ultimi sono collegati tramite un link che punta al blocco precedente. Tutti i blocchi sono verificati con il timestamp e disposti in ordine cronologico.
- **Consenso:** ogni blocco della rete blockchain viene verificato e inserito nella rete con l'approvazione dei nodi partecipanti; esistono molti algoritmi di consenso per l'approvazione dei nodi, garantendo anche una maggiore fiducia nella verificabilità.

## 1.5 Tipi di blockchain

Si possono individuare quattro tipi di blockchain che si distinguono in (Fig.1):

- **blockchain pubblica:** è il primo tipo di blockchain esistita. Ad essa può iscriversi chiunque abbia l'accesso a internet, senza bisogno di alcun premezzo. Un utente, chiamato nodo, che fa parte della blockchain pubblica, è autorizzato ad accedere a tutti i dati della blockchain, a verificare le transazioni o a condurre attività di mining. Uno dei principali usi della blockchain pubblica è scambiare criptovalute (ad es. Bitcoin, Litecoin ed Ethereum).

Inoltre, la rete pubblica è decentralizzata, ovvero priva di un'autorità centrale che ne controlla il funzionamento grazie ad opportune misure di sicurezza.

- **blockchain privata:** il continuo progresso della tecnologia blockchain e la sua espansione hanno attratto l'interesse di molte aziende. Questo ha agevolato la nascita della blockchain privata, nella quale vi sono gli stessi elementi di una blockchain pubblica, ma differentemente da quest'ultima dipende da un'unità centrale che controlla tutte le azioni al suo interno, e generalmente sono reti più piccole.

L'autorità centrale determina chi può essere un nodo nella rete e, inoltre, non concede necessariamente a ciascun nodo gli stessi diritti. Per tali motivi questo tipo di blockchain funziona solo per reti chiuse.

Le blockchain private sono solo parzialmente decentralizzate proprio perché l'accesso pubblico a queste blockchain è limitato. Uno degli sviluppi più importanti della blockchain privata nel mondo delle criptovalute è Hyperledger, un progetto avviato da Linux e altre diverse aziende operanti nel settore tecnologico. Altri esempi di applicazione sono Ripple, Corda (R3) e Quorum (JpMorgan).

Entrambi i tipi di blockchain discussi qui sopra presentano degli svantaggi: il primo presenta dei tempi di convalida di nuovi dati molto lunghi, il secondo invece risulta molto vulnerabile a frodi.

Per questo motivo sono nate le blockchain ibride e le cosiddette consortium blockchain.

- **Consortium blockchain:** sono blockchain semi-decentralizzate governate da un gruppo di organizzazioni e non solo da un'entità, come nel caso delle blockchain private, pertanto sono più decentralizzate e di conseguenza più sicure. Tuttavia, lo sviluppo di consorzi può essere un processo arduo, in quanto richiede la cooperazione

tra una serie di organizzazioni, i cui membri potrebbero non disporre della tecnologia né dell'infrastruttura necessarie per implementare gli strumenti blockchain oppure dovrebbero sostenere dei costi troppo elevati per averli o per utilizzarli.

Queste blockchain sono usate in vari settori bancari e nelle organizzazioni governative. Nel settore della supply chain, CargoSmart ha sviluppato il Global Shipping Business Network Consortium, un consorzio blockchain senza fini di lucro che mira a digitalizzare il settore marittimo e a consentire ai suoi operatori di lavorare in modo più collaborativo.

• **blockchain ibrida**: combina le caratteristiche delle blockchain pubbliche e private.

In questa blockchain la partecipazione alla rete, cioè l'accesso alle risorse di rete, è privata e controllata da una singola organizzazione. Gli utenti però possono controllare pubblicamente chi acquisisce l'accesso ai dati archiviati nella blockchain.

Non ci sono né il sistema di mining né le criptovalute, il consenso della rete è dato da altri mezzi che assicurano che i dati siano corretti, il network è parzialmente decentralizzato, il che comporta un migliore livello di sicurezza e trasparenza. Alcuni esempi di blockchain ibrida sono "Dragonchain" o IBM Food Trust, sviluppato per migliorare l'efficienza lungo l'intera supply chain alimentare.

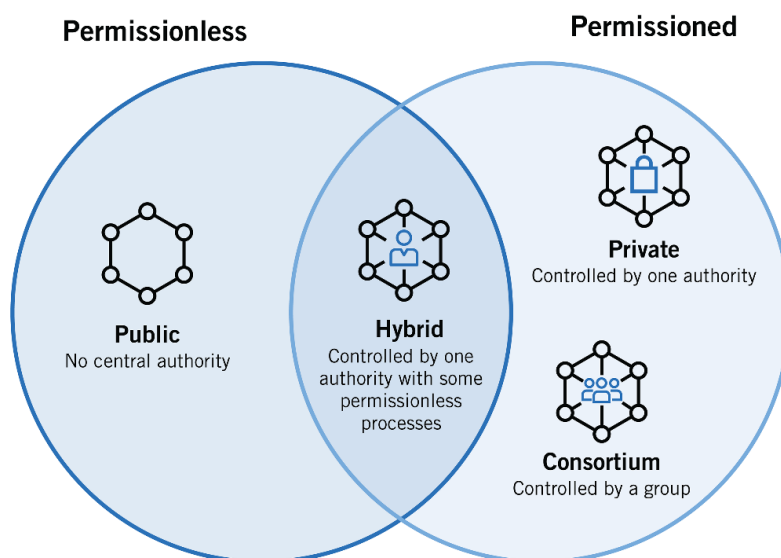


Fig.1 Rappresentazione dei vari tipi di blockchain (<https://www.bbntimes.com/technology/how-to-prepare-your-business-to-leverage-blockchain>)

## 1.6 Funzionamento della blockchain

Nell'attuale era tecnologica, le blockchain hanno la capacità di entrare in qualsiasi settore portando dell'aria di cambiamento e miglioramento, andando – ad esempio – a ridurre la spesa operativa, superare le questioni relative alla sicurezza informatica, fornire soluzioni di identità e accesso alla gestione, facilitare la collaborazione tra le istituzioni pubbliche e private, ottenere un miglior sistema di gestione dei dati, migliorare e semplificare la logistica e la gestione della supply chain, consentire un sistema di vendita e gestione delle assicurazioni senza soluzione di continuità o implementare un migliore sistema di database di record sanitari per proteggere le persone da qualsiasi tentativo di furto di dati o spionaggio.

Il funzionamento di una blockchain può essere riassunto in cinque step come in Fig.2 e di seguito (Gupta, 2018):

1. **Preparazione della registrazione:** in questa fase un utente avvia una transazione nella rete, la quale potrebbe essere di contratti, criptovalute o registrazioni di altre informazioni. Ad esempio, una parte X effettua un pagamento che include dati con l'indirizzo pubblico del destinatario, una segnaletica digitale della fonte, e un messaggio di transazione, la richiesta di transazione deve essere rappresentata come blocco nella rete e infine, questo blocco viene reso accessibile a tutti i nodi della rete blockchain.
2. **Verifica della transazione:** il nodo blockchain opera in un modello trustless (diffidenza), in cui ogni nodo deve accettare questa transazione e ne convalida la firma digitale con la chiave pubblica della parte X. Dopo aver verificato con successo, la transazione viene impacchettata in un blocco nella blockchain e si attende che tutti gli altri nodi facciano lo stesso.
3. **Generazione di blocchi:** le transazioni vengono organizzate insieme all'interno di un blocco dai nodi nella rete blockchain. Per fare questo, un nodo o un miner andrà a creare il blocco risolvendo problemi aritmeticamente complessi.
4. **Convalida dei blocchi:** dopo aver generato con successo un blocco, i membri della rete effettuano un processo di autenticazione iterativo nel quale la maggior parte dei membri deve raggiungere il consenso. I quattro algoritmi di consenso più utilizzati sono: Proof of stack (Pos), Proof of work (pow), Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), e Delegated Proof of stack (DPos).

Bitcoin, ad esempio, utilizza Proof of work per raggiungere il consenso; al contrario, Ethereum utilizza Proof of Stack: questo meccanismo influisce sui tratti economici e garantisce la sicurezza di tutte le procedure di transazione.

5. **Aggiunta del blocco alla blockchain:** dopo un efficiente meccanismo di consenso, i blocchi sono confermati, e vengono aggiunti alla blockchain in modo permanente e immutabile.

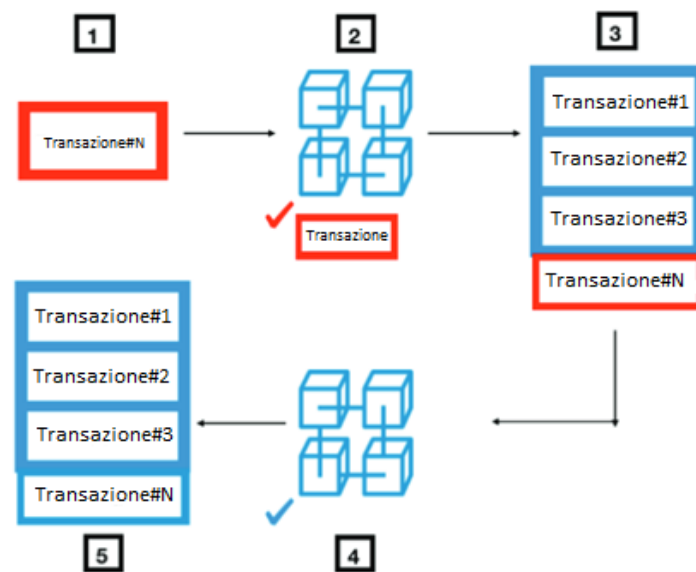


Fig.2 Rappresentazione funzionamento della blockchain.

### 1.7 Struttura dei blocchi

Ogni blocco della catena blockchain è costituito da un'intestazione (header) e un corpo, come mostrato nella Figura 3. In particolare, l'intestazione di blocco contiene le seguenti informazioni (metadati) (Kibet, 2018):

- Markley Tree Root Hash:** memorizza il valore hash di tutte le transazioni in un blocco.
- Timestamp:** data e ora in cui il blocco è stato generato e inserito nella blockchain.
- Difficulty:** è un campo di 4 byte che indica la complessità di aggiungere il blocco.
- Nonce** ("number only used once"): un campo da 4 byte (32 bit) che rappresenta il numero che il miner deve scoprire per validare il blocco. Il miner con la sua forza computazionale risolve dei calcoli matematici molto complicati per



ricevere la sua ricompensa (nel caso della blockchain Bitcoin la ricompensa è in parti di Bitcoin).

- E. **Hash of the previous block:** un valore di 256 bit che punta al blocco precedente, utilizzato per concatenare il blocco corrente con il suo blocco precedente nella blockchain.

Il corpo di un blocco è invece costituito da un contatore di transazioni e dalle transazioni stesse. Le dimensioni dei blocchi e delle singole transazioni determinano il numero di transazioni in un unico blocco, quest'ultima (block-size) può essere definita come il limite massimo con cui un blocco può essere riempito con le transazioni. Essa è un fattore cruciale per prevenire gli attacchi DOS da parte di hacker nella rete: il sistema lo rifiuta quando la sua dimensione supera un certo limite, evitando quindi problemi di rallentamento e congestione della rete, ma quando la quantità di transazioni è in aumento la dimensione limitata del blocco si traduce in rallentamento. Pertanto, quando la quantità delle transazioni supera un certo limite, la dimensione del blocco cambia dinamicamente da sola, evitando così la congestione della rete.

Oltre alla dimensione del blocco un altro parametro importante da tenere in considerazione è il block-time, ossia il tempo medio impiegato per generarne uno nella rete: quando i miner completano un blocco, i dati inclusi diventano testabili e validi. La convalida di nuovi blocchi è seguita da un set di protocolli e dal consenso di ogni partecipante della rete.

I blocchi sono interconnessi in blockchain facendo riferimento al valore hash del blocco precedente (Fig.4). Il primo della blockchain è il cosiddetto Blocco Genesi (Genesis Block), in quanto non contiene il riferimento del blocco precedente. Il valore di hash calcolato è la combinazione del precedente hash di blocco e dei propri dati di blocco, nel caso del primo blocco il valore hash sarà calcolato a partire solo dai dati del blocco. Tutti gli elementi sono crittografati quindi il blocco memorizza anche il timestamp e ciò aiuta a crearne una catena ordinata. Esso verrà aggiunto facendo corrispondere il valore hash del blocco precedente e l'approvazione di tutti i membri della rete, ciò consente di rilevare e rifiutare facilmente i blocchi alterati. Se un blocco pubblicato in precedenza fosse modificato, avrebbe un hash diverso e questo a sua volta porterebbe tutti quelli successivi ad avere anch'essi diversi hash in quanto includono l'hash del blocco precedente.

La crittografia asimmetrica viene utilizzata per proteggere le informazioni crittografando e decriptando dati e per confermare l'autenticazione della transazione, mentre l'hashing è utilizzato principalmente nel collegamento di blocchi e negli algoritmi di consenso. La crittografia a chiave asimmetrica sta guidando le applicazioni blockchain per identificare i contribuenti della rete e la prova della loro proprietà, quindi è un ottimo modo per sostituire le terze parti e fornire un ambiente affidabile in rete.

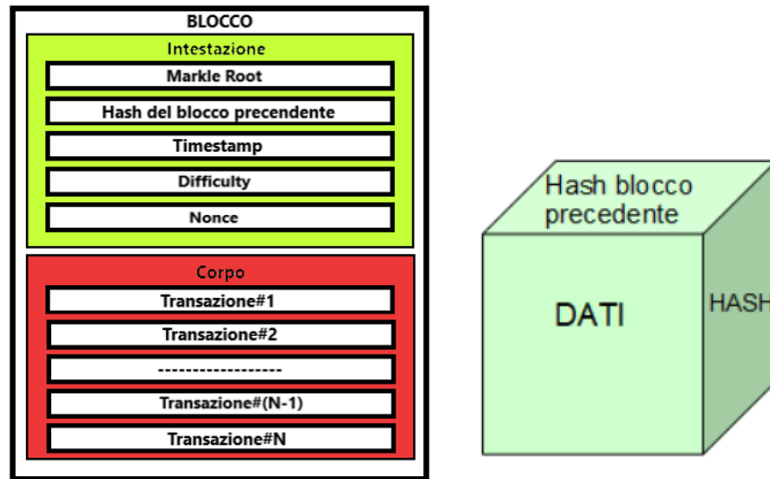


Fig.3 Struttura di un blocco

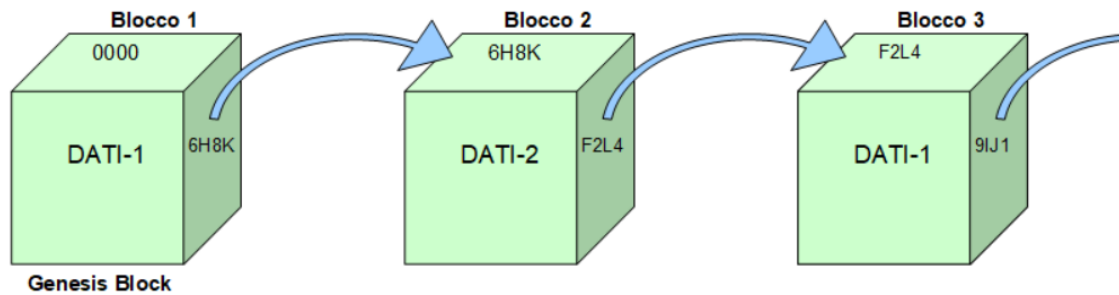


Fig.4: Interconnessione tra i vari blocchi

## 1.8 Gli algoritmi di consenso

In una blockchain uno degli obiettivi più importanti è che tutti i nodi mantengano lo stesso registro distribuito.

Nei software tradizionali il consenso non è certo un problema, grazie all'esistenza del server centrale; in questo caso, invece, gli altri nodi devono solo essere allineati con il server. Tuttavia, in una rete distribuita come blockchain, ogni nodo è sia un host (ospite) sia un server e ha bisogno di scambiare informazioni con altri nodi per raggiungere un consenso. In alcuni momenti ci saranno nodi offline, mentre altri nodi saranno dannosi e

andranno ad influenzare negativamente, o addirittura a distruggere, il processo di consenso.

Pertanto, un eccellente protocollo di consenso non può tollerare il verificarsi di questi fenomeni e deve cercare di ridurre al minimo il danno, in modo da non influenzare il risultato del consenso finale. Inoltre, il protocollo di consenso adottato dal sistema deve anche essere adatto al tipo blockchain utilizzato dal sistema (vedi paragrafo precedente). Il protocollo di consenso adottato deve quindi soddisfare le esigenze di uno scenario di applicazione specifica. Nei sistemi distribuiti, non esiste un protocollo di consenso perfetto, esso deve realizzare un trade-off tra coerenza, disponibilità e una certa tolleranza alle partizioni, cioè un'interruzione delle comunicazioni all'interno del sistema distribuito. In un sistema di questo tipo secondo il teorema CAP (CAP: consistency, availability, partition tolerance) si possono fornire solo due delle tre caratteristiche (Gilbert, 2002), inoltre il protocollo di consenso deve anche affrontare il cosiddetto "Problema dei generali bizantini" (PGB), ovvero la presenza di nodi dannosi che minano il processo di consenso (Lamport, 1982).

Nel PGB si fa riferimento a un gruppo di generali che comandano l'esercito bizantino che sta circondando una città: alcuni generali preferiscono attaccare mentre altri generali preferiscono ritirarsi; tuttavia, l'attacco fallirebbe se solo una parte dei generali attaccassero la città, quindi per vincere i generali dovrebbero raggiungere un accordo o per attaccare o per ritirarsi. Dunque, capire come raggiungere il consenso in un ambiente distribuito è una sfida.

In una blockchain non esiste un nodo centrale che assicura che i registri sui nodi distribuiti siano tutti uguali, è utile quindi introdurre alcuni dei principali protocolli di consenso di blockchain e analizzare le loro prestazioni e scenari applicativi.

I diversi modelli di consenso sono stati differenziati in base a diversi fattori (Baliga, 2018):

a. **Tipo di blockchain:** se la rete blockchain è autorizzata oppure è senza autorizzazione.

b. **Tasso di transazione:** a quale tasso sono confermate le transazioni, che è fondamentalmente deciso dall'algoritmo di consenso. Nel caso di Bitcoin, che impiega Pow (Proof of work), il tasso di transazione è solo 7 transazioni/ sec, perché Pow richiede un tempo di calcolo significativo e il tempo di generazione del blocco è di 10 minuti.

c. **Scalabilità:** un sistema blockchain è scalabile se può raggiungere il consenso con il numero di nodi in continua crescita, soprattutto nei sistemi blockchain pubblici.

d. **Oneri di partecipazione:** per alcuni sistemi è richiesto il costo iniziale di partecipazione. Ad esempio, con il Pos (Proof of stake), i nodi investono nella criptovaluta, per esprimere il loro interesse per il consenso e la convalida dei blocchi, mentre il Pow richiede un input energetico, che non è necessario se si desidera semplicemente far parte della rete e non si desidera estrarre.

e. **Trust condition:** determina se i nodi che contribuiscono sono attendibili e predeterminati, proprio come nel consorzio, e sistemi blockchain privati o sconosciuti come in blockchain pubblici e basati sul Pow.

I principali protocolli di consenso sono quattro:

- **Proof of work (Pow)** è stato il primo protocollo di consenso decentralizzato proposto da Satoshi per raggiungere la coerenza e la sicurezza nella rete Bitcoin. In Bitcoin, il trasferimento di valuta avviene in modo completamente decentralizzato, richiedendo quindi un consenso per l'autenticazione e la convalida dei blocchi di transazioni.

I nodi della rete Bitcoin competono per calcolare il valore hash del blocco successivo, che dovrebbe essere inferiore a un valore obiettivo dinamico, determinato dalla regola di consenso. Il nodo che raggiunge la soluzione del puzzle crittografico attende la conferma da parte di altri nodi, prima di aggiungere il blocco alla blockchain. Potrebbe essere generato più di un blocco valido, se più nodi trovano una soluzione appropriata che causa un fork temporaneo nella rete (biforcazioni nella rete blockchain). Il conflitto in una fase successiva viene evitato accettando la versione più lunga della catena disponibile in qualsiasi momento.

- **Proof of stake (Pos)** è stato proposto per superare gli svantaggi di un eccessivo consumo di energia e l'uso di attrezzature specializzate da Pow nella rete Bitcoin. Infatti, la rete Ethereum utilizza il Pos per raggiungere il consenso.

Invece di investire in risorse in grado di eseguire calcoli rigorosi per i calcoli hash come in Pow, Pos propone di raggiungere la quota di partecipazione alla rete acquistando una certa quantità di criptovaluta. Ci sono molti criteri che permettono di incrementare la possibilità di diventare un nodo validatore di blocco, come ad esempio la quantità di valuta acquistata e il tempo di partecipazione alla rete. Per raggiungere il consenso, il validatore di blocco è selezionato casualmente e non è predeterminato.

Terminato il processo di selezione, i nodi scelti potranno convalidare le transazioni o creare nuovi blocchi, ricevendo quindi incentivi come per Bitcoin.

• **Practical Byzantine Fault Tolerance Algorithm (PBFT)**: l'algoritmo PBFT nella blockchain lavora per stabilire il consenso tra i nodi partecipanti, l'obiettivo di un meccanismo BFT è quello di salvaguardarsi contro i guasti del sistema utilizzando il processo decisionale collettivo (entrambi - nodi corretti e difettosi), che mira a ridurre l'influenza dei nodi difettosi.

BFT deriva dal problema dei generali bizantini, un termine informatico per una situazione in cui le parti coinvolte devono concordare un'unica strategia per evitare un fallimento completo, tuttavia si presume che alcune delle parti coinvolte potrebbero essere corrotte o altrimenti inaffidabili.

I nodi di questo sistema sono ordinati in sequenza con un nodo, che è il leader, e altri indicati come nodi di backup: tutti i nodi del sistema comunicano l'uno con l'altro con l'obiettivo che tutti siano onesti/corretti e che raggiungano un accordo dello stato del sistema utilizzando una regola di maggioranza.

La comunicazione tra nodi ha due funzioni: essi devono dimostrare che i messaggi provengono da uno specifico nodo peer, e devono verificare che il messaggio non sia stato modificato durante la trasmissione.

Affinché il sistema PBFT funzioni, il numero di nodi dannosi non deve essere uguale o superiore a un terzo di tutti i nodi del sistema in una data finestra di vulnerabilità. Simile alla prova del meccanismo di consenso del lavoro, più nodi ci sono in una rete PBFT, più diventa sicuro.

Questo algoritmo contiene cinque fasi: request, pre-prepare, prepare, commit and reply.

La Fig.5 mostra come funziona il ciclo di consenso PBFT:

- Un client invia una richiesta/messaggio al nodo leader (primario).
- Il nodo leader trasmette la richiesta ai nodi di backup (secondari).
- I nodi eseguono la richiesta, quindi inviano una risposta al client.
- Il client attende risposte  $f+1$  da diversi nodi con lo stesso risultato, dove  $f$  rappresenta il numero massimo di nodi potenzialmente difettosi.

Generalmente il nodo leader cambia durante ogni ciclo.

Ad esempio, il progetto Hyperledger sta lavorando allo sviluppo di sistemi blockchain consorziati per le imprese, utilizzando il PBFT come meccanismo di consenso (Hyperledger project, 2018).

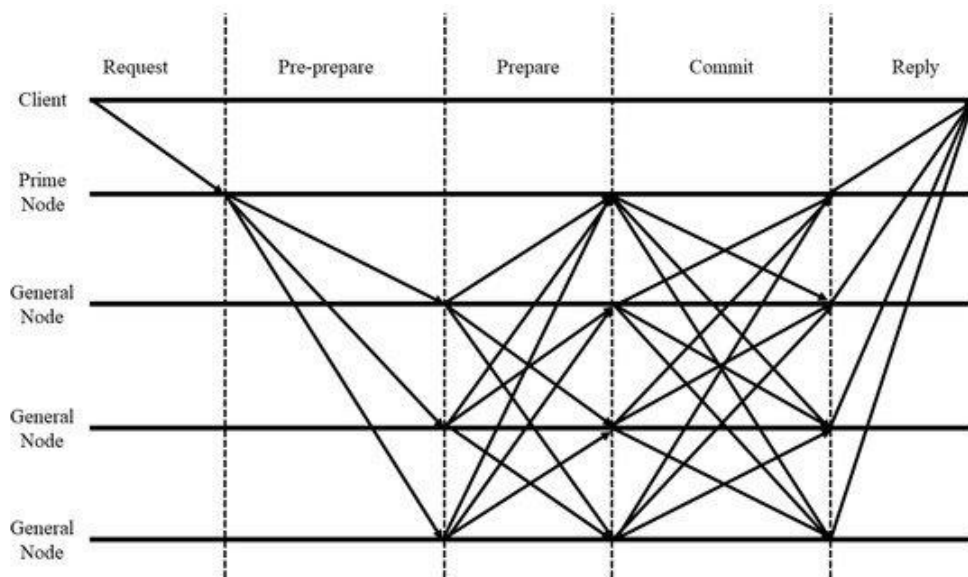


Fig.5 Rappresentazione funzionamento dell' algoritmo PBFT (<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/21/7609>)

- **Delegated proof of stake (DPos):** gli stakeholders eleggono i nodi che andranno a generare e convalidare i blocchi: avendo meno nodi che andranno a convalidare un certo blocco, questo potrebbe essere confermato rapidamente, portando alla rapida conferma delle transazioni e riducendo anche il loro consumo di energia computazionale a 0. Se i delegati non sono in grado di generare blocchi, saranno respinti e le parti interessate selezioneranno nuovi nodi per sostituirli. DPos fa il massimo uso dei voti degli stakeholders per raggiungere un consenso in modo equo e democratico. Rispetto al Pow e Pos, DPos è un protocollo di consenso a basso costo e ad alta efficienza. DPos è la spina dorsale di Bitshares (<https://bitshares.org/>).

## 1.9 Hashing, Firma digitale e Crittografia a chiave asimmetria

Affinchè la blockchain funzioni correttamente sono necessarie delle tecnologie che supportino il processo di generazione della catena e che rendano il sistema sicuro.

- **Hashing**

Il valore hash indica un valore numerico di lunghezza fissa che viene generato utilizzando un algoritmo crittografico hash, il quale permette di identificare i dati in modo univoco e viene utilizzato per evitare che vengano modificati.

L'hashing è un metodo per applicare una funzione crittografica di hash ai dati, che calcola un output relativamente unico (chiamato digest) per un input di qualsiasi dimensione (ad esempio, un file, un testo o un'immagine). Esso genera un valore hash di

lunghezza fissa che rappresenta in modo univoco il contenuto di una stringa di lunghezza arbitraria. Stringhe identiche generano lo stesso valore hash.

Non è possibile recuperare la stringa originale dai valori hash, poiché si tratta di una funzione a senso unico.

Una specifica funzione di hash crittografico utilizzata in molte implementazioni blockchain è il Secure Hash Algorithm (SHA) con una dimensione di output di 256 bit (SHA-256), generalmente visualizzato come una stringa esadecimale di 64 caratteri.

Poiché ci sono un numero infinito di possibili valori di input e un numero finito di possibili valori di output digest, è possibile – ma altamente improbabile – avere una collisione dove  $\text{hash}(x) = \text{hash}(y)$  (cioè, l'hash di due diversi input produce lo stesso digest).

L'hash del blocco Genesis viene calcolato utilizzando le transazioni presenti nel blocco e le componenti dell'intestazione di blocco vengono utilizzati per calcolare il valore hash dei blocchi consecutivi.

Esempio d'uso di una funzione hash:

*Data: blockchain Concepts Book Chapter*

*Hash: 06ecd9a034556c403064a9114d26e2d227324520e4c2d5b330cf5f881564ac9b*

Anche un piccolo cambiamento nella stringa di input dà come risultato un nuovo valore di hash. Nell'esempio, è cambiato solo il carattere b nella stringa book e questo crea un valore hash completamente nuovo per la stringa:

*Data: blockchain Concepts book Chapter*

*Hash: def6a36ca079b54d3004cadfe14068c54880b6a1873e6da467f20ac9f44ba5b5*

### • Firma digitale

Le firme digitali sono utili ai nodi per dimostrare la loro identità senza rivelare la propria chiave privata. La firma è il risultato della combinazione tra la chiave privata del mittente e la funzione hash (Fig. 9). Il destinatario riceve i dati crittografati insieme alla firma digitale, e sfruttando la chiave privata del mittente può decifrare i dati. La chiave pubblica viene condivisa tra gli utenti coinvolti in precedenza oppure è consultabile all'interno del server. L'algoritmo usato per la creazione della firma digitale è l'Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) (Lake, 2019).

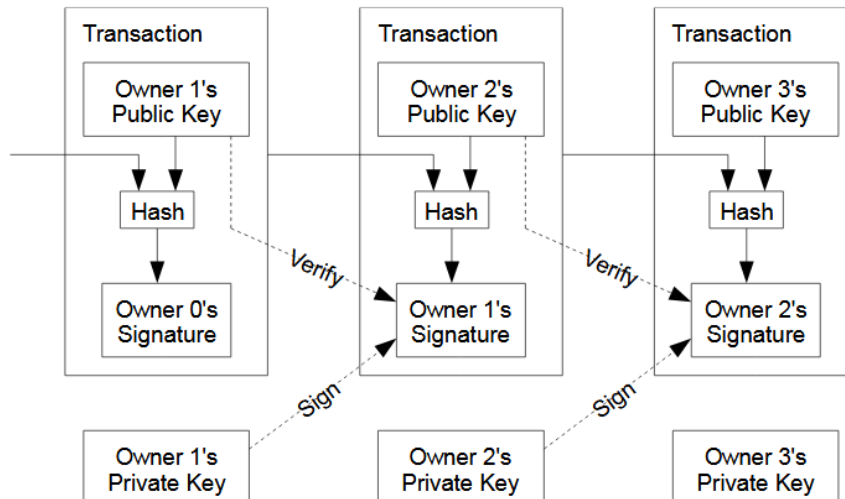


Figura 6: Uso della firma digitale nelle transazioni.  
 ([https://wiki.bitcoinsv.io/index.php/Digital\\_signatures\\_in\\_Bitcoin](https://wiki.bitcoinsv.io/index.php/Digital_signatures_in_Bitcoin))

#### • Crittografia a chiave asimmetrica

La tecnologia blockchain utilizza la crittografia a chiave asimmetrica (chiamata anche crittografia a chiave pubblica), la quale utilizza una coppia di chiavi: una chiave pubblica e una chiave privata, che sono matematicamente correlate tra loro. La prima viene resa pubblica senza ridurre la sicurezza del processo, ma la seconda deve rimanere segreta se si vuole che i dati mantengano la loro protezione crittografica. Si può cifrare con una chiave privata e poi decifrare con la chiave pubblica, o in alternativa, si può cifrare con una chiave pubblica e poi decifrare con una chiave privata.

La crittografia a chiave asimmetrica consente una relazione di fiducia tra utenti che non si conoscono o non si fidano l'uno dell'altro, fornendo un meccanismo per verificare l'integrità e l'autenticità delle transazioni e consentendo allo stesso tempo che le transazioni rimangano pubbliche. Per fare questo, le transazioni sono firmate digitalmente, ciò significa che una chiave privata viene utilizzata per crittografare una transazione in modo tale che chiunque con la chiave pubblica possa decifrarla. Poiché la chiave pubblica è liberamente disponibile, la crittografia della transazione con la chiave privata dimostra che il firmatario della transazione ha accesso alla chiave privata. In alternativa, è possibile crittografare i dati con la chiave pubblica di un utente in modo tale che solo gli utenti con accesso alla chiave privata possano decifrarli.

Generalmente nelle reti blockchain:

- Le chiavi private vengono utilizzate per firmare digitalmente le transazioni.
- Le chiavi pubbliche vengono utilizzate per ricavare gli indirizzi.



- Le chiavi pubbliche vengono utilizzate per verificare le firme generate con chiavi private.
- La crittografia a chiave asimmetrica consente di verificare che l'utente che trasferisce il valore a un altro utente sia in possesso della chiave privata in grado di firmare la transazione.

### 1.10 Merkle tree - Gli Alberi di Merkle

Gli alberi di Merkle prendono il nome da Ralph Merkle (Merkle, 1988). Tecnicamente, l'albero di Merkle è una struttura di dati utilizzata per crittografare le transazioni in modo efficiente e sicuro. Si compone degli hash di vari blocchi di dati di transazioni. In breve, agisce come un riassunto di transazioni per un blocco in una rete blockchain.

La struttura di un Merkle Tree rappresentato in Fig.7 è un modo gerarchico per rappresentare gli hash delle transazioni:

- Radice di Merkle (o Root Hash): nodo superiore dell'albero
- Nodi non-Leaf: nodi hash figlio intermedi di transazioni
- Nodi foglia: nodi figlio o nodi transazioni

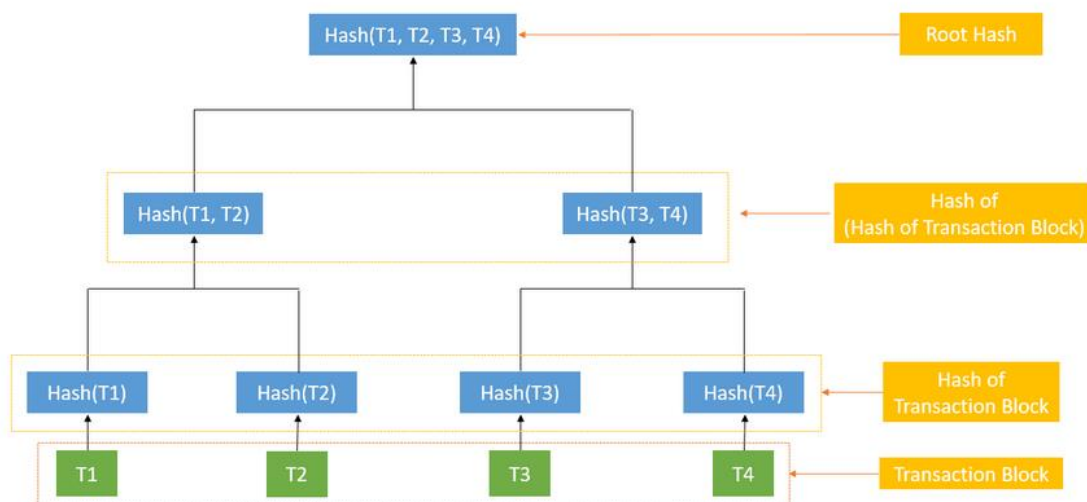


Fig.7 Albero di Merkle (<https://www.naukri.com/learning/articles/merkle-tree-in-blockchain/>)

L'albero di Merkle utilizza il concetto delle funzioni crittografiche hash e crittografia a chiave asimmetrica per crittografare e verificare le transazioni tra tutti i nodi della rete.

Gli alberi di Merkle sono creati calcolando ripetutamente l'hashing delle coppie di nodi fino a quando non ne rimane solo uno denominato root hash o radice di Merkle, valore di riepilogo.

Essi sono costruiti utilizzando un approccio bottom-up in cui ogni transazione è crittografata; ogni coppia di transazioni viene concatenata e crittografata insieme fino a quando non rimane un hash rappresentativo per l'intero blocco. Un albero di Merkle, quindi, combina tutte le transazioni in un blocco e genera un'impronta digitale dell'intero set di operazioni e consente ai partecipanti della rete di verificare se la transazione è stata inclusa nel blocco o meno.

La radice di Merkle assicura che i blocchi di dati inviati attraverso una rete peer-to-peer siano sicuri, intatti e inalterati; usando Merkle root infatti, i partecipanti alla rete possono verificare che le transazioni non siano state manomesse. Nel complesso, è un metodo per confermare che tutte le transazioni nell'albero di Merkle sono state aggiunte e verificate.

Nel caso dei Bitcoin, un albero di Merkle serve come riassunto di tutte le transazioni in un blocco producendo un'impronta digitale dell'intero insieme di transazioni. La radice di Merkle (Merkle Tree Root) di un dato blocco è memorizzata nell'intestazione del blocco ed è combinato con altre informazioni come nella Fig.8.

Come già detto nei precedenti paragrafi, tutte le informazioni vengono poi passate in una funzione di hash per produrre l'hash del blocco.

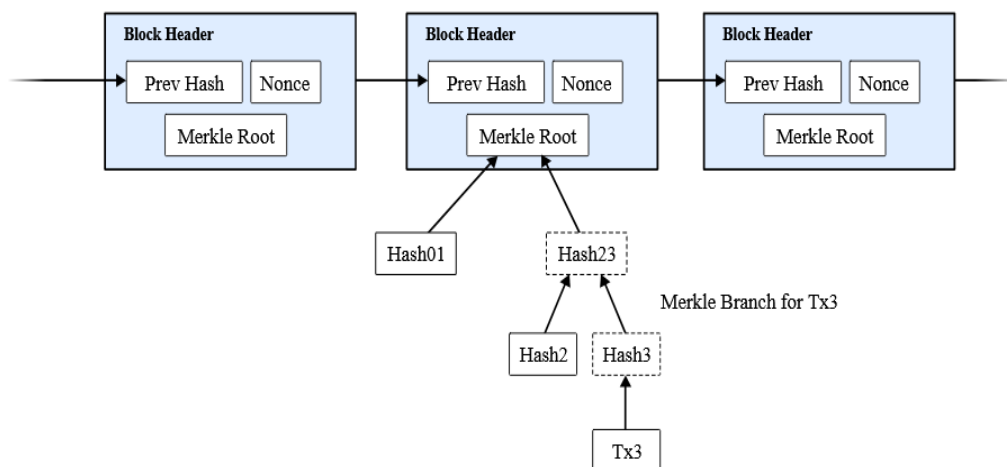


Fig.8: Uso dei Merkle Root Tree nella costruzione nei blocchi. (<https://gutier.io/post/programming-tutorial-blockchain-haskell-merkle-tree/>)

Riassumendo, i vantaggi che ci offre l'albero di Merkle sono i seguenti:

- aiuta a convalidare l'integrità dei dati o delle transazioni
- consuma meno spazio su disco rispetto a qualsiasi altro albero hash
- può essere diviso e suddiviso per verificare le informazioni
- fornisce un modo efficiente e più veloce per organizzare i dati

### 1.11 Vantaggi e svantaggi della tecnologia blockchain

La natura distribuita della blockchain offre molti vantaggi:

- **Distribuzione:** dal momento che i dati blockchain sono memorizzati in migliaia di nodi, si riduce la possibilità di errore in un singolo nodo. Ogni nodo è in grado di replicare e memorizzare i dati.
- **Trasparenza:** poiché la blockchain è un registro distribuito, tutti i partecipanti della rete condividono la stessa copia delle transazioni. In tal modo si garantiscono dati più accurati, coerenti e trasparenti a tutti partecipanti.
- **Velocità:** i classici processi cartacei sono soggetti a errori, spesso richiedono l'intervento di terzi e richiedono molto tempo. Utilizzando la blockchain per semplificare questi processi, le transazioni possono essere completate in modo più rapido ed efficiente.
- **Costo ridotto:** le due parti possono negoziare senza il coinvolgimento di terzi e portare minor costo e maggior efficienza nel sistema.
- **Riduzione delle frodi:** poiché le transazioni sono immutabili e irreversibili, tutte le transazioni possono essere facilmente verificate da parte dei partecipanti della rete minimizzando così le frodi nel sistema.
- **Sicurezza:** i dati sono protetti da funzioni crittografiche, in questo modo blockchain fornisce una maggiore sicurezza per i blocchi.
- **Collaborazione:** le parti possono eseguire direttamente le transazioni tra di loro senza il coinvolgimento di terzi.

Oltre ai vantaggi bisogna considerare anche alcuni problemi/svantaggi, come ad esempio:

- **Scalabilità:** è uno dei più grandi svantaggi della tecnologia blockchain in quanto non può essere scalata a causa della dimensione fissa del blocco per la memorizzazione delle informazioni. La dimensione del blocco è di 1 MB e può

contenere poche transazioni, per prevenire potenziali attacchi DDoS (Distributed Denial of Service). Gli hacker avrebbero potuto creare blocchi di dimensioni enormi, se non addirittura infiniti, per diffonderli nella rete e di conseguenza paralizzarla. Questo implica che più persone o nodi si uniscono alla rete, più crescono le possibilità di rallentarla/congestionarla. La soluzione è quella di fare transazioni off-blockchain e utilizzare solo la blockchain per memorizzare e accedere alle informazioni.

- **Consumo di energia:** Il consumo di energia nella blockchain è relativamente elevato a causa delle attività di mining. Mantenere un registro aggiornato in tempo reale è una delle principali cause di questo consumo poiché ogni volta che si crea un nuovo nodo questo comunica con ogni altro nodo presente nella rete allo stesso tempo.
- **Archiviazione:** i registri blockchain possono diventare molto grandi nel tempo. La blockchain di Bitcoin richiede attualmente circa 200 GB di spazio di archiviazione. L'attuale crescita della dimensione della blockchain sembra superare la crescita dei dischi rigidi e la rete rischia di perdere nodi se il registro diventa troppo grande per essere scaricato e memorizzato.
- **Formalità legale:** in ogni parte del mondo il denaro è stato creato e controllato dal governo centrale. Per Bitcoin ed altre criptovalute che si basano su questa tecnologia essere accettate dalle istituzioni finanziarie preesistenti diventa un ostacolo.
- **Complessità:** il mondo blockchain risulta essere ancora troppo tecnico, il che rappresenta una barriera che impedisce a molti utenti di usare le criptovalute e i servizi blockchain.

## 1.12 Evoluzione della tecnologia blockchain

La tecnologia blockchain è evoluta molto dai tempi della nascita dei Bitcoin, portando soprattutto nuovi utilizzi e ambiti applicativi.

Si possono distinguere varie generazioni della blockchain come nella Fig.9 e di seguito:

### 1) Blockchain 1.0

La prima generazione della tecnologia blockchain è stata avviata con la rete Bitcoin nel 2009, ed è nota come blockchain 1.0. In questa generazione, sono nate le prime

criptovalute, scritte principalmente in linguaggio C++ e che utilizzano il Pow come algoritmo di consenso.

L'idea del suo funzionamento si concentrava solo sul pagamento e la sua funzionalità per generare criptovalute, e veniva impiegata per migliorare e innovare il sistema finanziario tradizionale.

Sebbene le criptovalute basate su blockchain abbiano migliorato il sistema transazionale, gli sviluppatori si sono resi conto che la tecnologia detiene un immenso potenziale. Questo è il motivo che ha portato alla nascita della seconda generazione della tecnologia blockchain.

## **2) Blockchain 2.0**

La seconda generazione della tecnologia blockchain è nata con Ethereum che ha portato nuove idee per l'utilizzo della blockchain. Ethereum, a differenza della rete Bitcoin che aveva limitato l'utilizzo della blockchain ad un registro di transazioni, è diventata una piattaforma su cui basare molte nuove tecnologie come smart contract, dApp, e nft che vedremo in seguito. I fondatori di Ethereum, per esempio, hanno avuto l'idea che i beni e gli accordi di fiducia potrebbero beneficiare della gestione con la blockchain. L'innovazione più importante che ha portato Ethereum sono stati gli smart contract (contratti intelligenti). Quest'ultimi sono dei programmi che imitano la logica di un contratto, che regola ad esempio accordi (nella sfera giuridico/patrimoniale) tra più parti e che sono auto-eseguibili; pertanto, non servono più intermediari (terze parti) per attuarli (come avvocati, notai ecc.).

## **3) Blockchain 3.0**

Blockchain 3.0 ha una portata più ampia in termini di industrie e di settori che può incorporare, ciò significa che la blockchain 3.0 ha applicazioni in una più ampia serie di settori al di fuori del dominio della finanza e dell'economia. Esempi di queste applicazioni includono l'assistenza sanitaria (contratti intelligenti per servizi medici e storage), la sicurezza informatica (autenticazione a più fattori), la supply chain (contratti di consegna intelligente) e la produzione.

Oltre ai contratti intelligenti, la terza generazione di blockchain coinvolge le app decentralizzate (dApp), ovvero dei programmi digitali che girano su una rete blockchain invece di essere in un singolo computer e quindi sono al di là della competenza di qualsiasi autorità centrale.

#### 4) Blockchain 4.0

Questo livello presenta una perfetta integrazione delle applicazioni basate sull'Industria 4.0 che si concentra sull'automazione, sull'integrazione dei framework di esecuzione e sulla pianificazione delle risorse aziendali. blockchain aiuta questa moderna rivoluzione industriale fornendo un grado crescente di privacy e di sicurezza, inoltre questa versione rende la blockchain utilizzabile nel settore industriale in quanto definisce approcci e soluzioni per soddisfare le esigenze delle aziende.

Alcune delle aree in cui la blockchain si è dimostrata preziosa sono la raccolta dei dati, la gestione patrimoniale, la gestione della supply chain, l'assistenza sanitaria e le transazioni finanziarie.

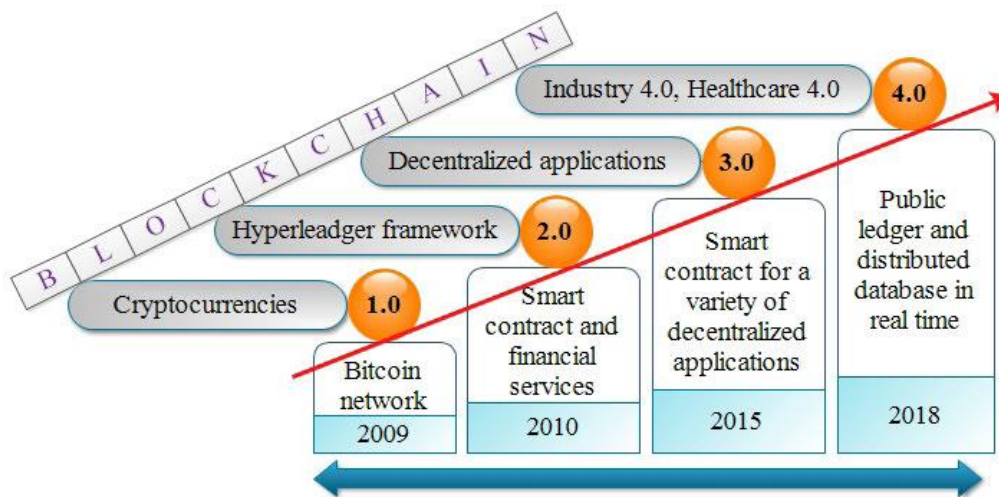


Fig.9 Evoluzione tecnologia blockchain(<https://m.facebook.com/metadigitech/>)

#### 1.13 Le criptovalute

L'uso più noto della tecnologia blockchain è come strumento di base per le criptovalute. Una criptovaluta è una valuta digitale (o token), come ad esempio Bitcoin ed Ethereum, che viene creata utilizzando tecniche crittografiche che consentono alle persone di acquistarle, venderle o scambiarle in modo sicuro; è inoltre protetta, quindi risulta quasi impossibile contraffare, e può essere utilizzata per acquistare beni e servizi attraverso la tecnologia blockchain registrando e proteggendo ogni transazione. Guardando le statistiche relative al numero di criptovalute esistenti, nel 2013, c'erano solo 8 criptovalute (Nagpal, 2017), mentre ad oggi questo numero è cresciuto a 9591 ([www.coinmarketcap.com](http://www.coinmarketcap.com)).

La capitalizzazione di mercato delle criptovalute in totale è di circa un trilione di euro nel mese di agosto 2022. Nel corso degli anni, le criptovalute si sono fatte notare un po' da tutti soprattutto perché la tecnologia blockchain le rende molto sicure, infatti ogni valuta ha il proprio numero identificabile associato al suo proprietario.

Una transazione criptovaluta è generalmente un processo rapido e semplice: ad esempio, i Bitcoin possono essere trasferiti da un portafoglio digitale ad un altro utilizzando solo uno smartphone o un computer e, in secondo luogo, con le criptovalute si mira a tagliare gli intermediari, come le banche e mercati online, il che significa che non ci sono commissioni per l'elaborazione dei pagamenti. I pagamenti con le criptovalute stanno diventando sempre più diffusi tra le grandi organizzazioni come, ad esempio, nel settore della moda e per i prodotti farmaceutici.

Negli ultimi anni esse sono diventate famose per gli investimenti che sono stati fatti dalle grandi multinazionali: un esempio di investimento è quello di 1,5 miliardi di dollari da parte di Tesla nel febbraio 2021, in Bitcoin, accettati anche come metodo di pagamento per le loro auto.

Naturalmente, come ogni nuova tecnologia, ha anche aspetti negativi da tenere in considerazione: in primo luogo, il mercato di crypto non è un mercato regolamentato e inoltre è troppo volatile: ci sono molte persone che sono frenate e che le vedono come una bolla pronta a scoppiare. La volatilità è dovuta principalmente dalla speculazione, in particolare alla rapidità di salita del prezzo di un asset: questo accade perché tanto più sale velocemente un asset, quanto più è probabile che subisca un crollo repentino e drastico in un secondo momento.

Di seguito si riportano le 10 criptovalute più conosciute presenti nel mercato:

#	Name	Price	1h %	24h %	7d %	Market Cap	Volume(24h)	Circulating Supply	Last 7 Days
1	Bitcoin BTC	\$19,931.26	-0.01%	-1.20%	-2.39%	\$382,011,248,162	\$34,018,259,506 1,704,888 BTC	19,142,950 BTC	
2	Ethereum ETH	\$1,661.66	+0.23%	+6.43%	+4.48%	\$203,266,082,851	\$18,160,114,388 10,922,993 ETH	122,261,018 ETH	
3	Tether USDT <a href="#">Buy</a>	\$1.00	-0.00%	-0.00%	-0.00%	\$67,546,793,456	\$48,879,413,673 48,878,825,377 USDT	67,545,704,104 USDT	
4	USD Coin USDC <a href="#">Buy</a>	\$1.00	-0.00%	-0.00%	-0.01%	\$51,798,751,623	\$7,216,386,368 7,215,954,220 USDC	51,795,649,698 USDC	
5	BNB BNB	\$281.24	-0.23%	-2.53%	-2.96%	\$45,436,373,455	\$861,484,729 3,058,994 BNB	161,337,261 BNB	
6	Binance USD BUSD	\$1.00	-0.01%	-0.01%	-0.01%	\$19,471,171,993	\$8,623,390,561 8,621,857,185 BUSD	19,467,709,709 BUSD	
7	Cardano ADA <a href="#">Buy</a>	\$0.5	-0.45%	-3.31%	-9.91%	\$17,090,304,027	\$773,848,092 1,547,761,210 ADA	34,182,044,153 ADA	
8	XRP XRP <a href="#">Buy</a>	\$0.3357	-0.46%	-3.63%	-1.21%	\$16,671,441,556	\$1,033,370,977 3,077,313,031 XRP	49,646,492,379 XRP	
9	Solana SOL <a href="#">Buy</a>	\$33.06	+0.33%	+5.42%	-0.60%	\$11,575,423,509	\$728,867,362 22,028,212 SOL	349,838,520 SOL	
10	Polkadot DOT	\$7.64	+0.68%	+2.14%	+5.06%	\$8,522,512,001	\$347,287,024 45,394,035 DOT	1,113,981,175 DOT	

Fig. 10 Top 10 criptovalute secondo [www.coinmarketcap.com](http://www.coinmarketcap.com)

## 1.14 Bitcoin

Bitcoin (Lu, 2018) è un sistema peer-to-peer pubblico, decentralizzato e completamente distribuito per valute digitali. È la prima criptovaluta al mondo il cui valore non è approvato da alcuna banca centrale, ma si basa sulla percezione dei suoi utenti (Lo and Wang, 2014).

Il 30 ottobre 2008, una persona o un gruppo di persone con lo pseudonimo Satoshi Nakamoto, la cui identità nel mondo reale è rimasta sconosciuta, ha pubblicato un rapporto dal titolo "Bitcoin: A Peer to-Peer Electronic Cash System" (Nakamoto, 2009), su un forum di crittografia, nel quale ha pienamente spiegato i principi di Bitcoin e della tecnologia blockchain.

La sua visione era quella di introdurre un sistema di cassa elettronica peer-to-peer che non si basasse su un'autorità centrale per emettere valuta o autorizzare transazioni.

Chiunque può aderire al sistema Bitcoin in qualsiasi momento ed effettuare trasferimenti attraverso indirizzi anonimi. Un indirizzo Bitcoin è un codice alfanumerico che viene utilizzato per inviare e ricevere Bitcoin, quindi in poche parole è il portafoglio dell'utente.

Le transazioni generate in un determinato periodo sono ordinate in un blocco e il blocco appena generato sarà collegato al retro del blocco precedente, formando così una blockchain. È proprio da qui che nasce il concetto di blockchain.



La blockchain nel sistema Bitcoin è anche chiamato registro, il quale salva tutti i record delle transazioni di Bitcoin dalla sua nascita ed è distribuito sui vari nodi della rete.

Gli utenti di Bitcoin possiedono chiavi che dimostrano i diritti di proprietà nella rete e firmano le transazioni con le loro chiavi per sbloccare e spendere il valore trasferendolo a un altro proprietario. Le chiavi sono tipicamente registrate in un portafoglio digitale sui terminali degli utenti.

Il Mining, nella rete Bitcoin, è il processo che consente di far entrare in circolazione nuovi Bitcoin ed è anche il modo in cui la rete conferma le nuove transazioni permettendo sia il mantenimento sia lo sviluppo del registro blockchain. Esso viene eseguito utilizzando un hardware sofisticato che risolve un problema di matematica computazionale estremamente complesso: il primo computer a trovare la soluzione al problema riceve il prossimo blocco di Bitcoin e il processo ricomincia.

La ricompensa Bitcoin che i minatori ricevono è un incentivo che motiva le persone ad assistere allo scopo primario del mining: legittimare e monitorare le transazioni Bitcoin, garantendo la loro validità.

Bitcoin è stato inizialmente progettato e rilasciato come un metodo di pagamento peer-to-peer. Tuttavia, i suoi casi d'uso sono in crescita a causa del suo crescente valore e della concorrenza di altre blockchain e criptovalute. Esso, ad oggi, è accettato come metodo di pagamento per beni e servizi da molti commercianti, rivenditori e negozi.

Un business online può facilmente accettare Bitcoin aggiungendo questa opzione di pagamento alle altre, quali carte di credito, PayPal, ecc.

Gli investitori e gli speculatori si sono interessati a Bitcoin per come è cresciuto in termini di popolarità: tra il 2009 e il 2017 infatti sono emersi scambi di criptovalute che hanno facilitato le vendite e gli acquisti di Bitcoin. Nonostante ciò, i prezzi hanno cominciato a salire, e la domanda è cresciuta lentamente fino al 2017, quando il suo prezzo è arrivato a 1.000 €. Molte persone credevano che i prezzi dei Bitcoin sarebbero continuati a salire e iniziarono ad acquistarli. I commercianti, dal canto loro, hanno iniziato ad effettuare gli scambi di criptovalute per effettuare operazioni a breve termine e così il mercato è decollato. La Fig. 11 mostra come il prezzo di Bitcoin sia salito.

Si è passati da una capitalizzazione di mercato di 0,04 miliardi di dollari nel primo quarto del 2012 a 237.62 miliardi di dollari nell'ultimo quarto del 2017 raggiungendo alla fine del 2021 i 3 mila miliardi di dollari.



*Fig.11 Andamento prezzo Bitcoin dall'inizio(<https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/>)*

All'inizio del 2022 il prezzo dei Bitcoin e di tutte le altre criptovalute è iniziato a scendere vertiginosamente, e nel mese di agosto il suo valore si aggirava intorno ai 20'000 €. Questo calo è dovuto all'incertezza dei mercati, derivante dalla guerra in Ucraina e dall'inflazione che provocano vendite diffuse su tutto l'azionario (particolarmente per il Nasdaq).

Dietro questa diffidenza verso il settore tecnologico ci sono le recenti scelte della Fed, la banca centrale americana, che ha modificato la propria politica monetaria stabilendo un progressivo aumento dei tassi d'interesse, al fine di combattere l'inflazione: tassi più alti implicano meno capitale circolante, con conseguenze anche sul Bitcoin e le altre crypto, la cui correlazione con il tech è sempre più forte.

### **1.15 Ethereum - Smart contract - Evm**

L'idea di Ethereum è stata pubblicata per la prima volta da Vitalik Buterin nel 2014, ponendo le basi per il suo lancio nel 2015 (Buterin, 2014). Inizialmente Ethereum sfruttava la tecnologia blockchain allo stesso modo del sistema Bitcoin, con Ether (ETH) che è la criptovaluta di riferimento.

Analogamente a Bitcoin, si basa su una rete decentralizzata peer-to-peer governata da una concorrenza computazionale per fornire una rete blockchain immutabile e resistente alla censura, dunque si comporta come un computer virtuale globale e decentralizzato, dove la blockchain viene utilizzata per sincronizzare e memorizzare i dati, le transazioni e i codici nel sistema.

A differenza del sistema Bitcoin, Ethereum può eseguire, memorizzare e lanciare codici programmabili sulla sua rete: questi programmi sono chiamati smart contract (contratti intelligenti) ed esprimono le condizioni di un accordo tra due o più parti utilizzando lo

stesso protocollo di consenso che protegge la blockchain; i contratti intelligenti sono programmi per computer che vengono memorizzati sulla blockchain ed eseguiti dalla rete peer-to-peer di Ethereum. Questo concetto è stato concepito per la prima volta da Szabo nel 1994 che ne fornisce la seguente definizione (Tapscott, 2016):

*Un contratto intelligente è un protocollo di transazione computerizzato che esegue i termini di un contratto. Gli obiettivi generali sono di soddisfare le condizioni contrattuali (come i termini di pagamento, pegni, riservatezza), ridurre al minimo eccezioni che possono essere dannose e accidentali, e ridurre al minimo la necessità di fiducia/presenza di intermediari. I traguardi economici di questa tecnologia includono la riduzione delle perdite per via di truffe, arbitrati spese di esecuzione e altri costi transazionali.*

Essenzialmente, gli smart contract stanno consentendo a parti sconosciute di condurre scambi equi e applicare automaticamente i termini contrattuali di un accordo senza necessità di una terza parte.

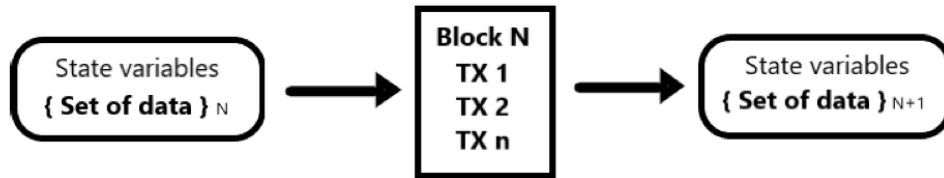
In termini semplificati, come descritto da Nick Szabo, possono essere paragonati a un distributore automatico, in quanto con gli input giusti un certo output è garantito, e proprio come un distributore automatico può rimuovere la necessità di un dipendente-fornitore, i contratti intelligenti possono sostituire terze parti in molti settori diversi: chiunque può creare un contratto intelligente e implementarlo sulla blockchain, e chiunque può interagire con il contratto se viene versata una certa tassa alla rete (Ethereum Foundation<sup>2</sup>).

La maggior parte dei progetti NFT (Non-fungible token, che vengono approfonditi nel capitolo 2) si affidano a soluzioni basate su smart contract per l'attuazione degli accordi di vendita, verifica della proprietà, trattamento trasferibilità.

I contratti intelligenti adottati in Ethereum vengono generati indipendentemente, separati l'uno dall'altro, nella Ethereum Virtual Machine (Evm). Si tratta di un ambiente di runtime sicuro e protetto nel quale i programmatori possono lavorare da remoto, che consente loro di caricare aggiornamenti progressivi sulla blockchain di Ethereum e che ha fatto sì che nascessero numerose applicazioni decentralizzate (dApp). L'Evm è un grande computer distribuito su tutta la rete, dove codici e dati di ogni singolo contratto, indicati rispettivamente come codici e variabili di stato, sono condivisi da tutti i nodi.

Si spiega con l'azione dell'Evm la più elementare differenza tra Bitcoin ed Ethereum: in Bitcoin le transazioni si basano sulle precedenti UTXO, ovvero transazioni ricevute e non ancora spese, il che significa partire da un estratto conto per effettuare un nuovo pagamento; mentre nel caso di Ethereum il sistema parte dal saldo dell'estratto conto.

Di conseguenza, come schematizzato nella Fig. 12, la validazione di un nuovo blocco Ethereum determina l'aggiornamento di tutte le variabili di stato e tra questi il saldo di tutti gli account.



*Fig. 12, L'Azione dell'Evm durante la validazione di un nuovo blocco*

L'ultima, ma non meno importante, delle differenze tra Ethereum e Bitcoin riguarda il contenuto delle transazioni. Mentre le transazioni in Bitcoin sono sempre trasferimenti di valuta da un conto all'altro, con il relativo valore in BTC, molte delle transazioni in Ethereum non hanno per oggetto trasferimenti di valuta perché la transazione è regolata da uno smart contract che non prevede trasferimenti di ETH oppure, in alternativa, i pagamenti in ETH sono differiti, condizionati da variabili / eventi dipendenti dal tempo. In questo caso la transazione veicola dati e non criptovaluta.

In ogni caso per comunicare con la blockchain l'utente deve disporre di un'interfaccia denominata wallet, parola inglese che significa portafoglio, che pertanto si presta a più significati pur nell'ambito ristretto della tecnologia blockchain. Infatti, il wallet è un'applicazione che non contiene criptovalute e/o smart contract, dati che risiedono nella blockchain, bensì è un mezzo che consente di gestire il proprio account ed effettuare transazioni. Gli unici dati effettivamente contenuti nel wallet sono le chiavi di accesso alla blockchain; nel caso di Ethereum il wallet più consigliato e richiesto, è Metamask: è un'estensione di browser diffusi come Chrome e Firefox, liberamente scaricabile dal sito <https://metamask.io> (Andreas, 2018).

Le commissioni sulla blockchain Ethereum sono pagate in Ether, ma sono definite in un'unità specifica chiamata gas che misura l'impegno di tutto il sistema (Evm) nell'esecuzione della transazione (Andreas, 2018), le gas fee verranno approfondite nel Cap. 2 riguardante gli NFT.

Ethereum è la base per molte tecnologie, come ad esempio smart contract, applicazioni decentralizzate (dApp), Defi (finanza decentralizzata), Dao (Organizzazioni Autonome Decentralizzate) e NFT.

## **Defi (Decentralized Finance)**

La finanza decentralizzata (Defi) è una tecnologia finanziaria emergente basata su registri distribuiti sicuri, simili a quelli utilizzati dalle criptovalute.

Il termine Defi racchiude nel suo significato tutti i prodotti finanziari e i servizi accessibili tramite Ethereum.

Il sistema rimuove il controllo che le banche e le istituzioni hanno sul denaro, prodotti finanziari, e servizi finanziari: così facendo, servizi come prestiti, finanziamenti, token trading e raccolta fondi, che in precedenza erano inclini agli errori umani, con questa nuova tecnologia sono ora automatici e gestiti da un codice opensource che può essere ispezionato e verificato da chiunque (Ethereum Foundation1).

In qualsiasi luogo si disponga di una connessione internet, è possibile prestare e scambiare denaro utilizzando un software che registra e verifica le azioni finanziarie nei database finanziari distribuiti.

Alcune delle principali possibilità che la Defi offre ai consumatori sono:

- Eliminare le commissioni che le banche e altre società finanziarie addebitano agli utenti per l'utilizzo dei loro servizi.
- Utilizzo di un portafoglio digitale sicuro invece di tenere i soldi in una banca.
- Possibilità di trasferire denaro in pochi minuti o secondi (Schär, 2021).

Un database distribuito è accessibile in vari modi: raccoglie e aggrega i dati da tutti gli utenti e utilizza un meccanismo di consenso per verificare e rendere sicure le attività (Qin, 2021).

La finanza decentralizzata sfrutta la tecnologia blockchain utilizzata inizialmente dalle criptovalute.

Per capire appieno il suo funzionamento si può considerare il meccanismo di ottenimento di un prestito nel caso della finanza centralizzata: un utente per richiedere un prestito deve recarsi nella sua banca o da un altro prestatore, se il prestito venisse approvato bisognerebbe pagare delle tasse di servizio e di interesse per il servizio richiesto all'ente o dalla persona; con la Defi, invece, basta usare un'applicazione decentralizzata (dApp) nel quale è possibile inserire le motivazioni di prestito, un algoritmo le abbina con un altro utente che ha i requisiti per soddisfare i bisogni richiesti, dopodiché bisognerà acconsentire ai termini proposti dal prestatore e si riceverà il prestito (Ethereum Foundation1). Tale transazione viene registrata nella

blockchain e si riceverà il prestito dopo che il meccanismo di consenso lo ha verificato. Il creditore poi inizia a raccogliere i pagamenti a intervalli concordati.

Quando si effettua un pagamento tramite una dApp, si segue lo stesso processo della blockchain; poi, il denaro viene trasferito al creditore (Schär, 2021).

Defi è progettato per utilizzare le criptovalute per le transazioni, ma la tecnologia è ancora in via di sviluppo, quindi è difficile determinare con precisione come le criptovalute esistenti saranno impiegate.

Gran parte del concetto ruota intorno allo stablecoin, una criptovaluta sostenuta da un'entità o ancorata alla “moneta legale” (Wharton1, 2021).

La finanza decentralizzata è ancora agli inizi della sua evoluzione, infatti non è regolamentata, il che significa che il sistema è ancora pieno di contrattempi infrastrutturali e truffe (Wharton2, 2021); altre preoccupazioni riguardano la stabilità del sistema, i requisiti energetici, gli aggiornamenti del sistema, la sua manutenzione e i guasti hardware. Nonostante questi problemi, la Defi sembra proporre un sistema innovativo valido che possa essere preso seriamente in considerazione per il futuro.

## **Dao (Decentralized autonomous organization)**

Un'organizzazione autonoma decentralizzata (Dao) è una forma emergente di struttura giuridica. Senza un organo di governo centrale, ogni membro all'interno di una Dao in genere condivide un obiettivo comune e tenta di agire nel migliore interesse dell'organizzazione.

Le Dao sono utilizzate per prendere decisioni in un approccio di gestione bottom-up. Ispirato dalla decentralizzazione delle criptovalute, un gruppo di sviluppatori ha avuto l'idea di tale organizzazione autonoma decentralizzata, o Dao, nel 2016 (Falkon, 2017). Il concetto alla base di una Dao è quello di promuovere la supervisione e la gestione di un'organizzazione simile a una società, tuttavia ciò che distingue una Dao dalle organizzazioni tradizionali è la mancanza di un'autorità centrale, in quanto sono i partecipanti ad agire come l'organo di governo (Ethereum Foundation3).

Le regole e i registri delle transazioni di una Dao vengono archiviati in modo trasparente sulla blockchain. Solitamente, il modo in cui le decisioni vengono prese all'interno di una Dao è attraverso delle proposte: se una proposta viene votata dalla maggioranza delle parti interessate (o soddisfa qualche altro set di regole indicato nelle regole di consenso del network), allora viene implementata.

Il potere di voto è spesso distribuito tra gli utenti in base al numero di token che detengono: per esempio, un utente che possiede 100 token della Dao avrà il doppio del potere di voto di un utente che ne possiede 50. La teoria alla base di questa pratica è che gli utenti che investono di più nella Dao sono incentivati ad agire in buona fede.

Ci sono diverse ragioni per cui un'entità o un gruppo collettivo di individui potrebbe voler preferire la struttura Dao a quelle tradizionali e alcuni dei vantaggi di questa forma di gestione includono:

- **Decentralizzazione:** le decisioni che impattano sull'organizzazione sono prese da un gruppo di individui in contrapposizione a un'autorità centrale, che è spesso in inferiorità numerica notevole rispetto ai membri della rete/gruppo. Invece di affidarsi alle azioni di un individuo o di un piccolo gruppo di individui, una Dao può decentrare l'autorità agli utenti che partecipano alla rete.
- **Partecipazione:** gli individui all'interno di una rete/organizzazione possono sentirsi più autorizzati e connessi quando hanno diritto di parola e di voto diretto su tutte le questioni. Con una Dao si incoraggia i titolari di token (gli utenti) ad esprimere voti.
- **Pubblicità:** all'interno di un Dao i voti vengono espressi tramite blockchain e resi visibili, ciò incoraggia gli utenti ad agire nei modi che ritengono migliori, proprio perché il loro voto e le loro decisioni saranno resi pubblici. Questo incentiva azioni che andranno a beneficio della reputazione degli elettori e scoraggiano gli atti contro la comunità.
- **Comunità:** il concetto di una Dao incoraggia le persone provenienti da tutto il mondo a unirsi per costruire una visione unica: con solo una connessione internet, gli utenti possono interagire tra loro liberamente.

Non tutto è perfetto per quanto riguarda il Dao. Vi sono alcune limitazioni come:

- **Velocità:** se un'azienda pubblica è guidata da un CEO (amministratore delegato), può essere necessario un solo voto per decidere un'azione o un percorso specifico per l'azienda. Con una Dao, ogni utente ha la possibilità di votare. Ciò richiede tempi di voto molto più lunghi.
- **Educazione:** simile alla questione della velocità, una Dao ha la responsabilità di educare molte più persone per quanto riguarda le attività dell'organizzazione.

Un unico amministratore delegato è molto più facile da mantenere aggiornato sugli sviluppi aziendali, mentre in una Dao tutti gli utenti devono essere educati alla comprensione delle iniziative, incentivi, o l'accessibilità alle risorse.

- **Inefficienza:** riprendendo parzialmente i primi due punti, le Dao corrono il grave rischio di essere inefficienti. A causa del tempo necessario all'amministrazione per comunicare le iniziative, spiegare le strategie ai nuovi membri, è più facile per una Dao spendere molto più tempo a discutere il cambiamento che la sua attuazione.
- **Sicurezza:** un problema che riguarda tutte le piattaforme digitali per le risorse blockchain è la sicurezza. Una Dao richiede competenze tecniche significative per la sua implementazione; senza di esse, ci può essere invalidità su come i voti sono espressi o le decisioni vengono prese. La fiducia può essere spezzata e gli utenti lasciano l'organizzazione se non ci possono fare affidamento.

### **dApp (Decentralized application)**

Le applicazioni decentralizzate (dApp) sono applicazioni digitali o programmi che nascono e vengono eseguiti su una rete di computer blockchain o peer-to-peer (P2P) anziché su un singolo computer. Pertanto, le app (chiamate anche "dApp") non sono controllate da una singola autorità, esse sono spesso costruite sulla piattaforma Ethereum e possono essere sviluppate per una varietà di scopi, tra cui il gioco, la finanza, e i social media.

Un'applicazione web standard, come Uber o Twitter, viene eseguita su un sistema informatico di proprietà e gestito da un'organizzazione, che ha piena autorità sull'app e sul suo funzionamento.

Le app possono essere eseguite su una rete P2P o su una rete blockchain: ad esempio, BitTorrent, Tor e Popcorn Time sono applicazioni eseguite su computer che fanno parte di una rete P2P, in cui più partecipanti caricano e scaricano contenuti, o eseguono contemporaneamente entrambe le funzioni.

Nel contesto delle criptovalute, le dApp funzionano su una rete blockchain in un ambiente pubblico, open-source e decentralizzato e sono libere dal controllo e dalle interferenze di qualsiasi singola autorità: per esempio, uno sviluppatore può creare una dApp simile a Twitter in cui qualsiasi utente può pubblicare messaggi, ma una volta pubblicato, nessuno – compresi i creatori dell'app – può eliminare i messaggi.



Molti dei vantaggi di dApp sono incentrati sulla capacità del programma di salvaguardare la privacy degli utenti. Con le app decentralizzate, gli utenti non hanno bisogno di inviare le proprie informazioni personali per utilizzare le funzioni fornite dall'app, in quanto esse utilizzano contratti intelligenti per completare la transazione tra due parti anonime senza la necessità di affidarsi a un'autorità centrale.

Coloro che, ad esempio, credono nella libertà di parola senza discriminazioni sottolineano che le dApp possono essere utilizzate per creare delle piattaforme social alternative: una piattaforma di social media decentralizzata sarebbe resistente alla censura perché nessun singolo partecipante sulla blockchain può eliminare i messaggi o bloccare i messaggi che vengono pubblicati.

Ethereum è una piattaforma flessibile per la creazione di nuove dApp, poiché fornisce l'infrastruttura necessaria agli sviluppatori per concentrare i loro sforzi sulla ricerca di usi innovativi per le applicazioni digitali, ciò potrebbe consentire una rapida implementazione di dApp in una varietà di settori, tra cui banche e finanza, giochi, social media e shopping online.

L'uso delle dApp è ancora nelle prime fasi, è quindi sperimentale e soggetto a determinati problemi e incognite. Ci sono domande riguardo se le applicazioni saranno in grado di scalare in modo efficace, in particolare nel caso in cui un'app richiede calcoli significativi e sovraccarichi una rete, causandone la congestione.

La capacità di sviluppare un'interfaccia user-friendly è un'altra preoccupazione: la maggior parte degli utenti di app sviluppate da istituzioni tradizionali centralizzate hanno un'aspettativa di facilità d'uso che li incoraggia a utilizzare e interagire con l'app, convincere le persone a passare a dApp richiederà agli sviluppatori la creazione di un'esperienza per l'utente finale e il livello di prestazioni dovrà rivaleggiare con i programmi già popolari e consolidati. La sfida riguardante l'apporto di modifiche al codice è un'altra limitazione delle dApp: una volta implementata, una dApp avrà probabilmente bisogno di modifiche, allo scopo di migliorare o correggere bug o rischi per la sicurezza. Secondo Ethereum, può essere difficile per gli sviluppatori effettuare gli aggiornamenti necessari per dApp, perché i dati e il codice pubblicato nella blockchain sono difficili da modificare.

## **CONCLUSIONE**

Dopo questa disamina sulla tecnologia blockchain, nei prossimi capitoli si introdurranno due nuove innovazioni tecnologiche che in questi due anni hanno fatto parlare molto di sé e rappresentano due aree di enorme potenziale per le imprese, basando il loro funzionamento sulla blockchain, gli NFT e il Metaverso.

## CAPITOLO 2: NFT (Non-fungible token)

### 2.1 Cosa sono gli NFT

Prima di comprendere il concetto di NFT è utile definire il significato di token.

Un token è una rappresentazione digitale negoziabile della proprietà di un asset: con asset si intende una qualsiasi attività dotata di un valore che possa essere posseduta, controllata, scambiata sui mercati con l'obiettivo di ottenere un potenziale guadagno. In poche parole, è un insieme di informazioni digitali all'interno di una blockchain che conferiscono un diritto a un determinato soggetto. Inoltre un token può essere fungibile o non convertibile.

La tokenizzazione è la conversione di un'attività, fisica o virtuale, in una rappresentazione digitale (token), registrata su una blockchain che può essere acquistata e venduta; il trasferimento digitale della proprietà avviene attraverso il trasferimento del token senza alcuna necessità di scambio fisico.

Un NFT, ovvero un token non fungibile, è una risorsa digitale che collega la proprietà a oggetti fisici o digitali unici (ad esempio arte, musica o video ecc.) e ad una licenza per utilizzare le risorse per uno scopo specifico. È dunque un'unità di dati unica e non intercambiabile che viene archiviata su una blockchain che fornisce all'NFT una prova di proprietà verificata e pubblica.

Un token non fungibile fornisce un certificato di autenticità che ne garantisce l'unicità e l'immutabilità, oltre ad assicurarne la proprietà.

Per comprendere a fondo gli NFT, è necessario acquisire familiarità con il concetto di fungibilità. Pertanto, si distinguono:

- Beni fungibili: sono oggetti che possono essere scambiati perché identici e le loro caratteristiche sono molto simili o coincidenti tra loro; sono generalmente definiti dal loro valore piuttosto che dalle loro proprietà uniche, ad esempio: il denaro sia in forma fisica sia in forma digitale è fungibile poiché una banconota da 5 € può essere sostituita con un'altra banconota o con un insieme di monete del valore totale di 5 €. Lo stesso discorso vale per i Bitcoin.
- Beni non fungibili: sono oggetti non intercambiabili. Nel caso degli NFT ogni token ha caratteristiche uniche e ognuno di essi ha un valore diverso, un esempio

potrebbe essere il documento di un atto di proprietà.

Gli NFT possono essere considerati oggetti da collezione moderni e rappresentano una prova digitale di proprietà di articoli acquistati e venduti online e registrati in modo sicuro su blockchain che ne rendono difficile la copia o la contraffazione.

Un NFT ha le seguenti proprietà:

- Ogni NFT è univoco, cioè diverso dagli altri, il che significa che l’NFT non può essere sostituito.
- Ogni NFT può essere scaricato, copiato e condiviso essendo una risorsa digitale, ma l’NFT originale e la “prova di proprietà” risiedono sulla blockchain.
- Dagli storici (record) archiviati sulla blockchain, chiunque può verificare l’NFT che autentica il proprietario originale e il creatore. (verificabilità)
- Conio, vendita e acquisto degli NFT sono accessibili al pubblico. L’esecuzione è trasparente.

## **2.2 Nascita e caratteristiche**

Ci sono molte blockchain che supportano gli NFT, ma la piattaforma più utilizzata è Ethereum dove la maggior parte degli NFT viene creata e archiviata e dove chiunque può rivedere gli NFT, verificarne e rintracciarne facilmente la proprietà.

Moltissimi tipi di beni digitali possono essere tokenizzati, ad esempio: opere d'arte, oggetti acquistabili nei videogiochi e persino video trasmessi in diretta; e, poiché tali beni rimangono separati nella blockchain, la dimensione del file non ha importanza.

Gli NFT che vengono creati su blockchain di Ethereum sono diversi tra loro, ad esempio: l’ERC-20 che è il token standard per eccellenza ha come sua caratteristica principale la fungibilità, in poche parole quindi un ERC-20 token è divisibile in frazioni equivalenti e quindi può essere scambiato e diffuso facilmente (<https://academy.youngplatform.com/blockchain/cosa-sono-token-ethereum-standard-erc20/>).

Gli NFT assegnano la proprietà di qualsiasi dato digitale tracciabile dalla blockchain di Ethereum come un registro digitale e gli NFT possono rappresentare sia le arti digitali (musica, video, gif ecc.) sia oggetti fisici (biglietti, fatture tokenizzate, firme ecc.).

Ogni NFT può avere un solo proprietario e generalmente questo aspetto viene gestito attraverso un ID univoco e dei metadati, ovvero dei dati che descrivono altri dati riferiti ai documenti digitali come, ad esempio, il suo attuale responsabile, dove si trova e alcune caratteristiche come il peso, le dimensioni o le certificazioni, caratteristiche che nessun altro token può replicare.

Il conio degli NFT può essere effettuato tramite gli smart contract e, quando qualcuno conia un NFT, esegue un codice che viene archiviato in questi contratti il che è conforme a diversi standard come ERC-721 e quindi queste informazioni vengono aggiornate sulla blockchain.

Generalmente, possedendo un NFT:

- Quando un utente acquista l’NFT la proprietà del token viene trasferita al suo portafoglio tramite l'indirizzo pubblico. L' NFT è collegato a una chiave privata che funge da ID o credenziale univoca.

Il token dimostra l'originalità del file digitale e la loro chiave privata è la prova di proprietà, ciò significa che le chiavi private dietro quello specifico indirizzo controllano l’NFT.

- Nessuno è in grado di manipolarlo in alcun modo.
- Gli utenti possono venderlo e, in alcuni casi, anche guadagnare sfruttando le royalties di utilizzo.
- Gli utenti in alternativa possono tenerlo per tutto il tempo che vogliono sapendo che l'asset è protetto da un portafoglio su Ethereum.

## **2.3 Tipi di NFT**

Dopo il grande successo degli NFT (approfondito nei prossimi paragrafi), abbiamo osservato che ne esistono diversi tipi vendibili e acquistabili su piattaforme diverse. Pertanto, è possibile classificare le varie forme e i vari tipi di NFT a seconda della natura del loro utilizzo.

1- **Oggetti da collezione:** è il primo tipo di NFT lanciato nel mercato. Sono perfettamente abbinabili al concetto di NFT in quanto che si tratti di un biglietto per vedere Hendrix a Woodstock nel 69', delle carte di Pokemon, o di un gattino dall'aspetto divertente, il loro valore deriva dalla loro natura di essere unici e irripetibili e immutabili in forma digitale.

Curio Cards sono stati i primi importanti oggetti da collezione NFT che sono stati creati, dopo i quali sono emersi altri oggetti da collezione diversi come Bored Ape Yacht Club (Fig.13), Cryptopunks, Cat Colony, Meebits, ecc.

Un esempio abbastanza comune sono le carte da baseball in edizione limitata che vengono vendute per migliaia di dollari: gli NFT hanno lo stesso principio di funzionamento nel caso degli oggetti da collezione. Le persone possono acquistare e scambiare versioni virtuali di carte da gioco sul mercato vendendole anche per oltre un milione dollari. Allo stato attuale, secondo Market Decipher, il mercato globale del collezionismo è valutato a oltre 400 miliardi di dollari, e si prevede che aumenterà a un tasso di crescita annuo composto del 7% tra il 2021 e il 2028, con proiezioni che raggiungeranno i 628 miliardi di dollari entro il 2031.



Fig.13 Bored Ape Yacht Club(<https://flyaps.com/blog/nfts-benefits-for-businesses/>)

2- **Opera d'arte:** un esempio di interazione tra tecnologia e arte si riferisce all'opera d'arte digitale scambiata sulla blockchain, che è anche la forma più popolare di NFT. La nascita di questi token non fungibili ha permesso agli artisti

di vendere le loro migliori opere online fornendo un certificato pubblico di autenticità e proprietà rilasciato dal registro digitale su cui sono memorizzate; prima i creatori di opere d'arte digitali si trovavano di fronte a problemi e limitazioni importanti, come ad esempio la possibilità per altri di replicare le loro opere d'arte con facilità, riducendone il loro valore e minando la loro unicità. Al momento, molte delle NFT più costose sono opere d'arte.

- 3- **Meme:** alcuni anni fa nessuno poteva immaginare che i meme potessero avere un valore finanziario, ma con l'avanzare dell'onda NFT, anche i meme sono diventati un bene digitale prezioso. Gli appassionati di social media partecipano a questo nuovo sistema con l'acquisto e la vendita di meme sotto forma di NFT. Alcuni dei meme più popolari come Nyan Cat (Fig.14), Bad Luck Brian, Disaster Girl (Fig.15) si aggirano a un valore compreso tra \$30.000 e \$770.000. La vendita più alta riferita a un meme NFT fino ad oggi è il meme Doge (Fig.16), che è stato venduto per un valore sbalorditivo di \$4 milioni. (<https://www.cnn.com/2021/09/01/fans-can-buy-a-fraction-of-original-doge-meme-nft-owned-by-pleasrdao.html>)



Fig.14 Meme Nyan (<https://www.ninjamarketing.it/2021/03/24/nft-non-fungible-token-strani-e-originali/>)



*Fig.15 Meme Disaster Girl(<https://www.axios.com/2021/04/29/disaster-girl-meme-nft-500000>)*



*Fig.16 Meme Doge(<https://www.nbcnews.com/pop-culture/pop-culture-news/iconic-doge-meme-nft-breaks-records-selling-roughly-4-million-n1270161>)*

- 4- **Biglietti per eventi:** attraverso questa tecnologia i gestori di eventi possono facilmente coniare NFT e vendere biglietti tramite blockchain. Questo tipo di metodo di emissione dei biglietti può essere utilizzato per biglietti di concerti, eventi musicali, partite di calcio e altre applicazioni in cui i partecipanti possono mostrare i propri biglietti digitalmente e dimostrare anche la propria identità.



I biglietti NFT possono anche essere venduti a un prezzo fisso. Ciò ridurrebbe significativamente i falsi e aggiungerebbe un senso di memorabilia perché questi biglietti possono anche essere conservati e rivenduti come oggetti da collezione.

- 5- **Musica:** la musica negli ultimi decenni è cambiata, i progressi tecnici hanno plasmato il modo in cui la musica viene prodotta, eseguita, conservata e consumata.

Oggi viviamo in un'epoca in cui la musica è diventata quasi interamente dominata da servizi di streaming come Spotify o Apple Music e diventa sempre più difficile per artisti e musicisti (soprattutto gli emergenti) generare entrate, a causa dei tagli della piattaforma di streaming e dei tagli alle etichette discografiche. Con l'avvento degli NFT alcuni artisti possono consentire ai loro fan di acquistare i loro NFT e in cambio ottengono la loro esperienza ravvicinata, come l'accesso a riunioni online, informazioni sulle prossime uscite, autografi ecc.

Un'altra applicazione dei token non fungibili può essere il pre-rilascio dei loro album sui mercati NFT prima di rilasciarli su piattaforme di streaming tradizionali. Gli acquirenti possono acquistare una parte dell'album, come a dire una quota in esso, e poi quando l'album viene rilasciato tramite canali tradizionali, i compratori possono avere una parte dei profitti dell'album.

All'inizio del 2021, i Kings of Leon sono diventati la prima band a pubblicare un album come NFT.

- 6- **Gioco:** l'applicazione degli NFT in questo campo non coinvolgerebbe la vendita di un gioco intero, ma piuttosto una piattaforma in cui i giocatori sono in grado di vendere e acquistare facilmente oggetti e contenuti di gioco, come skins, personaggi e altri oggetti. Gli sviluppatori di giochi realizzano grandi entrate coniando NFT che generano entrate per le vendite di oggetti di gioco in un mercato aperto. Infatti, la prima istanza degli NFT di gioco risale al 2017 con i CryptoKitties, una serie di oggetti da collezione in-game memorizzati su blockchain come NFT.

- 7- **Momenti sportivi:** sono brevi spezzoni di momenti significativi nella storia dello sport, come azioni/gol importanti o touchdown che cambiano la partita. Queste clip possono essere molto brevi, anche di pochi secondi, e possono

essere vendute anche per oltre \$200.000.

Uno degli esempi più salienti di questa applicazione è l'NBA Top Shot di Dapper Lab, un mercato NFT sviluppato in collaborazione con la National Basketball Association e focalizzato sulla realizzazione e vendita di clip con alcuni dei momenti più iconici del basket (Fig.17). Ogni clip NFT può essere acquistata, venduta e scambiata direttamente sul mercato di Top Shot.

A parte l'NBA, altri colossi sportivi come l'MBL e l'UFC stanno entrando nel mondo NFT: uno dei più famosi di 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 \$ ed è uno dei più costosi di questo tipo. (<https://eu.usatoday.com/story/sports/nba/lakers/2021/04/16/lebron-james-nba-top-shot-moment-auction/7251326002/>)



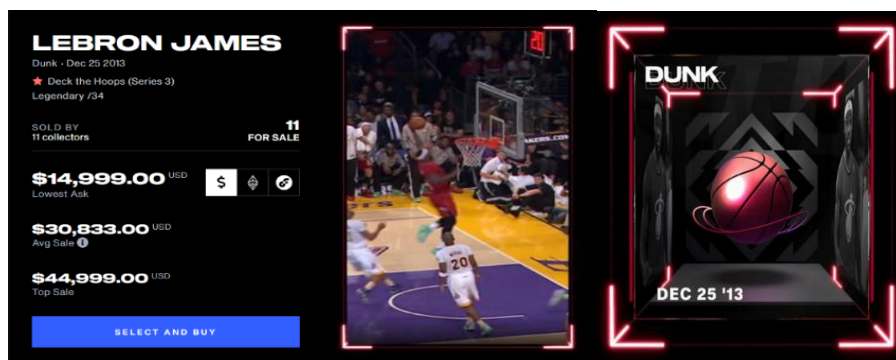


Fig.17 Rappresentazione di un NFT di Lebron James  
 (<https://nbatopshot.com/listings/p2p/56bc958c-2d67-4e6e-9fd0-3d578710b9e9+03bdfd48-22c0-4e2c-a785-0f3a8f4fa5c2>)

8- **Documenti di Identità:** grazie a una loro importante caratteristica, ovvero l'unicità, gli NFT sono ampiamente sperimentati per essere utilizzati a scopo identitario.

Non fungibile significa unico e non può essere sostituito con nient'altro. Pertanto, funziona come un passaporto, una carta d'identità e altri documenti identificativi e può essere utilizzato dal proprietario per la sua identificazione senza il timore di perdere i dati.

## 2.4 Valore di un NFT

Il valore di un NFT può oscillare tra zero e svariati milioni di dollari, dipende dal tipo di token (paragrafo precedente) che si trova sulla piattaforma blockchain e non ha nulla a che fare con il loro costo di produzione.

Il suo valore si riflette nei fenomeni della domanda e dell'offerta sul mercato.

Un'opera d'arte può essere presa come esempio per illustrare questo concetto: il prezzo di un'opera d'arte è speculativo ed è influenzato da due fattori principali, ovvero il sentimento pubblico e la disponibilità a pagare dell'acquirente, e queste due prospettive danno origine al prezzo speculativo di un NFT.

Ci sono diversi esempi che possono aiutare a comprendere questo concetto dove si analizza il prezzo di tweet famosi, scatti, storie, meme e opere d'arte. Un esempio sorprendente in questo senso è la vendita del primo tweet del CEO di Twitter, che affermava “*just setting up my twttr*”, pubblicato il 21 marzo 2006.

Ovviamente non c'è alcun parametro con cui poter impostare un prezzo per questo tipo di risorsa digitale che è stata poi messa in vendita il 6 marzo 2021, ma il CEO di Bridge Oracle – Sina Estavi – ha vinto l'asta spendendo 1630,58 Ethereum per un valore di

circa \$ 2,9 milioni al momento della vendita. ([https://www.hwupgrade.it/news/web/il-primo-tweet-della-storia-e-stato-venduto-a-2-9-milioni-di-dollari-come-nft\\_96426.html](https://www.hwupgrade.it/news/web/il-primo-tweet-della-storia-e-stato-venduto-a-2-9-milioni-di-dollari-come-nft_96426.html)) L'esempio sopra riportato mostra che non è possibile definire il prezzo degli NFT con alcun parametro o criterio, poiché il valore di tale NFT è definito da quanto gli acquirenti sono disposti a spendere per il tipo di asset digitale, che può superare completamente le aspettative più sfrenate dei venditori tradizionali così come degli acquirenti. Oltre all'originalità del contenuto ci sono alcuni altri fattori che possono avere un impatto enorme sul valore di un NFT che include la firma del creatore del contenuto, il luogo di formazione del patrimonio, gli autografi ecc. Pertanto, il valore di un NFT non è predefinito e non è nemmeno associato agli asset fisici. I prezzi NFT sono fortemente influenzati dalla domanda e dall'offerta del mercato oltre che dalla sua unicità.

I fattori chiave da considerare quando si valuta il valore di un NFT si possono riassumere in:

- **Rarità:** generalmente ogni NFT ha qualcosa di unico e raro, e la domanda è proporzionale alla sua rarità.  
Alcuni esempi che possono delucidare il concetto di rarità in questo campo potrebbero riferirsi a NFT che rappresentano opere d'arte di artisti già affermati o che vengono coniate da persone famose. La rarità è tutto ciò che dà a un NFT un vantaggio sugli altri NFT in termini di mercato.
- **Utilità:** è un fattore molto importante da prendere in considerazione, in quanto l'utilità di un NFT deriva dalla sua applicazione reale, sia nel mondo fisico che in quello digitale. Ad esempio, gli NFT potrebbero essere utilizzati per la tokenizzazione di beni immobili, metalli preziosi e persino titoli, per rappresentare beni terreni o giochi virtuali e in molti altri modi. Molti progetti NFT si rivelano essere semplici opere d'arte, in altri casi sono degli oggetti da collezione che possono essere utilizzati – ad esempio – in alcuni giochi. Questo conferisce sin da subito un certo valore agli NFT che potrebbe crescere all'aumentare della comunità o della popolarità del progetto sottostante.
- **Tangibilità:** alcuni NFT sono legati a oggetti del mondo reale, il che conferisce valore in termini di tangibilità, e possono essere efficacemente utilizzati per

sottolineare i diritti di proprietà ed eliminare i casi di attività fraudolente. Il valore di fondo di un tale oggetto sarà determinato dalla sua praticità e della soddisfazione personale che dà agli utenti. Gli NFT che detengono un valore tangibile sono la soluzione perfetta per il trading a breve termine e a lungo termine. Alcuni NFT, come i biglietti, potrebbero avere date di scadenza, mentre altri, come quelli che vengono impiegati nel settore immobiliare, possono incrementare il loro valore nel tempo.

- **Interoperabilità:** si intende la possibilità di usare uno stesso token in più applicazioni. Un esempio potrebbe essere usare la stessa arma in giochi diversi, in questo caso c'è una maggiore possibilità che il token accumuli valore.
- **Precedenti proprietari:** l'identità dell'emittente e dei precedenti proprietari di un NFT incide sul suo valore. I token creati da persone eminenti o entità aziendali beneficiano di un elevato valore storico di proprietà. Si può migliorare la proposta di valore NFT lavorando in tandem con persone o imprese conosciute trovando degli accordi per l'emissione di NFT che, ovviamente, avranno un certo valore.

## 2.5 Piattaforme NFT

Esistono dei mercati online per scambiare, vendere, acquistare o persino creare (coniare) gli NFT. Una volta che il creatore e l'acquirente hanno concordato un determinato prezzo può avvenire lo scambio. Questi sono i principali mercati online in cui può aver luogo il trading degli NFT:

- **OpenSea.io:** è una piattaforma peer-to-peer tra le più conosciute al mondo. Nata nel 2017 ha raggiunto una valutazione di mercato pari a 13,3 miliardi con 1,8 milioni di utenti attivi e possiede il più grande mercato degli NFT (<https://www.billboard.it/business/nft-opensea-valutata-13-3-miliardi-dollari/2022/01/0581033/>). Per utilizzare questa piattaforma, l'artista che vende o il compratore devono solo aprire un account per proporre o trovare gli oggetti da collezione NFT.
- **Foundation:** è una piattaforma NFT specializzata e progettata per riunire creatori digitali e collezionisti appassionati di cultura, e arte in generale. Il suo

obiettivo principale è la digital art (arte digitale).

- **Rarible:** funziona in modo simile a OpenSea. È una piattaforma pubblica in cui acquirenti e venditori possono fare trading degli NFT. La particolarità di questa piattaforma è l'essere un marketplace NFT di proprietà della comunità, con dei “proprietari” che detengono il token RARI ERC-20. Rarible assegna il token RARI per premiare gli utenti attivi sulla piattaforma, che acquistano o vendono sul mercato NFT.
- **Nifty Gateway:** questa piattaforma è focalizzata sulle opere d'arte e attraverso essa le persone possono acquistare e vendere collezioni di arte digitale. È una piattaforma utilizzata da grandi marchi e amata dalle celebrità; infatti, vanta alcuni degli NFT più costosi venduti finora, denominati Nifties.  
Inoltre, la compravendita degli NFT può essere effettuata in valuta *fiat*. (La moneta fiat è una valuta nazionale non ancorata al prezzo di una materia prima come oro o argento; il valore di una moneta fiat è legato in larga parte alla fiducia nei confronti dell'autorità che la emette, di norma uno Stato o una banca centrale. (<https://www.ig.com/it-ch/glossario-trading/Definizione-di-moneta-fiat>))
- **SuperRare:** è un mercato digitale per lo scambio di opere d'arte in edizione singola. L'obiettivo principale di questa piattaforma è esporre e offrire opere d'arte digitali. Ciò che si vuole fare è offrire un catalogo di opere altamente curato e per questo motivo la piattaforma accetta solo dei creator di un certo livello.
- **Decentraland:** è un videogioco crittografico dove gli utenti vivono e compiono azioni impersonando un *avatar* che può comprare e vendere oggetti digitali, rappresentati attraverso NFT e supportati dalla blockchain Ethereum.  
Le transazioni su Decentraland sono effettuate in *MANA*, la criptovaluta della piattaforma.  
Con oltre 6 miliardi di dollari di capitalizzazione di mercato, la piattaforma è considerata l'esempio più vicino a ciò che è il Metaverso.
- **Bilance NFT:** è uno degli exchange di criptovalute più conosciuto al mondo

che ha iniziato agli inizi del 2021 a proporre anche del trading degli NFT a basse commissioni (1%).

- **Myth Market:** è composto da una serie di mercati online che supportano vari marchi di carte collezionabili digitali. Al momento i suoi mercati in primo piano sono GPK.Market (dove è possibile acquistare carte digitali Garbage Pail Kids), GoPepe.Market (per carte collezionabili GoPepe), Heroes.Market (per carte collezionabili blockchain Heroes), KOGS.Market (per KOGS carte collezionabili) e Shatner.Market (per i cimeli di William Shatner.) (<https://www.comprarebitcoin.com/nft/dove-comprare/>).

## 2.6 Vantaggi e svantaggi degli NFT

Gli NFT sono senza dubbio molto popolari in questo periodo storico, ma come gran parte delle nuove tecnologie hanno aspetti positivi e negativi da considerare. Di seguito alcuni pro e contro degli NFT.

Alcuni vantaggi possono essere:

- Gli NFT conferiscono la proprietà delle risorse digitali ai loro creatori. Quando qualcuno crea contenuti digitali, un NFT dà loro la possibilità di mostrare non solo l'autenticità della risorsa, ma offre anche l'opportunità di guadagnare dal proprio lavoro. Ad esempio, oggi i meme, elementi di una cultura e di un sistema di comportamento trasmesso da un individuo a un altro per imitazione, sono ampiamente diffusi e potrebbero essere una fonte di reddito per i creatori.
- Gli NFT sono unici e collezionabili, forniscono unicità all'arte e uno strato di legittimità ai contenuti collezionabili, in particolare sotto forma di risorse digitali, caratteristiche molto apprezzate da tante persone e soprattutto da collezionisti.
- Poiché gli NFT sono basati su blockchain, sono immutabili e non potranno mai essere modificati, sostituiti o cancellati. La qualità più preziosa degli NFT è la loro origine e la loro autenticità che può essere facilmente dimostrata.
- Il vantaggio più importante di un NFT è che include contratti intelligenti, come

già visto è un'altra caratteristica affascinante della blockchain. Un NFT con smart contract potrebbe dare ai suoi creatori una certa percentuale di profitto quando la NFT viene rivenduta.

Generalmente però le nuove tecnologie non hanno solo dei benefici. Alcuni svantaggi possono essere:

- Il mercato degli NFT è un mercato speculativo. Pertanto, si originano molte domande confuse come: qual è il valore associato a un NFT? È un investimento a lungo termine? O sono semplicemente una moda passeggera? In realtà, è molto difficile dirlo. Attualmente il loro valore dipende dall'emozione che riescono a trasmettere ai possibili acquirenti.
- Avere la proprietà di un NFT non significa necessariamente che si possa controllare il bene, si possiede l'autenticità dell'arte. Ed è per questo potrebbero esistere delle copie dell'NFT. L'arte può essere copiata e pubblicata proprio come GIF, meme e video pubblicati su vari siti Web e piattaforme social.
- La tecnologia alla base degli NFT è relativamente sicura, ma molte piattaforme nel quale avviene il trading non lo sono; quindi, c'è la possibilità che gli NFT possano essere rubati violando la rete informatica.

## **2.7 Storia delle vendite degli NFT**

Il 3 maggio 2014, Kevin McCay è stata la prima persona a creare un NFT, chiamato "Quantum" (Fig.18). In quel periodo gli NFT creati univano arte e tecnologia e aiutavano gli artisti a controllare e proteggere le loro creazioni stabilendo l'autenticità e la proprietà su una blockchain.

Nonostante questo, solo nel 2017, gli NFT hanno iniziato ad acquisire maggiore attenzione e interesse grazie a due progetti: CryptoPunks e CryptoKitties.

CryptoPunks (Fig.19) è un insieme di ritratti generato proceduralmente (cioè automatizzato da un programma per computer) e altamente pixelato che fonde l'arte con gli oggetti da collezione.

I ritratti di CryptoPunks sono stati inizialmente regalati. Successivamente le prime rivendite sono partite da 1\$ a 30\$ fino a raggiungere recentemente per singoli ritratti cifre superiori a 1 milione di dollari.



CryptoKitties(Fig.21) invece è un gioco basato sull'acquisto, la raccolta, l'allevamento, e la vendita di creature digitali uniche ispirate ai gatti.

Sia CryptoPunks sia CryptoKitties utilizzano la blockchain Ethereum per archiviare digitalmente, preservare, e autenticare la proprietà.

Entrambe hanno aiutato lanciare il movimento di arte digitale e hanno fornito un modello di monetizzazione per il contenuto digitale utilizzando gli NFT.

Un ulteriore esempio di alto profilo che dimostra come NFT possono aiutare gli artisti a monetizzare con il loro lavoro è Everyday: The First 5000 Days (Fig.20), un'opera d'arte digitale. Il pezzo è un mosaico virtuale composto da cinquemila immagini dell'artista Beeple, pseudonimo di Mike Winkelmann, che l'ha venduto all'asta per più di \$69 milioni di euro (Crow and Ostroff, 2021).

A dicembre 2017, con il successo di CryptoKitties, le persone hanno iniziato a interessarsi a questa nuova tecnologia emergente, ma la produzione complessiva era ancora abbastanza bassa. La rapida crescita della commercializzazione degli NFT è iniziata durante il periodo del Covid, ovvero durante il 2020 con un valore di \$ 250 milioni in quell'anno.

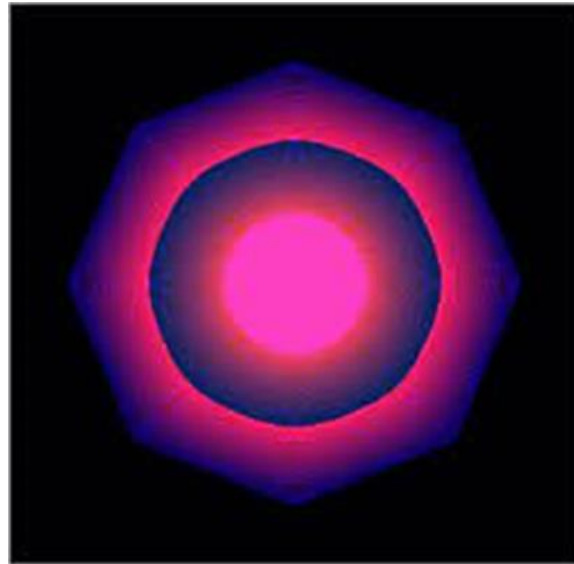
Successivamente nel 2021 si è verificata un'impennata negli acquisti di NFT, dovuto a un insieme di fattori come l'importante crescita del mercato delle criptovalute (ad esempio, Bitcoin, Ethereum, Dogecoin), l'elevata volatilità del mercato e il modo in cui gli investitori hanno cercato attività speculative su cui capitalizzare.

Nel terzo trimestre del 2021 le vendite sono aumentate fino a 10,7 miliardi di dollari su molteplici piattaforme di NFT. Ma secondo la fonte più autentica sui token non fungibili ([https://www.repubblica.it/tecnologia/2022/05/04/news/mercato\\_nft\\_2022-348144114/](https://www.repubblica.it/tecnologia/2022/05/04/news/mercato_nft_2022-348144114/)), l'andamento delle vendite degli NFT tra giugno e agosto 2021 riguarda soprattutto la piattaforma blockchain di Ethereum.

Più della metà degli NFT è stata venduta in quel periodo all'interno della fascia di prezzo compresa tra 100 \$ e 1000 \$, che costituisce la percentuale maggiore degli NFT venduti; mentre solo lo 0,01% degli NFT è stato venduto nella fascia di prezzo di 500.001 \$ - 1.000.000 \$.

È stata inserita anche la sfera dello sport con Dapper Labs, sviluppatore di CryptoKitties, che ha lanciato NBA Top Shot, con l'aumento della popolarità nel 2021, fornendo degli NFT che presentavano alcuni highlights delle partite di basket.

Dal loro sviluppo iniziale, ai media e l'attenzione del pubblico esplosa durante il 2021, l'evoluzione delle NFT ha fornito un nuovo modo per monetizzare con dei contenuti digitali.



*Fig.18 Rappresentazione primo NFT, Quantum ([https://mobile.twitter.com/nfb\\_art](https://mobile.twitter.com/nfb_art))*



*Fig.19 Insieme di ritatti, CryptoPunks (<https://www.tecnoandroid.it/2022/02/17/nft-cryptopunk-1032532>)*

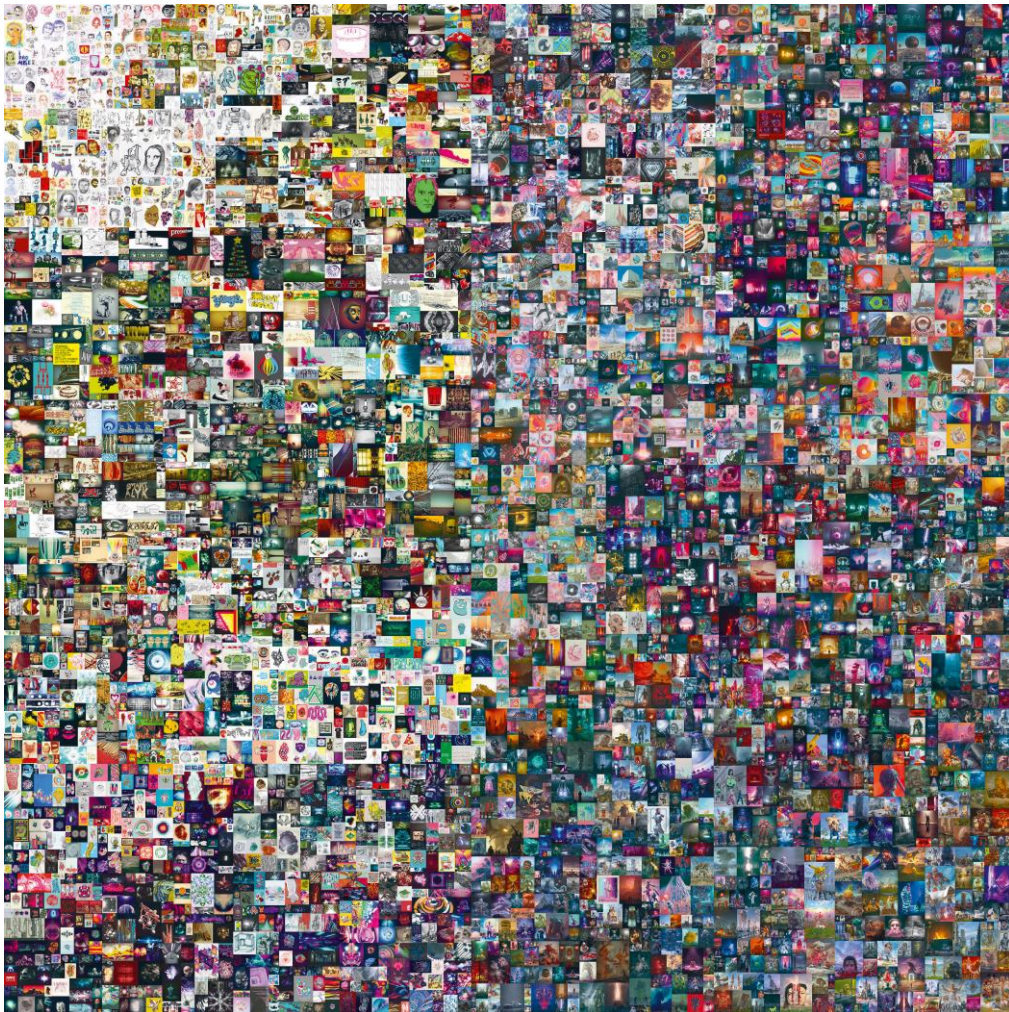


Fig.20 Everyday: The First 5000 Days (<https://fotopro.world/business/blockchain-nfts-co-digital-e-unikate/>)

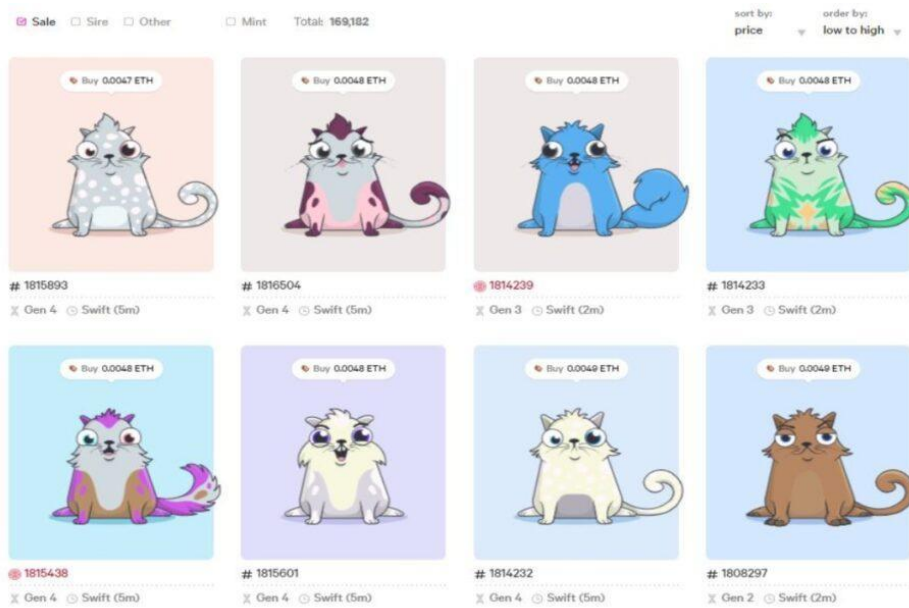


Fig.21 I CryptoKitties (<https://www.cryptokitties.co/>)

Tuttavia, nei primi mesi del 2022, secondo un report di NonFungible, le vendite di NFT sono calate rispetto all'anno precedente.

Tra le cause principali si possono riportare: l'inflazione che frena tutti gli investimenti che promettono ritorni nel lungo periodo, le incognite della guerra in Ucraina, che frena gli entusiasmi sugli investimenti più speculativi; la stretta della politica monetaria da parte delle banche centrali che chiude i rubinetti che finora hanno inondato i mercati di denaro.

Lo stesso calo delle due principali criptovalute, Bitcoin ed Ethereum, ha avuto ripercussioni su tutto il mondo del Web 3.0, della Defi e persino del Metaverso.

In una situazione così complessa anche il mercato di NFT si è contratto: nel secondo semestre del 2021 il numero di transazioni giornaliere era di 225.000 NFT, mentre a giugno 2022 questo numero è sceso a circa 19.000, con un valore stimato di 13,8 milioni di dollari, peggior performance dell'anno.

## **2.8 Il successo degli NFT**

Negli ultimi 2/3 anni gli NFT hanno ricevuto un'enorme attenzione, probabilmente a causa del grande aumento del prezzo delle criptovalute. Pertanto, gli NFT hanno iniziato a riscuotere notevole interesse e ad essere studiati, esplorati e scambiati.

Al termine token "non fungibile", come già detto, è associato un attributo, una posizione o un'identità univoci ed è per questo che si differenzia dalle criptovalute.

La domanda di NFT è aumentata nel corso degli ultimi anni a causa della sua vasta gamma di applicazioni in molteplici aspetti: dall'arte, alla musica e ai meme fino al settore dei giochi. Tuttavia, questi sono solo alcuni settori applicativi, in quanto ci sono molteplici usi e molteplici prospettive per questa tecnologia: c'è un particolare segmento di persone che preferisce utilizzare questi token e investire in essi, in quanto gli NFT hanno anche cambiato il metodo convenzionale di fare affari.

Gli innovatori vedono gli NFT come il futuro della proprietà, in ogni sua tipologia: dalla valuta, alla biglietteria per eventi, le stesse figurine collezionabili avranno lo stato della loro proprietà tokenizzato attraverso i token non fungibili.

Gli NFT possono consentire ad esempio di avvicinare e collegare direttamente un artista all'utente finale aiutandolo ad accrescere i propri utili. I fan, in questo modo, possono godere dei vantaggi della partecipazione ai concerti, delle videochiamate e di altri

vantaggi comunicativi offerti dagli influencer in modo semplice e intuitivo acquistando NFT.

Gli NFT hanno riscosso notevole successo negli ultimi quattro anni e specialmente con l'inizio della pandemia di Covid-19. Il mondo artistico è stato quello più interessato da questo fenomeno, essendo un settore molto conservativo; le quarantene e la situazione di stallo generale hanno favorito un'enorme crescita per svegliarlo e competere con il mondo dell'arte digitale. Molti artisti, infatti, si sono interessati a questa nuova tecnologia soprattutto per i prezzi con cui vengono venduti.

Per operare con questi token è necessaria una piattaforma che si basa sulle tecnologie blockchain in cui è impossibile replicare un altro NFT, e in cui gli obiettivi principali dietro la loro reazione sono l'unicità e una proprietà del singolo token non fungibile.

Le società che consentono questo tipo di transazioni e le piattaforme che aiutano nella generazione degli NFT, addebitano agli artisti un importo di commissioni prima e dopo la vendita.

## **2.9 Il Minting**

Il metodo di creazione di token non fungibili è indicato come Minting (Conio), ovvero il processo mostrato in figura (Fig.22) e spiegato di seguito:

- Fase 1.a: **Selezione della piattaforma**

Per prima cosa, è importante selezionare la piattaforma che si desidera utilizzare per generare gli NFT. Ci sono molte possibilità per produrre e vendere NFT, alcune delle piattaforme più popolari sono OpenSea, SuperRare, Nifty Gateway, Binance, BakerySwap ecc.

Mentre per il pagamento le piattaforme maggiormente utilizzate sono MetaMask, Coinbase, Rainbow ecc.

- Fase 1.b: **Apertura del portafoglio elettronico (crypto-wallet)**

Il passo successivo è creare un portafoglio digitale in cui avvengono tutte le transazioni. Una volta scelto il portafoglio digitale, la valuta digitale (Criptovaluta) verrà aggiunta a quel portafoglio specifico. Successivamente, il esso dovrà essere collegato alla piattaforma NFT scelta. È importante selezionare la piattaforma che si desidera utilizzare per il generare degli NFT.

- **Fase 2: Caricare il file digitale**

Dopodiché si caricherà un file digitale sul marketplace e verrà assegnato un nome alla NFT. In questa fase, l'utente dovrà anche impostare un tasso di royalty fee per indicare l'importo delle royalties che saranno pagate quando l'NFT verrà venduto sul mercato secondario. Normalmente, il prezzo di vendita secondario varia dal 5% al 10% per il pagamento delle royalty standard. Dopo il processo di caricamento, verrà generato l'NFT che potrà avere molti formati come GIF, MP3, PNG ecc.

- **Fase 3: Finanziare il portafoglio elettronico**

Il portafoglio crypto dovrà essere finanziato quando un utente effettuerà una vendita NFT. Tuttavia, per completare una vendita, un utente dovrà acquistare un po' etere o Ethereum crypto e depositarli nel portafoglio. Alcuni mercati consentono il trasferimento diretto di crypto dal portafoglio all'account di mercato NFT. Le transazioni incorreranno in alcuni oneri noti come "gas fee" che dovranno essere soddisfatti.

- **Fase 4: Vendita NFT**

Non appena l'NFT viene coniato, può essere venduto sul mercato operando tramite vari metodi d'asta come, ad esempio, il prezzo fisso o con un'asta a tempo. Il mercato rivelerà le gas fee (che verranno approfondite nel prossimo paragrafo) applicabili a una rete di criptovalute e le relative tariffe di servizio. I partecipanti possono coniare nuovi NFT e costruire una collezione delle loro opere d'arte. Possono anche scambiare NFT creati in un mercato in un altro mercato a pagamento.



*Fig.22 Si rappresenta il processo di Minting.*

## 2.10 Gas fee

Le gas fee sono delle commissioni che gli utenti devono sostenere per compensare sia lo sforzo dei *miners* sia il consumo di energia richiesto per elaborare le transazioni che avvengono sulla tecnologia blockchain.

È simile alla commissione di servizio addebitata dalle carte di credito/debito per procedere a qualsiasi transazione online.

Gwei è l'unità di misura delle gas fee utilizzata dalla piattaforma blockchain di Ethereum.

Per spiegare i fenomeni della tassa sul gas, si può prendere come esempio un'auto: per guidare un'auto, l'autista ha bisogno di carburante e, allo stesso modo, per la transazione di Ethereum, è necessario il gas; se una persona vuole raggiungere un amico, deve prendere la macchina e metterci la benzina necessaria per raggiungere la destinazione, se il traffico è scarso ci vorrà meno carburante per raggiungere la destinazione target, tuttavia se prova a raggiungere la stessa destinazione nelle ore di punta, l'auto consumerà più carburante a causa del traffico intenso, ma la distanza rimarrà la stessa in entrambe le condizioni. Allo stesso modo, ogni transazione sulla rete Ethereum necessita di una commissione per eseguire operazioni che risulterà influenzata dalla congestione della rete in quel momento: pertanto, maggiore è il traffico sulla piattaforma, maggiore sarà la tariffa del gas per la transazione, e viceversa.

È grazie alle Gas Fee che si mantengono la sicurezza e il rispetto delle transazioni, che risultano essere l'incentivo per i miners affinché validino le transazioni e facciano funzionare con regolarità la blockchain Ethereum. Infatti per validare ogni transazione è necessario il lavoro dei "miners", minatori di criptovalute, che impiegano computer molto potenti ed energia elettrica per realizzare e risolvere calcoli crittografici complessi.

Anche agli acquirenti viene spesso addebitata questa tassa mentre effettuano un ordine o ne annullano uno. Il gas fee viene addebitato infatti anche durante il trasferimento della NFT da persona a persona ed è, come già detto, anche in questo caso, influenzato dal traffico della piattaforma in quel momento.

Ogni blocco ha una commissione da pagare, cioè il prezzo minimo per unità di gas da pagare in questo blocco, calcolato dalla rete in base alla domanda richiesta per quel determinato blocco (base fee). Viene poi richiesta agli utenti una mancia che

compenserà i minatori per l'esecuzione e la propagazione delle transazioni degli utenti nei blocchi e dovrebbe essere impostata automaticamente dalla maggior parte dei wallet. Il calcolo della commissione di transazione totale funziona come segue:

*Gas units (limit) \* (Base fee + Tip)* (<https://nftmagazine.it/gas-fee-cosa-sono/>)

Il prezzo unitario del gas è espresso nel sottomultiplo dell'ether chiamato Gwei.

1Gwei =  $10^{-9}$  ether.

La maggior parte delle piattaforme richiede che il pagamento venga effettuato tramite Ethereum, la criptovaluta nativa della piattaforma blockchain open source ETH, dove gli Nft sono stati introdotti e lanciati per la prima volta.

È possibile controllare i prezzi del gas su Etherscan (<https://etherscan.io/>), un block explorer che consente di visualizzare i dati pubblici riguardo smart contract, transazioni, indirizzi sulla blockchain di Ethereum.

I prezzi del Gas fanno parte delle commissioni di transazione su Ethereum, mentre con Etherscan si può prevedere quanto è congestionata la rete e quanto si potrebbe pagare per effettuare un semplice trasferimento o per interagire con uno smart contract più complicato.

## **2.11 La rivoluzione degli NFT**

Con l'emergere degli NFT, c'è stato un enorme cambiamento nel modo in cui le attività possono essere svolte in molti settori differenti. Ad esempio, gli NFT stanno cambiando il modo di acquistare e vendere opere d'arte digitali, riduce la dipendenza degli artisti dagli agenti, interagendo direttamente con gli acquirenti. Infatti, un artista può creare direttamente delle opere artistiche sulla piattaforma blockchain pubblica e rivenderla sulla stessa piattaforma: alcuni degli NFT sono stati venduti chiudendo delle offerte che hanno raggiunto anche \$ 400.000.

Il futuro degli NFT sembra rivoluzionare anche il modo di viaggiare: un viaggiatore non ha più bisogno di portare con sé documenti cartacei per dimostrare la propria identità, in quanto gli NFT possono aiutare a creare un documento di identità digitale che può essere utilizzato per viaggiare all'interno del paese o anche all'estero, può salvare i dati riservati che devono essere verificati dalle autorità, dagli operatori sanitari o dai datori di lavoro, ecc.



I token non fungibili ad oggi sono una grande opportunità di investimento. Ogni giorno migliaia di persone traggono vantaggio dallo sviluppo e dal trading degli NFT e molte persone si guadagnano da vivere a tempo pieno acquistando e vendendo risorse digitali. Ci sono molti modi per ottenere un grande ritorno investendo denaro in NFT. Una delle strategie per fare soldi con gli NFT è acquistare degli asset a un prezzo basso per poi venderli a un prezzo più alto. Esaminare le opzioni di investimento a lungo termine è un altro approccio all'investimento. Le prospettive di investimento a lungo termine abbondano, poiché molti nuovi business e marchi vengono sviluppati sulla base degli NFT.

NFT sta anche cambiando l'acquisto e la vendita di biglietti: grazie all'affidabile processo transazionale, viene utilizzato per emettere biglietti anziché stamparne di cartacei, al fine di ridurre i costi. Inoltre, aiuta anche a ridurre il rischio di rivendita in quanto i token non fungibili non possono essere sostituiti.

La piattaforma NFT.Kred fornisce il servizio che permette di creare i token/ticket digitali per gli eventi.

Agli inizi del 2022, a Seattle, è stato aperto il primo museo dedicato all'arte digitale chiamato per l'appunto "Seattle NFT Museum", uno spazio per artisti, creatori, proprietari di IP e collezionisti per mostrare le proprie opere digitali in un ambiente fisico altamente contestuale.

Per i fondatori, è questa la chiave per un reale avvicinamento del pubblico a un'arte che, ad oggi, rappresenta uno sviluppo naturale dell'arte contemporanea: punto d'incontro tra tecnologia, economia e cultura.

Le opere esposte nelle sale vengono mostrate su display ad altissima risoluzione così da rendere l'esperienza della visita più immersiva possibile. Inoltre, accanto ad ogni opera è presente un QR code che consente l'accesso al pubblico a maggiori informazioni su piattaforme di visualizzazione online (Fig.24). (<https://www.artuu.it/a-seattle-un-nuovo-museo-dedicato-agli-nft/>)

Gli NFT ad oggi risultano ancora un sistema da esplorare, infatti i casi d'uso sono ancora piuttosto limitati.

Quelli che hanno notevoli livelli di adozione possono essere organizzati in tre categorie principali: arte e collezionismo, giochi e Metaverso, Defi.

È possibile quindi richiamare una teoria che permette di capire il modo in cui un'innovazione si diffonde all'interno della società: la teoria di Rogers. Essa si sofferma sulla velocità con cui differenti individui, all'interno di un sistema sociale, adottano

un'innovazione (si parla infatti di tasso di adozione); i differenti utilizzatori vengono così divisi in categorie (gli innovatori, gli early adopter, la maggioranza iniziale e tardiva e i ritardatari), illustrate nella nota curva di Rogers, adattata da Singlemann agli NFT e Bitcoin come in Fig.23.

Gli NFT sono ancora saldamente collocati all'interno della fase "Early Adopters", catturando per ora l'attenzione degli appassionati di tecnologia. Al contrario, le criptovalute, in particolare i Bitcoin, si sono spostate nella categoria "Early Majority" come evidenziato dalla sua inclusione in portafogli di investimento di numerosi e ben noti investitori individuali e istituzionali e società aventi grande capitalizzazione, aziende come StanleyDruckenmiller, Ark Investment Management, e Tesla (Singlemann, 2020).

Altri casi d'uso attuale e futuro verranno approfonditi nei prossimi paragrafi.

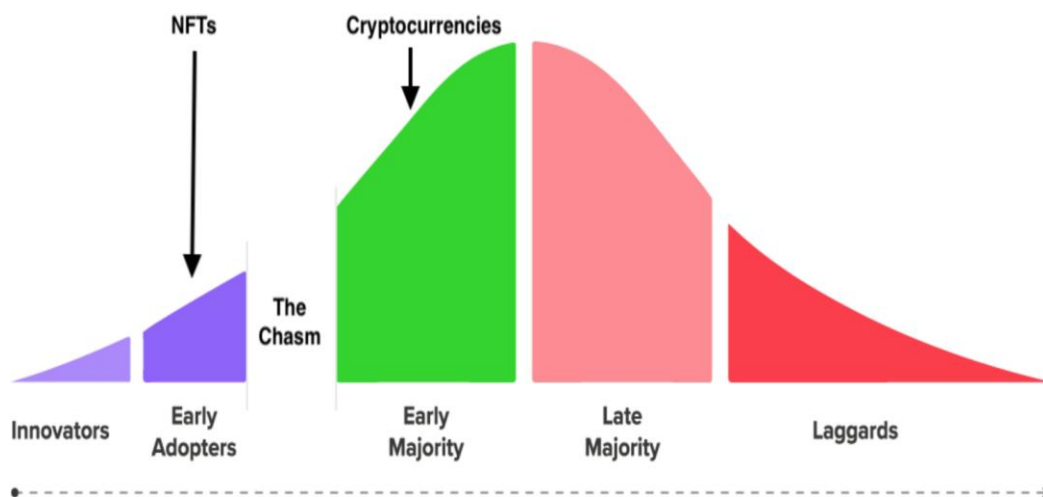


Fig. 23 Nft e criptovalute nella diffusione delle innovazioni. Adattato da Singlemann (<https://www.newbreedrevenue.com/blog/product-adoption-curve>)



*Fig.24 Alcune immagini interne del museo NFT a Seattle.  
(<https://www.fuorisalone.it/it/magazine/focus/article/792/seattle-nft-museum>)*

## **2.12 Applicazioni presenti e proposte d'uso per il futuro**

### **2.121 NFT nello sport**

Le organizzazioni sportive stanno già guardando oltre i collezionabili digitali come NBA Top Shot. Qualsiasi contesto in cui vi sia la necessità di tracciare e verificare in modo affidabile l'autenticità o la proprietà, in particolare di risorse digitali o digitalizzabili, risulta potenziale applicazione per gli NFT. Ciò include anche i prodotti sportivi fisici, come i biglietti, nonché la proprietà frazionata della squadra e modi innovativi per migliorare il coinvolgimento dei fan e riconoscere i sostenitori più affiatati.

Gli NFT offrono un certo valore aggiuntivo quando è presente un mercato secondario (cioè attività che beneficiano di transazioni aggiuntive oltre alla vendita iniziale) consentendo ai creatori di mantenere un interesse finanziario nelle loro creazioni. Ad esempio, gli NFT possono sfruttare contratti intelligenti progettati per restituire automaticamente una parte di ogni vendita al creatore originale, supportando la partecipazione all'intera vita economica dell'asset (Shah, 2021). Ciò migliora l'equità e ripristina l'equilibrio tra i singoli creatori e le organizzazioni, fornendo ai creatori un maggiore controllo sui loro contenuti.

I biglietti sottoforma di NFT risolvono molti dei problemi presenti in quelli tradizionali, tra cui: la verifica dell'autenticità, la facilitazione nella rivendita (ad esempio quando il titolare del biglietto non può partecipare a una partita), e consente ai mercati di valutare i biglietti in modo dinamico.

Un esempio in questo senso sono i Dallas Mavericks, nota squadra di pallacanestro dell'NBA che stanno valutando l'utilizzo degli NFT per vendere i biglietti delle partite casalinghe (Locke, 2021).

L'abbonamento trasferibile o le quote di proprietà in squadre o club sportivi sono altre potenziali applicazioni degli NFT nell'ambito sportivo. Il Club Necaxa, nella Liga MX messicana, ha annunciato l'intenzione di vendere una quota dell'1% nel club come NFT (Tarmy, 2021).

Sebbene questa vendita iniziale di NFT sia principalmente progettata per generare pubblicità e attirare l'attenzione di giovani esperti di tecnologia, il club sta anche valutando modi per accrescere il numero dei suoi "investitori di minoranza" offrendo nel futuro anche accessi premium per i fan che possiedono gli NFT.

Uno step intermedio tra l'appartenenza e la proprietà, sono i fan token che sono token fungibili che consentono ai fan l'accesso a un sistema per fornire input al processo decisionale del club (ad esempio, progettazione o selezione delle divise, onorificenze dei giocatori).

Chiliz (CHZ) è una criptovaluta ed un sistema dedicato ad unire il mondo dello sport con quello della tecnologia blockchain, offrendo una piattaforma per la creazione di fan token, NFT e servizi legati al mondo dello sport. La collaborazione ha raggiunto accordi con club di alto profilo tra cui l'F.C. Barcellona, Milan, Paris Saint-Germain FC e Juventus FC per lanciare fan token, generando milioni di dollari di entrate (Evans, 2021).

Le squadre possono anche distribuire gettoni alla loro comunità locale o gruppi di fan per riconoscere e premiare il supporto. Sebbene il processo decisionale abilitato dai fan token possa (attualmente) essere limitato a questioni relativamente banali, tali token rappresentano anche un approccio innovativo per aumentare il coinvolgimento e il supporto dei fan, obiettivi chiave per le organizzazioni sportive professionistiche (Yoshida, 2014).

Con gli atleti collegiali che stanno diventando sempre più popolari sulle piattaforme di social media come Instagram e TikTok, gli atleti possono vendere i loro contenuti digitali, indipendentemente dal loro college e università, ai loro follower sui social media. I contratti intelligenti aiutano ulteriormente gli atleti del college a beneficiare della secondaria transazione di mercato man mano che le loro basi di fan crescono in termini di dimensioni e valore. Ad esempio, la Pacific-12 Conference (Pac-12), una conferenza atletica collegiale americana, ha collaborato con le società tecnologiche Veritone e RECUR per creare NFT basati su momenti salienti selezionati dei momenti Pac-12 (Coffey, 2021). La vendita e la rivendita di questi NFT, alimentati da contratti intelligenti, è reciprocamente vantaggiosa per i dipartimenti di atletica leggera dell'università e gli atleti.

Infine, le organizzazioni sportive e gli atleti possono utilizzare gli NFT per promuovere la responsabilità sociale. Gli enti di beneficenza senza scopo di lucro possono accedere a nuove fonti di finanziamento attraverso la vendita di NFT. Ad esempio, in una recente partnership, Shaquille O'Neal e Notables hanno collaborato per vendere NFT con l'immagine di O'Neal. Con la sua edizione speciale NFT, O'Neal ha raccolto 2 milioni di dollari per la sua fondazione di beneficenza, che aiuta i giovani bisognosi negli Stati Uniti (Jones, 2021).

In aprile 2021, i Warriors (NBA) hanno fatto la storia diventando la prima squadra di sport professionistici degli Stati Uniti ad emettere la propria collezione NFT, che comprende versioni digitali in edizione limitata degli anelli del campionato e delle matrici dei biglietti. Nel mondo del calcio professionistico, nel luglio dello scorso anno, l'AS Roma ha annunciato una partnership esclusiva di 42 milioni di dollari e 3 anni con la blockchain fintech Zytara Labs. Secondo Coindesk, questa partnership rappresenta, fino ad oggi, probabilmente l'accordo di sponsorizzazione più notevole tra un club di calcio e una società di blockchain. Le Olimpiadi concluse nel 2021 hanno contribuito a far sì che la mania dell'NFT entrasse nel mondo olimpico con il lancio da parte del Comitato Olimpico Internazionale (CIO) di un marketplace NFT ufficiale, consentendo agli appassionati di collezionare cimeli olimpici in modo digitale. In ogni campo del mondo sportivo le NFT stanno sempre più prendendo piede.

## **2.122 NFT nella moda-fashion**

Il 2020 è stato un anno senza precedenti nella storia umana a causa della pandemia mondiale Covid-19. Le persone hanno cambiato i loro stili di vita e le loro abitudini, la pandemia ha avuto un notevole impatto anche nello shopping avvicinando le persone al mondo virtuale.

I dati raccolti da Google mostrano che le ricerche di prodotti NFT già erano aumentate in modo significativo alla fine del 2019. Questa tendenza è in linea con il continuo sviluppo delle criptovalute.

Per questo motivo, negli ultimi anni gli NFT hanno attirato l'interesse di molti marchi in quanto rappresentano la porta di accesso al Metaverso e vedono in questo mondo il futuro del settore. Questa idea è confermata anche da marchi come Balenciaga, Gucci, Louis Vuitton, che hanno sviluppato diversi prodotti NFT come videogiochi, sfilate di moda o abiti virtuali.

"Nel 2019, Moschino ha debuttato con una vera e propria collezione ispirata a The Sims, che è stata poi rilasciata come pezzi virtuali all'interno del gioco, e Gucci ha creato abiti da indossare ad un avatar del giocatore in Pokemon Go." (Parisi, 2021).

La pandemia ha causato notevoli problemi alle aziende e ai marchi di lusso con la chiusura dei negozi di abbigliamento e la riduzione delle entrate e della redditività, gli indicatori finanziari hanno mostrato infatti che "I ricavi consolidati dell'esercizio chiuso

al 31 dicembre 2020 sono pari a 44.651 milioni di euro, in calo del 17% rispetto all'esercizio precedente.

(<https://www.lvmh.com/investors/profile/financial-indicators/#group>).

Bottega Veneta è stata una dei marchi di abbigliamento a trasformarsi digitalmente attraverso la creazione di una propria rivista elettronica denominata "Issue Magazine" (Oh, 2021).

Gruppi di lusso, come Kering, hanno cercato attivamente di essere coinvolti nella digitalizzazione degli asset sotto forma degli NFT come esperimento per vedere il potenziale del mercato per quanto riguarda il suo gruppo di consumatori. Nella sua relazione finanziaria per il 2021, Kering Group ha menzionato una chiara allocazione delle risorse finanziarie per promuovere le operazioni digitali dei marchi e aumentare il budget per le comunicazioni, l'aggiornamento dei sistemi IT, lo sviluppo di piattaforme digitali come l'e-commerce (Kering, 2021).

Nell'agosto 2021, Louis Vuitton, per commemorare il compleanno del suo fondatore, ha lanciato un gioco che incorpora la moda NFT "Offre un totale di 30 NFT gratuiti, come 10 edizioni di tre disegni ciascuno, assegnati ai giocatori del suo nuovo gioco mobile "Louis the Game"(McDowell, 2021).

Alcuni dei principali vantaggi e benefici dell'applicazione NFT in questo settore sono:

- **Costruire una comunità che si riesca a rappresentare online.**

Una comunità forte è uno dei pilastri fondamentali di marchi di successo nell'e-commerce. Un rapporto di Future of Commerce ha rivelato che il 40% dei marchi sta cercando di creare più modi di interazione con i loro clienti dal 2022 e oltre.

Dietro ogni progetto NFT di successo, c'è una forte comunità in cui i clienti possono connettersi con il marchio e i sostenitori possono formare connessioni profonde e durature tra loro.

La proprietà degli oggetti da collezione digitali del marchio offre ai clienti un incentivo finanziario per portare più persone e diventare veri ambasciatori del marchio.

Ad esempio, il marchio streetwear Mishka NYC è entrato in questo mondo con una collezione di 6.696 NFT noti come The Keep Watch Crew (KWC), contrassegnati dal logo del marchio bulbo oculare. Secondo Mishka NYC, il

KWC è un biglietto per quello che chiama il MISHKAVERSE. Alcuni dei vantaggi includono sconti a vita e l'accesso a NFT esclusivi e modelli gratuiti.

- **Esperienze esclusive e personalizzate per la community**

I clienti sono attratti da ciò che possono offrire le esperienze personalizzate dei loro marchi preferiti. Secondo alcuni studi (*Epsilon, 2018*), l'80% dei consumatori sono più propensi a fare un acquisto quando i marchi offrono esperienze personalizzate. Creare una collezione NFT che offra ai membri vantaggi esclusivi può aiutare a rafforzare le connessioni con loro.

I token non fungibili consentono ai clienti di possedere una parte del marchio e mostrare la loro associazione alla marca come un distintivo d'onore sui canali social e contribuisce a creare un forte legame emotivo con il marchio stesso. Un ottimo esempio è il marchio streetwear The Hundreds, la cui collezione Adam Bomb Squad NFT offre ai clienti l'accesso a vantaggi esclusivi. Di recente anche marchi di lusso come Burberry e Gucci hanno adottato metodi simili fornendo ai clienti esperienze online eccezionali.

- **Programmi fedeltà unici su misura.**

Programmi fedeltà su misura utilizzando gli NFT possono fornire alle marche un vantaggio competitivo nel futuro del commercio. Con gli NFT, i marchi di moda possono offrire ai clienti gettoni per l'accesso anticipato a nuovi prodotti, sconti, l'ammissione a eventi esclusivi e comunità private, e molto altro ancora.

Dolce & Gabbana ha presentato la sua collezione NFT, Collezione Genesi, che ha un valore fisico, digitale ed esperienziale.

(<https://www.vogue.it/news/article/dolce-gabbana-asta-6-milioni-collezione-genesis-nft>). Oltre alla versione fisica di Dress from a Dream, su misura per chi lo indossa, a uno schizzo originale firmato e a una riproduzione digitale personalizzata del vestito, il titolare NFT riceve un accesso biennale agli eventi couture Dolce & Gabbana Alta Moda, Alta Sartoria e Alta Gioielleria in Italia. In questo modo, la NFT incoraggia l'acquirente a impegnarsi con il marchio per anni.

- **Vendere beni digitali.**

Se implementati correttamente, gli NFT possono sbloccare un nuovo flusso di entrate per i marchi di moda DTC (direct-to-consumer) che integra le loro



offerte fisiche con le risorse digitali. In questo contesto diventano una sorta di trampolino di lancio virtuale verso il Metaverso e il futuro delle interazioni con i clienti.

Nike ha fatto la sua prima mossa in NFT collaborando con la piattaforma di gioco online Roblox alla nascita del suo mondo virtuale Nikeland, dove i clienti possono scegliere tra una serie di giochi e possono anche utilizzare gli accelerometri nei dispositivi mobili per incorporare movimenti reali come salti lunghi e corse di velocità nel gioco. Per un'esperienza più coinvolgente, i clienti possono sfogliare lo showroom Nikeland per vestire i loro avatar, scegliendo diverse scarpe, abbigliamento e accessori che sono degli NFT.

- **Crea emozioni per il lancio di un nuovo prodotto.**

I marchi possono sfruttare gli NFT organizzando una prevendita limitata dei prodotti fisici e collegare ogni prodotto ad un unico NFT per offrire valore aggiunto e misurare l'interesse del cliente.

Ad esempio, il marchio di sneaker Flowers for Society ha reso disponibile il suo primo prodotto tramite il preordine, collegando ogni prodotto con un NFT.

Tutti coloro che hanno acquistato le sneaker hanno ottenuto l'accesso alla community dei Metaversi di Flowers for Society, sbloccando l'accesso esclusivo alle future versioni delle sneaker, alle edizioni limitate e alle collaborazioni.

Adidas fece anche il suo primo NFT drop, Into the Metaverse, con i pionieri della NFT GMoney, PUNKS Comic e Bored Ape Yacht Club. Il lancio di 30'000 NFT, al prezzo di 0.2 ETH ciascuno (\$800) vennero acquistati immediatamente, generando oltre \$23 milioni (6'000 ETH) di entrate, secondo Cryptobriefing (<https://cryptobriefing.com/adidas-metaverse-nft-collection-sells-out-in-minutes/>).

- **L'avvento del Metaverso.**

Secondo Gartner, entro il 2026 un quarto delle persone trascorrerà almeno un'ora al giorno nel Metaverso per lavoro, shopping, istruzione, sociale e intrattenimento. Detto questo, non è una sorpresa che i marchi di moda stiano cercando di capire come trarre profitto e visibilità anche in questo nuovo mondo. Il colosso della moda globale spagnolo Zara ha collaborato con l'etichetta sudcoreana Ader Error per lanciare il suo primo progetto NFT. I clienti che

acquistano uno qualsiasi degli articoli della AZ Collection avranno il loro avatar virtuale nel Metaverso, con gli stessi vestiti che hanno acquistato online (<https://www.nssmag.com/it/fashion/28219/zara-adererror-capsule>).

### **2.123 Heirloom: sistema per preservare i beni culturali**

In questo periodo storico molti beni del patrimonio culturale sono in pericolo di estinzione o rischiano notevoli danni dovuti a mancanza di pubblicità e problemi finanziari.

I progressi tecnologici possono svolgere un ruolo chiave nella loro conservazione e protezione.

Il sistema tecnologico proposto da un gruppo di studiosi (Ertürk et al., 2021) si chiama Heirloom: lo si utilizzerebbe per la raccolta fondi e per aiutare nella scoperta, nella promozione e nella manutenzione dei beni culturali utilizzando la blockchain e l'IPFS.

Heirloom è un sistema decentralizzato che sfrutta tecnologie come dApp, contratti intelligenti, blockchain, e le tecnologie di archiviazione dei file IPFS (InterPlanetary File System), in modo tale che grazie a questo sistema le fondazioni possano ricevere dei fondi per preservare beni culturali senza la presenza di un intermediario.

In questo sistema, infatti, i beni vengono trasformati in elementi digitali unici usando la tecnologia NFT.

I metadati degli NFT sono memorizzati nel file system distribuito IPFS.

I sostenitori effettuano delle donazioni per contribuire sia alla protezione sia alla manutenzione dei beni acquistando questi NFT, che permettono alle persone di connettersi con il loro passato e sentire un senso di appartenenza.

L'architettura del sistema di Heirloom si articola nella serie di passaggi di seguito elencati:

1. Le fondazioni iniziano ad effettuare il controllo di verifica e dettano degli accordi di protezione dei beni culturali
2. Gli asset vengono convertiti in NFT dalle fondazioni
3. Gli NFT generati vengono visualizzati sul mercato online
4. I sostenitori accedono al mercato attraverso delle applicazioni decentrate e possono donare per gli asset culturali
5. Il reddito ottenuto dopo l'operazione di acquisto viene trasferita alle fondazioni (vendita della protezione diritti). In questa fase, al sostenitore è chiesto di donare al sistema di Heirloom per la sostenibilità del sistema, difatti il sistema

senza scopo di lucro sopravviverà attraverso le donazioni.

6. I pagamenti regolari (mensili) sono effettuati agli host di attività o istituzioni responsabili secondo i termini stabiliti negli smart contract.

Per il funzionamento di Herirloom sono indispensabili gli smart contract le cui funzioni di base sono creazione, acquisto e visualizzazione degli NFT.

Nel sistema ci sono tre ruoli principali: ADMIN, MINTER, e USER.

Enti di beneficenza e fondazioni possono utilizzare la funzione di coniazione (MINTER) per creare l'asset NFT riferito al bene da proteggere.

Gli utenti con il ruolo ADMIN decidono secondo vari criteri chi può avere il ruolo di MINTER. Mentre gli USER sono generalmente coloro che acquistano gli NFT e sostengono la raccolta fondi.

## **2.124 Supply chain management**

Gli NFT nelle supply chain sono un concetto emergente e ad oggi ancora molte aziende non sfruttano il loro beneficio che porterebbe a semplificare la supply chain stessa. Nel mondo delle industrie oramai si ha la consapevolezza che le blockchain sono un problem-solver, ma gli NFT sono dei token insostituibili e hanno applicazioni ancora più significative.

Non solo gli NFT sposteranno la supply chain da inutili tracce cartacee a una piattaforma totalmente elettronica, ma ridurranno anche tutti i colli di bottiglia sperimentati nella pipeline (flusso di potenziali contratti, con clienti nuovi o già acquisiti, che l'azienda sta sviluppando/intrattenendo).

Ad esempio, gli NFT possono essere collegati a singoli prodotti o casse piuttosto che a intere spedizioni, consentendo agli operatori della supply chain di ottenere una visione a microlivello delle loro merci. Questo è particolarmente utile per le aziende che seguono il sempre più popolare modello di produzione just-in-time, che spesso richiede l'approvvigionamento di centinaia di parti da fonti diverse e di coordinare i loro movimenti in modo che arrivino allo stesso tempo. Infatti, con gli NFT, le aziende possono essere consapevoli di eventuali ritardi, e possono superare interruzioni impreviste della supply chain.

I vantaggi che l'NFT apporterebbe alla supply chain possono essere riassunti nel modo seguente:

- **Tracciabilità e autenticazione del prodotto**

Attualmente, la globalizzazione è profondamente radicata nel sistema interno di supply chain. Il viaggio di un prodotto inizia sei mesi o un anno prima della vendita effettiva presso il negozio al dettaglio/ mercato. L'outsourcing avviene in ogni servizio, tanto che i rivenditori o le aziende non sempre sono a conoscenza di chi acquista una parte specifica del prodotto.

Poiché gli NFT possono rappresentare oggetti reali, le catene di fornitura li possono utilizzare per tracciare una varietà di prodotti e materiali. Per tracciare gli oggetti del mondo fisico tramite NFT, il proprietario deve creare una rappresentazione digitale dell'oggetto fisico sulla blockchain in modo che le transazioni relative all'oggetto fisico possano essere archiviate e monitorate in modo sicuro.

Con la capacità di conoscere il movimento in tempo reale del prodotto grazie al suo sistema di tokenizzazione, un'azienda può facilmente scoprire il proprietario dell'asset tramite scansioni rapide e rapporti di esecuzione.

Questo sistema torna molto utile per i prodotti deperibili, dove è fondamentale conoscere i nodi di distribuzione per il calcolo della durata di conservazione e la finestra di tempo per la vendita dei prodotti deperibili. Gli NFT creano i metadati per ogni prodotto nel sistema ed i manager, ad esempio, possono individuare la posizione in tempo reale di qualsiasi prodotto in qualsiasi momento. Il sistema di tokenizzazione, inoltre, potrà dare una stima di come gli inventari sono gestiti nella catena di approvvigionamento. Le aziende possono avere dati di rifornimento in tempo reale, meno controlli di stock richiesti e meno stock-out. Gli NFT possono combattere pratiche scorrette che vengono effettuate in molti settori come nel caso dell'industria farmaceutica. Ad esempio, un rapporto di ABC News (Australia) afferma che a molte persone sono state somministrate innocue iniezioni di soluzione salina invece del vaccino Covid19. La tecnologia NFT può aiutare a sradicare la maggior parte delle pratiche scorrette effettuate in tutto il mondo, in quanto i clienti hanno visibilità dell'intero percorso della supply chain, il nome del produttore/ proprietario, i luoghi di stoccaggio e la redditività del prodotto. Infatti, finora l'applicazione più rilevante degli NFT nella supply chain è stata come nuovo strumento di autenticazione.

Colnago, storico Marchio del ciclo italiano è stato il primo costruttore a collegare i suoi prodotti fisici alla blockchain.

Tramite un tag RFID (Radio-Frequency IDentification, Identificazione a radiofrequenza) collegato indissolubilmente legato al telaio, è possibile accedere alle

informazioni nel passaporto digitale (sottoforma di NFT) della bicicletta mediante un app per smartphone collegata alla blockchain. (<https://www.logisticaneews.it/la-blockchain-per-garantire-i-prodotti-come-cambia-la-tracciabilita/>)

Arianeè è una piattaforma che aiuta i grandi marchi di lusso a tokenizzare tutte le forme di asset e a sfruttare le potenzialità degli NFT, rilasciando un passaporto digitale per i beni di lusso. Questi passaporti digitali sono token digitali, ovvero token non fungibili collegati a oggetti di lusso distintivi e ad oggetti fisici e sono in realtà la prova dell'autenticità e della proprietà degli articoli fisici associati che migliorano anche la rivendita di tali articoli. Inoltre, questa nuova idea aumenta anche la connessione dei clienti con il marchio.

Il marchio di orologi di lusso Breitling, ad esempio, ha introdotto un passaporto NFT (utilizzando la piattaforma Arianeè) per ciascuno dei suoi orologi, che consente ai clienti di ricevere una versione digitale dell'orologio assieme all'orologio fisico. I clienti possono quindi utilizzare il passaporto digitale per verificare l'autenticità del loro orologio Breitling, dimostrarne la proprietà e trasferirla al momento della rivendita (Girod, Stephane, 2020) Breitling ha anche legato il passaporto digitale al suo programma di garanzia, consentendo ai proprietari di tenere traccia delle riparazioni effettuate ai loro orologi (Breitling, 2021).

Altro esempio, i produttori di beni di lusso come Prada e Gucci hanno iniziato a collegare NFT ai loro prodotti. Ogni singolo articolo riceve il proprio NFT unico, e quando si vende, il cliente riceve sia il prodotto sia l’NFT. Ciò consente sia al cliente che al venditore di visualizzare il percorso del prodotto dalla produzione alla vendita, il che aiuta a combattere la contraffazione. Associando un NFT verificabile a ciascun prodotto, queste aziende stanno mitigando il rischio di perdere denaro a causa dei prodotti di imitazione perché i duplicati non possono essere registrati sulla stessa blockchain. Se il prodotto viene rivenduto, l’NFT viene rivenduto con esso, quindi l'autenticità del prodotto può essere verificata indipendentemente dal numero dei proprietari che si sono succeduti.

- **Condivisione dei dati, sicurezza e collaborazioni**

Gli NFT possono creare un rapporto molto più trasparente tra le aziende e i consumatori, creando così fiducia tra le parti, e incoraggiando le aziende a condividere un maggior numero di informazioni utili con i clienti. Oltretutto con questa nuova tecnologia il trasferimento di informazioni tra i vari attori della catena di

approvvigionamento è estremamente sicuro. I dati NFT vengono memorizzati nella rete blockchain sotto forma di contratto intelligente, impedendo la distruzione, l'eliminazione o la riproduzione delle informazioni immesse senza autorizzazione. Tutto viene registrato in ciascuno dei nodi che compongono la rete.

In genere (e non sorprende), le aziende esitano a condividere i propri dati, che spesso contengono informazioni finanziarie sui clienti e sensibili, con altre organizzazioni, ma la condivisione dei dati è essenziale per le parti interessate per ottenere una visione completa della supply chain.

Gli NFT possono risolvere questo problema: mentre i database di informazioni sono normalmente gestiti all'interno delle organizzazioni piuttosto che tra di loro, i diversi stakeholder della supply chain possono utilizzare gli NFT per predeterminare quali dati vengono condivisi ed eliminare il rischio di oversharing.

Altra cosa importante da considerare per il consumatore moderno al giorno d'oggi sono le certificazioni di prodotto, di conseguenza, fornire ai consumatori certificazioni affidabili come "biologico" e "commercio equo e solidale" può aumentare le vendite. Per raggiungere questo obiettivo, i certificatori di terze parti per gli standard di prodotto o i requisiti di sicurezza del lavoro potrebbero coniare un NFT con la certificazione appropriata sulla blockchain, che i membri della supply chain passerebbero a valle fino a raggiungere l'utente finale della catena di approvvigionamento che può infine accedere alla certificazione tramite ad esempio un collegamento Web.

La fiducia e le collaborazioni poi sono necessarie per formare una SCC (Supply chain collaboration) e consentire alle aziende di tagliare i costi, trarre vantaggio dalla collaborazione condividendo risorse e dati.

Un buon esempio potrebbe essere la partnership di supply chain formata tra due giganti FMCG, P&G - e Walmart. Un articolo scritto da Michael Grean & Michael Shaw sostiene di aver aumentato i margini di profitto, avere un miglior processo decisionale, riduzione delle scorte, e un approccio più centrato sul cliente.

([https://www.researchgate.net/publication/251289366\\_SupplyChain\\_Partnership\\_between\\_PG\\_and\\_Wal-Mart](https://www.researchgate.net/publication/251289366_SupplyChain_Partnership_between_PG_and_Wal-Mart))

Avviare una partnership e mantenere la partnership sono due cose diverse. Per mantenere una collaborazione, una società deve fornire tutti i dati rilevanti passo dopo passo: tecnologie come NFT giocheranno un ruolo significativo.

- **Razionalizzare l'approvvigionamento**

Per semplificare le operazioni di approvvigionamento, un punto critico è quello di cercare di ottenere il 100% di trasparenza da parte dei fornitori e degli acquirenti. L'approvvigionamento non è solo l'acquisto di vari materiali da parte dei fornitori, è il processo di pianificazione e identificazione, valutazione, selezione e regolazione degli obiettivi di prestazione dei fornitori, gestione dei contratti e valutazioni dei pagamenti. Con gli NFT inseriti nel sistema, le aziende possono evitare problemi nel fidelizzare nuovi fornitori in quanto non è un asset modificabile e l'alterazione dei dati non è possibile.

Chainyard, una società che si basa sulla blockchain, ha reso pubblico che il processo di onboarding<sup>1</sup> di un nuovo fornitore è più veloce del 70% al 80%. La tecnologia NFT basata sulla blockchain consente di individuare fornitori a rischio minimo, fornendo un'unica piattaforma con confronti, previsioni e gestione dei rischi e adeguando gli standard dei fornitori agli standard del settore.

*1.L'onboarding del fornitore è il processo di raccolta delle informazioni e dei dati necessari su un fornitore o venditore approvato. Lo scopo di questa procedura è quello di consentire all'azienda di condurre in modo efficiente attività, acquistare beni e servizi, ed effettuare pagamenti al fornitore.*

- **Produzione, trasporto e stoccaggio**

Gli NFT creano un'identità digitale per ogni parte presente in un sistema, il loro impiego metterà in luce i difetti molto più velocemente di prima; ridurranno i richiami risparmiando così milioni per l'azienda. La logistica di ritorno (Reverse Logistics) è piuttosto costosa per le aziende, soprattutto nel settore FMCG (Fast Moving Consumer Goods, beni di largo consumo), gli NFT aiuteranno a identificare la linea di prodotto e il lotto di produzione più velocemente di prima, tracciando così l'intera catena di fornitura. Come detto in precedenza con gli NFT, possiamo scoprire chi si occupa di un prodotto in qualsiasi momento. Inoltre, per emettere un NFT, entrambe le parti devono stipulare un accordo di responsabilità.

In altre parole, un NFT non può essere inviato se la controparte non accetta di riceverlo, proprio come la merce non sarà consegnata se il responsabile non ha ricevuto l'NFT.

In generale, il vantaggio principale di questa tecnologia nella logistica ha a che fare con la sicurezza, l'agilità e la trasparenza quando si consultano e si trasferiscono tutte le informazioni relative a un prodotto specifico.

NFTW o NFT Warehouse è l'applicazione degli NFT nel sistema di gestione del magazzino e consente a più parti di eseguire l'ordine in una sola volta. Amazon è un esempio abbastanza importante che ha implementato gli NFT e il sistema blockchain Amazon Warehouse. Gli NFT nella gestione dei magazzini aiuterebbero le piccole imprese a potenziare le loro attività. È piuttosto difficile per queste ultime decidere quali tipi di magazzini utilizzare, come allocare il margine di profitto a seconda dei dazi e analizzare il costo di gestione. NFTW fornisce una migliore tracciabilità, la trasparenza tra le parti e la circolazione delle merci. Avere un concetto di tokenizzazione consente di conoscere la direzione in tempo reale di ogni lotto.

## **2.125 Settore immobiliare**

Al momento, uno degli aspetti negativi in un investimento nel settore immobiliare è il fastidio di trasferire la proprietà, in quanto comprare una proprietà richiede una grande quantità di lavoro di ufficio. Attraverso gli NFT, il processo di transazione viene semplificato, consentendo a un acquirente di assumere la proprietà di un immobile in pochi minuti.

Teoricamente i proprietari potrebbero emettere un token che rappresenta la loro proprietà e questo gettone potrebbe essere venduto agli acquirenti interessati, completando il processo di trasferimento con facilità. Tutte le informazioni sulla proprietà, la data di costruzione, chi era il primo proprietario, quante volte è stato venduto e per quale prezzo, sarebbero memorizzate sulla blockchain senza possibilità di manomissione.

Un altro vantaggio nell'utilizzo degli NFT in questo settore potrebbe essere il frazionamento della proprietà di beni immobili. Un unico immobile costoso potrebbe essere diviso in diversi gettoni e venduto a diversi investitori che riceverebbero percentuale di noleggino, proventi o plusvalenze in caso di vendita tramite una DAO (Decentralized autonomous organization), nella quale le transazioni finanziarie sono conservate in una base dati di tipo blockchain.

Ciò non richiederebbe alcuna interazione tra gli investitori, non ci sarebbe bisogno di una terza parte e darebbe a più persone la possibilità di investire nel mercato immobiliare, potenzialmente aumentando la sua liquidità complessiva.

Le transazioni digitali sono spesso suscettibili alle frodi informatiche, tuttavia, utilizzando la tecnologia blockchain e NFT, è possibile ottenere livelli più elevati di



sicurezza e integrità dei dati. La frode è un problema importante per il mercato immobiliare degli Stati Uniti: nel 2020 è costato alle vittime oltre 200 milioni di dollari. Considerando che le NFT vengono coniate tramite la blockchain, coniare i titoli di proprietà e qualsiasi altro documento di proprietà come NFT potrebbe rendere la vita molto più facile in un momento in cui è necessario verificare la proprietà o addirittura trasmettere questi documenti al prossimo proprietario.

Gli acquirenti possono quindi prendere in prestito gli NFT utilizzando la finanza decentralizzata (Defi) o finanza tradizionale (TradFi) per prodotti sulla blockchain, saltando i lunghi tempi richiesti dalla maggior parte delle grandi banche quando si accende un mutuo.

Il token, essendo legato a un bene di valore reale, aprirebbe più opportunità anche per la finanza decentralizzata. Ottenere prestiti senza mai andare in una banca sarebbe possibile attraverso varie applicazioni Defi. Il token di proprietà potrebbe essere utilizzato come garanzia e vincolato a uno smart contract predefinito fino al rimborso dell'importo prestabilito.

Per vendere immobili come NFT, il primo passo è quello di sottoporsi ai necessari preparativi legali per garantire che i regolamenti siano rispettati, ciò richiede il coinvolgimento di consulenti legali con esperienza nella tecnologia blockchain.

Una volta creato l'NFT, si può inserirlo in un mercato NFT per essere venduto a potenziali acquirenti. Gli acquirenti faranno un'offerta per la proprietà e il vincitore dell'asta pagherà per la proprietà in denaro fiat o criptovaluta. Una volta che i fondi sono stati rilasciati al venditore e l'NFT è stato trasferito al portafoglio dell'acquirente, questi completerà i documenti per finalizzare il trasferimento.

Con lo spopolare del Metaverso, oltre al concetto di NFT per immobili fisici, in questi anni, si è parlato soprattutto dell'acquisto di immobili virtuali all'interno dei vari Metaversi. (discorso approfondito nel paragrafo sul metaverso).

Oltre ai vantaggi di cui si è parlato sopra, ci sono anche degli aspetti negativi da tenere in considerazione.

I prezzi degli NFT possono essere volatili, pertanto c'è la possibilità di non riuscire a vendere una determinata proprietà a quanto o più di quanto la si è riusciti ad acquistare, inoltre le leggi attuali non riconoscono gli NFT come titoli di proprietà.

Infatti, attualmente in Italia e nei paesi più avanzati dal punto di vista digitale, i registri dei terreni e degli immobili sono centralizzati e gestiti da enti pubblici.

Ciò significa che le transazioni immobiliari non possono essere concluse direttamente tra le parti interessate ma è necessario far ricorso ad autorità di regolamentazione e notai. Ma se da un lato questo sistema concede affidabilità e certezza nel mercato immobiliare, dall'altro, fa aumentare i costi.

In questo contesto, la blockchain si propone come una soluzione efficace: usando gli NFT, potrebbe funzionare come registro di proprietà decentralizzato e immutabile, in grado di validare le transazioni tra le parti interessate.

## CAPITOLO 3: IL METAVERSO

### 3.1 Concetto di Metaverso

Il Metaverso è un concetto complesso: negli ultimi anni il termine è cresciuto oltre la visione proposta da Stephenson nel suo romanzo di fantascienza, *Snow Crash*, pubblicato nel 1992, dove descrive un universo virtuale connesso a Internet che funge da realtà alternativa per i suoi partecipanti, chiamandolo "il Metaverso". Una definizione sintetica che può spiegare al meglio questo concetto è la seguente:

il Metaverso è la convergenza di 1) spazio virtuale fisicamente persistente e 2) realtà fisica virtualmente potenziata (Hackl, 2021).

Da quando Internet si è ampliato, il riferimento al Metaverso ha progressivamente trovato il suo posto nel lessico tecnologico che descrive qualsiasi ambiente virtuale su larga scala nello spazio online, di cui gli utenti possono far parte. In poche parole, il Metaverso è un ambiente digitale tridimensionale (3D) in cui l'AR/VR – descritti in modo dettagliato in seguito – e l'intelligenza artificiale (AI) fungono da fornitori visivi di base e in cui gli individui possono interagire, incontrare e socializzare con altre persone, come avatar digitali, tridimensionali e personalizzati che imitano esperienze di vita reale impegnandosi in attività quali ad esempio lo shopping, il gioco e la partecipazione ad eventi virtuali senza restrizioni geografiche. Questo permette alle persone sparse in tutto il mondo di connettersi e interagire "faccia a faccia".

Il Metaverso è un mix di diverse tecnologie avanzate tra cui Intelligenza Artificiale (AI), Realtà Aumentata (AR), blockchain, Criptovalute, NFT e Internet of Things (IoT) tutte basate su un'infrastruttura cloud.

Il Metaverso si compone di tre sviluppi successivi tra loro: (1) gemelli digitali, (2) contenuti digitali, e alla fine (3) surrealtà (Wang et al, 2022).

La prima fase produce un mondo specchio composto da gemelli digitali su larga scala e ad alta fedeltà di persone e cose in ambienti virtuali, finalizzati ad una vivida rappresentazione digitale della realtà fisica. In questa fase le attività virtuali e le proprietà come le emozioni dell'utente e il movimento sono imitazioni della loro controparte fisica, dove realtà e virtualità sono due spazi paralleli.

La seconda fase si concentra principalmente sulla creazione di nuovi contenuti, dove i nativi digitali – rappresentati da avatar – sono in grado di produrre innovazioni e intuizioni all'interno del mondo digitale e tali creazioni possono esistere solo negli spazi

virtuali. In questa fase i contenuti creati in modo massiccio nel mondo digitale diventano uguali con le loro controparti fisiche, e il mondo digitale ha la capacità di trasformare e innovare il processo di produzione nel mondo fisico creando così più intersezioni tra questi due mondi.

Il Metaverso raggiunge la sua maturità nell'ultima fase e si trasforma in un persistente e autosufficiente mondo surreale che assimila la realtà al suo interno. In questa fase si realizza l'integrazione e la mutua simbiosi di mondi fisici e virtuali, in cui la portata del mondo virtuale sarà più grande di quello del mondo reale.

Dopo il Covid-19 il Metaverso è cresciuto in popolarità, in quanto incoraggia esperienze uniche e fornisce soluzioni per varie aziende sia per quanto riguarda il settore produttivo, l'istruzione e la formazione dei dipendenti sia per quanto riguarda i social media.

Col tempo molte delle attività di Internet che ora associamo al Web 2D migreranno negli spazi 3D del Metaverso: questo non significa che tutte o che la maggior parte delle nostre pagine web diventeranno 3D, o che leggeremo contenuti web in spazi 3D, significa piuttosto che man mano che si svilupperanno nuovi strumenti saremo in grado di creare una mesh intelligente 2D e 3D per ottenere i vantaggi unici di ciascuno, nel contesto appropriato.

L'emergere di un Metaverso robusto modellerà lo sviluppo di molti regni tecnologici che attualmente appaiono non correlati a Internet. Nella produzione, gli ambienti 3D offrono spazi di progettazione ideali per la prototipazione rapida e la produzione personalizzata e decentralizzata.

Nell'intelligenza artificiale, i mondi virtuali offrono piattaforme trasparenti e a basso rischio per lo sviluppo e il test di comportamenti autonomi delle macchine, molte delle quali possono essere utilizzate anche nel mondo fisico.

Recentemente il mondo virtuale e il mondo reale sono stati sviluppati in convergenza.

La prima e seconda rivoluzione industriale hanno sviluppato dei processi di massimizzazione dell'efficienza attraverso la divisione del lavoro, dove la produzione di materiali e il consumo erano separati.

Nella terza rivoluzione industriale vengono condotte attivamente delle transazioni online: dati e informazioni sono sempre più importanti, e le transazioni offline vengono gradualmente sostituite con quelle online.

Attualmente, all'alba della quarta rivoluzione industriale, si sta verificando una rivoluzione dal punto di vista "dell'intelligenza", in cui gli oggetti e le persone sono diventati iper-connessi.

Ci si riferisce a un fenomeno di convergenza in cui produzione e consumo avvengono contemporaneamente.

Il Metaverso pone le basi per un nuovo tipo di economia, dal momento che possiede un'economia autosufficiente e completa dove le valute digitali diventano il mezzo dominante di scambio.

Tuttavia, questo mondo virtuale ha diverse sfide di sicurezza a causa della sua natura multistrato, come la verifica dell'identità, transazioni sicure e privacy. L'architettura comune del Metaverso fornisce specifici protocolli blockchain sicuri, in modo tale che le transazioni blockchain siano monitorate e mantenute al suo interno per una maggiore sicurezza.

Si stanno anche sviluppando delle soluzioni di identificazione utilizzando gli NFT basati sul protocollo blockchain, che dà ad ogni utente un NFT univoco come forma di ID, supportato da contratti intelligenti e blockchain di Ethereum.

### **3.2 Origine del nome**

L'etimologia della parola deriva dall'accostamento di "meta", che indica zone di realtà analoghe a quelle al quale il prefisso meta viene apposto, e "verso" per indicare appunto una realtà (<https://www.smartworld.it/Internet/che-cos-e-il-Metaverso.html>).

Il termine "Metaverso" è apparso per la prima volta nel romanzo fantascientifico di Neal Stevenson, Snow Crash pubblicato nel 1992 (Stephenson, 2003) per rappresentare un universo parallelo di realtà virtuale creato attraverso computer-grafica, a cui gli utenti di tutto il mondo possono accedere e collegarsi attraverso occhiali e auricolari. In questo romanzo la spina dorsale del Metaverso è un protocollo chiamato "the Street", che collega diversi quartieri virtuali e luoghi, concetto analogo alla superstrada di informazioni. Gli utenti si materializzano nel Metaverso in corpi digitali configurabili chiamati avatar.

Anche se il Metaverso di Stevenson è digitale e sintetico, esperienze in esso possono avere un impatto reale sul proprio fisico.

Un precursore letterario al Metaverso è il cyberspazio VR di William Gibson chiamato Matrix nel romanzo di fantascienza del 1984 (Dionisio, 2013).

Una moderna reincarnazione letteraria del Metaverso è l'OASIS, illustrata nel 2011 nel romanzo di fantascienza “Ready Player One” scritto da Ernest Cline (Mystakidis, 2021). Il 28 ottobre 2021 Mark Zuckerberg ha comunicato la creazione di Meta, azienda che comprenderà Instagram, Facebook, Messenger, Oculus, WhatsApp e il nuovo ambizioso progetto di Metaverso. Quest’ultimo non è altro che una vera e propria realtà virtuale dove ogni utente è connesso con il resto del mondo per imparare, lavorare, studiare, socializzare e divertirsi: gli utenti presenziano all’interno del Metaverso attraverso un ologramma che potrà anche garantire esperienze molto realistiche, grazie all’ausilio di strumentazione tecnologica come, ad esempio, gli occhiali VR. L’obiettivo di Zuckerberg è quello di andare a creare un mondo virtuale parallelo a quello reale, dove l’interazione tra gli utenti sarà quasi “identica” a quella che c’è tra le persone e anzi, le esperienze saranno ancor più straordinarie e impensabili proprio grazie all’ausilio della tecnologia.

### 3.3 Storia del Metaverso

Al momento siamo ancora in una fase esplorativa del Metaverso, anche se questo concetto è stato proposto per più di 30 anni.

Vediamo quindi alcuni notevoli precursori del Metaverso che si possono rappresentare lungo una linea temporale, come mostrato in Fig.1.

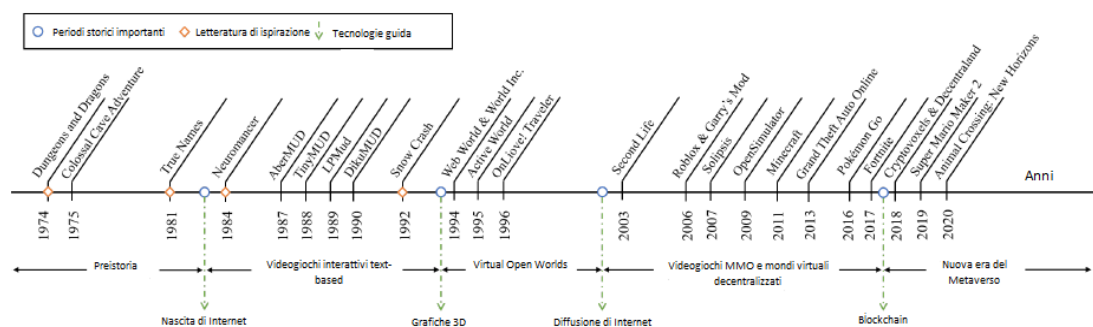


Figura 1: Breve cronologia dello sviluppo del Metaverso

- **La preistoria del Metaveso - I giochi text-based**

Un gioco text-based è un gioco elettronico che utilizza un'interfaccia utente basata su testo, è la prima categoria di Metaverso pionieristico, che utilizza come riferimento le regole del famoso gioco da tavolo Dungeons & Dragons.

Esempi tipici sono MUDs (Fig.2) – una categoria di videogiochi di ruolo eseguiti su Internet attraverso il computer da più utenti, dove i giocatori interagiscono con gli altri utenti digitando dei comandi da tastiera – e MUSHs, un social media online basato sul testo a cui più utenti sono collegati allo stesso tempo (Shah and Romine, 1995).

I giochi interattivi text-based costruiscono una piattaforma online dove i giocatori possono comunicare in tempo reale attraverso una chat e giocare in modo collaborativo. Nel tempo MUDs e MUSHs sono gradualmente evoluti in diverse versioni, come AberMUD, TinyMUD, LPMud e DikuMUD con più funzioni. Tra queste, TinyMUD consente all'utente di creare un mondo di gioco per gli altri giocatori che può essere esplorato, e ciò dà origine all'UGC (*user-generated content*).

I videogiochi riportati qui sopra rappresentano l'inizio della costruzione del Metaverso. Un altro prototipo rappresentativo è il gioco Colossal Cave Adventure, che è un gioco di ruolo e rogue-like (sottogenere dei videogiochi di ruolo) in cui i giocatori possono muoversi e interagire con gli elementi attraverso comandi di testo.

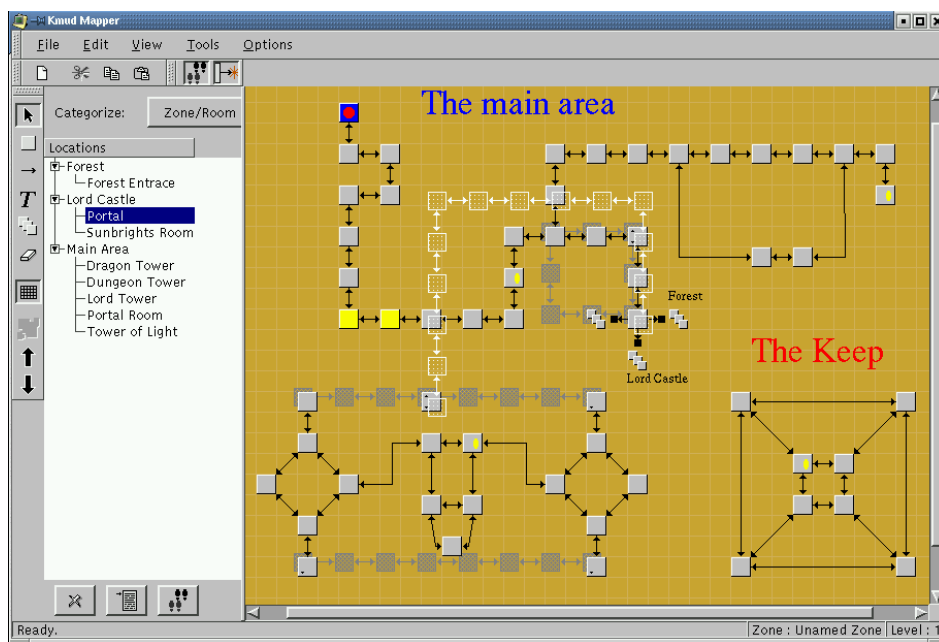


Fig.2 Esempio di un client grafico MUD ([https://it.wikipedia.org/wiki/Multi\\_user\\_dungeon](https://it.wikipedia.org/wiki/Multi_user_dungeon))

- **Virtual Open Worlds**

Negli anni '90, con rapidi progressi in termini di potenza computazionale e computer-grafica, alle persone non bastavano più le interazioni basate su testo.

Iniziarono, quindi, a nascere dei mondi virtuali dotati di grafica 3D e più aperti alla socializzazione. Questi mondi virtuali hanno costruito un ambiente virtuale 3D online dove le persone possono accedere con il proprio avatar.

Anche i metodi di comunicazione sono migliorati, sia quelli via testo sia quelli verbali, al fine di permettere alle persone di condividere al meglio le loro esperienze. Alcuni esempi tipici sono: Web World, 1994; Worlds Inc., 1994; ActiveWorlds, 1995 che sono una serie di mondi virtuali con lo sviluppo di tecnologie grafiche da 2.5D a 3D.

Ad esempio, Active Worlds consente agli utenti di viaggiare tra mondi e ambienti virtuali 3D costruiti da altri.

Ci sono poi applicazioni più recenti che hanno caratteristiche più rappresentative del Metaverso: rispetto alle precedenti, queste applicazioni sono tecnologicamente più sofisticate e coinvolgono un gruppo più ampio di utenti. Esse, a seconda delle loro caratteristiche, vengono suddivise nelle due categorie di seguito riportate.

- **Massive Multiplayer Online Video Games**

I videogiochi MMO (Multigiocatore di massa online) rappresentano le versioni più popolari di Metaverso. Questi giochi consentono a una massiccia quantità di persone di interagire tra loro in ambienti 3D altamente sofisticati con comunicazione efficiente, creazione di UGC, VR/AR e così via. Alcuni esempi rappresentativi di MMO sono:

- **Second Life:** è un mondo virtuale online con una grande quantità di UGC, il quale ha la propria valuta virtuale, il dollaro di Linden, che può essere scambiato con valuta del mondo reale (Fig.2).
- **Roblox:** è una piattaforma dove gli utenti possono giocare con giochi creati da altri. In Roblox i giocatori possono utilizzare Roblox Studio per creare giochi e oggetti virtuali, che possono essere acquistati e venduti. Inoltre Roblox ospita occasionalmente eventi virtuali e reali (Fig.3).
- **Minecraft:** è un videogioco in cui i giocatori possono interagire con un ambiente 3D completamente modificabile fatto da blocchi ed entità. In Minecraft i giocatori possono costruire architetture sorprendenti e livelli di gioco innovativi con blocchi di dimensioni di un metro cubo (Fig.4).  
Minecraft ha un numero enorme di UGC e, inoltre, supporta i dispositivi VR che arricchiscono notevolmente l'esperienza dell'utente.



- **Fortnite:** è un gioco soprattutto MMO sviluppato da Epic Games. Esso permette ai giocatori di costruire edifici, creare isole personalizzate e scoprire le isole in evidenza creati dalla comunità; alcuni oggetti di gioco, però, come skins, gesti e balli/movenze, sono forniti dagli sviluppatori, e i giocatori li possono acquistare. Tra gli aspetti più innovativi Fortnite ha ospitato al suo interno molti grandi eventi in-game, come grandi concerti, soprattutto nei tempi di pandemia (Fig.5).



*Fig.2 Second Life (<https://www.listal.com/viewimage/648585h>)*



*Fig.3 Roblox (<https://www.pinterest.it/pin/668503138429764557/>)*



Fig.4 Minecraft ([https://aminoapps.com/c/minecraft-brasil/page/blog/minecraft-alpha/7eZg\\_M1JJPuae6DQ6pYoqkw4e34VE1anP1p](https://aminoapps.com/c/minecraft-brasil/page/blog/minecraft-alpha/7eZg_M1JJPuae6DQ6pYoqkw4e34VE1anP1p))



Fig.5 Concerto Marshmello sui server di fortnite (<https://medium.com/@teresaruffino/from-second-life-to-fortnite-6077e4a332f1>)

- **Mondi virtuali decentralizzati**

Differentemente dai videogiochi MMO, i mondi virtuali decentralizzati sono supportati dalla tecnologia blockchain, che ha un'economia build-in con un impatto sull'economia reale. Alcuni esempi sono riportati di seguito.

**Cryptovoxels:** è un mondo virtuale (Fig.6) costruito sulla blockchain di Ethereum, che si basa sulla "Origin City", città dove è possibile acquistare e vendere proprietà virtuali e altri asset digitali collocati nel mondo di Cryptovoxels. Gli utenti con un portafoglio

Ethereum possono scambiarsi gli asset e UGC con gli altri. Vale la pena ricordare che alcuni artisti stanno visualizzando e scambiando le loro opere d'arte in Cryptovoxels sottoforma di NFT.

**Decentraland:** è un altro mondo virtuale anch'esso costruito sulla blockchain di Ethereum (Fig.7). Gli utenti possono utilizzare la moneta virtuale Ether per il commercio di appezzamenti di terra vuoti di Decentraland, e i proprietari possono utilizzare dei kit di sviluppo software (SDK) forniti da Decentraland, per costruire giochi e applicazioni. Ancora più importante, Decentraland ha un sistema economico sostenibile, in cui la terra, le proprietà, gli avatar, i vestiti e anche i nomi possono essere scambiati nel suo mercato. Incoraggiati da meccanismi di incentivazione, gli utenti creano un gran numero di UGC, quali scene, opere d'arte, sfide e costruzioni.



Fig.6 Cryptovoxels (<https://syakah.medium.com/cryptovoxels-crypto-game-review-124a7a3e7b21>)



### **3.4 Avatar**

In origine la parola avatar voleva rappresentare l'incarnazione di un essere (ad esempio Dio) in una forma umana. Nell'induismo letteralmente significa "discesa"; mentre per coloro che non praticano questa religione significa tecnicamente "un'incarnazione o manifestazione di una persona o di un'idea".

Negli ultimi anni questa parola ha assunto un significato più informatico e diffuso piuttosto che religioso e si riferisce a un file grafico personalizzato che rappresenta un utente.

Il primo uso della parola avatar venne impiegato come titolo in un gioco di ruolo per computer, chiamato per l'appunto "Avatar", creato sul sistema PLATO dell'Università dell'Illinois nel 1979. Successivamente, nel 1985, fu creato il gioco "Ultima IV: Quest of the Avatar" che chiedeva agli utenti di immedesimarsi nel personaggio mentre svolgevano una certa missione; questa fu la prima volta che la parola "avatar" veniva associata a una rappresentazione sullo schermo dell'utente.

Il primo utilizzo di avatar si riscontra dopo la nascita di Internet quando nel 1996, prendendo spunto dai videogiochi, AOL ha lanciato la messaggistica istantanea e ha introdotto "Buddies", figure che ci rappresenterebbero sullo schermo della chat.

Successivamente Yahoo! ha introdotto i suoi primi avatar con la versione 6.0 nel 2004, nacque così "Yahoo! Avatar".

Il termine avatar poi ha subito una grande diffusione grazie al film Avatar di James Cameron uscito nel 2009 che ha avuto un enorme impatto culturale.

L'Avatar, il soggetto del Metaverso, ha un significato simile al digital twin: il gemello digitale è un modello virtuale per prevedere il comportamento (Digital Twin, 2021).

I digital twin sono utilizzati per creare repliche virtuali di oggetti, processi, persone, luoghi, infrastrutture, sistemi e dispositivi reali nel virtuale, e prevedere i risultati in anticipo attraverso simulazioni di situazioni che potrebbero verificarsi nella vita reale.

Inizialmente proposto da General Electronics, il sistema combina dati e informazioni che rappresentano contesti e processi di varia natura, per comprendere stati operativi passati e presenti; inoltre viene utilizzato per mantenere le proprietà e gli stati operativi in tutto il ciclo di vita di un gemello digitale e prevedere cosa accadrà in futuro. Può

ottimizzare il mondo fisico ed è utilizzato in vari contesti industriali, sociali e manifatturieri migliorando le performance operative e i processi di business.

Un avatar potrebbe essere un piccolo file grafico utilizzato dai vari membri nei siti web per rappresentare sé stessi nelle chat board. Può essere una foto digitale reale della persona che lo utilizza, ma è più spesso un'immagine intesa come un alter ego creativo dell'utente: potrebbe trattarsi dell'immagine di un eroe o un'eroina; un'immagine divertente di un animale domestico o di un personaggio dei cartoni animati; l'immagine appare accanto ai post degli utenti, rendendo l'autore facilmente identificabile per gli altri a colpo d'occhio.

Nei mondi virtuali l'avatar è un personaggio interattivo. Generalmente, tutti gli aspetti del personaggio possono essere personalizzati utilizzando un'interfaccia con dei menu e delle barre di scorrimento per modificare caratteristiche come quelle di corpo, pelle, vestiti e capelli; in più l'avatar potrebbe camminare, correre, saltare, combattere, ballare, raccogliere oggetti o persino crearne. Tramite VR e un pad è possibile muovere il proprio avatar all'interno del paesaggio computerizzato per l'utente, manipolando l'ambiente.

### **3.5 Caratteristiche del Metaverso**

Il Metaverso integra una varietà di nuove tecnologie, impone una nuova forma sociale, è strettamente correlato al mondo reale e possiede delle caratteristiche di iper spazio-temporalità.

Le peculiarità più importanti di questo mondo innovativo e virtuale sono tre:

- **Multi-tecnologia**

Il Metaverso integra una varietà di nuove tecnologie, fornisce un'esperienza coinvolgente basata sulla realtà aumentata, genera un'immagine speculare del mondo reale utilizzando la tecnologia dei gemelli digitali (digital twins), e costruisce un sistema economico basato sulla blockchain.

La quinta generazione (5G) e la sesta generazione (6G) saranno le fondamenta della comunicazione nel Metaverso.

Il 5G permette di scambiare informazioni ad alta velocità, con basso ritardo, assicura una rete onnipresente, un basso consumo energetico e un elevato grado di interconnessione: quindi di base rende possibile realizzare il Metaverso.

Le tecnologie 5G forniscono una rete più veloce, con bassa latenza e più scalabile del 4G: esse sono già ampiamente diffuse in Italia e, secondo le bande di frequenza, il 5G può essere diviso in banda bassa (inferiore a 1 GHz), banda media (tra 1 e 6 GHz) e banda alta (onda millimetrica, mmWave, da 24 a 39 GHz).

Viene utilizzato il 5G a banda bassa per una copertura estesa ed è ideale per la distribuzione in zone rurali; la banda media invece è stata comunemente distribuita in aree metropolitane; infine la banda alta 5G può raggiungere un massimo rendimento di 10-20 Gbps, tuttavia, funziona in solo un piccolo raggio e quindi è più utile in aree urbane e luoghi affollati (ad esempio, centri commerciali).

Nonostante la connessione 5G non sia diffusa in tutto il globo sono già iniziati i test per il 6G, un nuovo standard che mira a fornire velocità maggiori e a facilitare la continuità tra mondo fisico e virtuale. Il 6G utilizza onde ad alta frequenza (THF), note anche come onde sub-millimetriche, per raggiungere velocità anche cento volte superiori rispetto al 5G.

La latenza dovrebbe essere inferiore a un microsecondo con maggiore larghezza di banda per consentire una connettività avanzata.

Questo permetterà di utilizzare oggetti e servizi ad oggi presenti nel mondo fisico anche nell'ambiente virtuale, e di realizzare la cooperazione tra umani, macchine, oggetti e ambiente collegando il mondo fisico e la mondo virtuale.

L'IoT (Internet of Things) svolge un ruolo vitale nella rete infrastrutturale del Metaverso, fornendo agli utenti un'esperienza reale, interattiva, duratura e fluida che unisce il Metaverso e il mondo reale.

È stato teorizzato che la nanotecnologia ha la capacità di migliorare le prestazioni dei sensori/ attuatori (ad esempio, maggiore sensibilità e selettività, tempo di risposta più breve e più lunga durata). Pertanto, l'applicazione di nano materiali (ad esempio, grafene, nanofili, ecc) fornirà opzioni in più per quanto riguarda la comunicazione e la sensibilità nel Metaverso (Ning, 2020).

Costruire il Metaverso richiede un potente sistema informatico e l'architettura presente per la potenza di calcolo non può ancora soddisfare i requisiti di esperienza intensiva richiesti dal Metaverso, dunque anche le prestazioni dei sensori e attuatori devono essere migliorati per affrontare questo problema.

Le tecnologie fondamentali per la gestione del Metaverso offrono l'ambiente necessario per la connessione e la convergenza del mondo reale e del mondo

virtuale, soprattutto per quanto riguarda la gestione dell'energia, la gestione delle risorse, e la gestione delle sessioni.

La prima considerazione, nella tecnologia di gestione energetica, è il consumo di energia elettrica del Metaverso e delle sue strutture.

Molti studiosi hanno proposto metodi per il monitoraggio dell'energia: alcuni, ad esempio, hanno proposto un metodo basato sull'IoT per monitorare il consumo di carico e risparmiare energia in modo efficiente (Krishnamoorthy, 2020); mentre altri hanno sviluppato la rete neurale di Elman, un modello di previsione esponenziale della potenza per ridurre la perdita e risparmiare sui costi (Bedi, 2020).

Lo sviluppo a medio e lungo termine del Metaverso richiede la ricerca di energia più stabile e sostenibile.

Un ulteriore problema urgente da risolvere, nel contesto della gestione delle risorse nel Metaverso, è scoprire come allocare le risorse in modo efficace: i ricercatori stanno costantemente esplorando strategie di gestione delle risorse al fine di fornire la base per l'implementazione del Metaverso. Alcuni hanno proposto un algoritmo per risolvere il problema della ricerca e della scoperta delle risorse in ambienti eterogenei (Nunes, 2018).

Un ultimo importante aspetto da considerare è la gestione delle sessioni, cioè dell'interazione tra risorse e utenti in reti eterogenee (Ning, 2015). Nel Metaverso è importante gestire le interazioni persistenti con caratteristiche dinamiche, soprattutto per le sessioni con più utenti di risorse. Inoltre, la natura in tempo reale della sessione è disponibile per aumentare l'esperienza di immersione dell'utente.

- **Socialità**

Come recita la definizione, il Metaverso è un nuovo tipo di forma sociale. Esso comprende dei sistemi economici, culturali e giuridici, che sono strettamente legati alla realtà, ma che hanno caratteristiche proprie.

L'avvento del Metaverso, infatti, trasformerà i tradizionali social network in mondi sociali virtuali 3D interattivi e coinvolgenti: la convergenza dei social network e della realtà virtuale ha permesso la creazione di mondi sociali virtuali, ossia di ambienti immersivi 3D che estendono i tradizionali social network orientati al contenuto in una simulazione sociale completamente interattiva.

Nel mondo virtuale sociale gli utenti sono rappresentati da avatar che navigano attraverso il mondo virtuale e interagiscono socialmente con altri utenti, i quali

possono teletrasportarsi attraverso diversi mondi virtuali, partecipare ad eventi e anche scambiare valute.

L'integrazione dello spazio sociale fisico con lo spazio sociale virtuale richiede la mappatura continua delle interazioni sociali e degli eventi nel mondo virtuale e, inoltre, richiede tecnologie di AI, reti 5G/6G e tecnologie di mixed reality come VR. Le impronte digitali nel Metaverso possono essere tracciate per rivelare l'identità dell'utente nel mondo reale, e altre sue informazioni sensibili come la posizione, le preferenze di acquisto e anche i dettagli finanziari (Steinfeld, 2015).

Il mondo sociale virtuale deve soddisfare i quattro requisiti di progettazione:

(1) Immersività: significa che lo spazio virtuale generato dal computer è sufficientemente realistico da consentire agli utenti di sentirsi psicologicamente ed emotivamente immersi (Falchuk, 2018). L'immersività può essere detta anche realismo immersivo. Secondo la prospettiva del realismo, gli esseri umani interagiscono con l'ambiente attraverso i loro sensi e i loro corpi, quindi il realismo immersivo può essere avvicinato attraverso la struttura della percezione sensoriale (ad esempio, vista, suono, tatto, temperatura ed equilibrio) ed espressiva (ad esempio, gesti).

(2) Ubiquità, cioè l'esigenza di accedere al Metaverso ovunque da vari dispositivi e posizioni, e che le identità virtuali dell'utente rimangano connesse durante le transizioni all'interno del mondo sociale virtuale.

(3) Interoperabilità: è la capacità del mondo virtuale di utilizzare standard che consentano agli utenti di teletrasportarsi e di spostarsi tra diverse posizioni del Metaverso senza disconnessioni e interruzioni durante la loro esperienza immersiva.

(4) Scalabilità: indica la capacità del mondo virtuale di gestire la potenza computazionale in modo che un gran numero di utenti possano interagire socialmente nel Metaverso, senza sperimentare disconnessioni e interruzioni nella loro esperienza immersiva. (Dionisio, 2013)

- **L'iper spazio-temporalità**

Il Metaverso è un mondo virtuale parallelo al mondo reale: rompe i confini del tempo e dello spazio e offre agli utenti un'esperienza aperta, libera e coinvolgente.

Nel mondo reale la vita umana si svolge nel tempo e nello spazio fisico che ne garantiscono il normale corso, ma che la limitano in modo da non potersi discostare dalle reali caratteristiche spazio-temporali.



Il Metaverso spezza i vincoli di tempo e spazio come sono comunemente intesi: l'iper spazio-temporalità del Metaverso può essere discusso su due livelli di tempo e di spazio: 1) trascendendo i vincoli del tempo, cioè poter tornare al passato e poter raggiungere il futuro; 2) trascendere lo spazio fisico, ovvero attraversare lo spazio e lo spazio-tempo in un determinato periodo.

La natura iper spazio-temporale del Metaverso si riflette nel fatto che esso è uno spazio-tempo distinto dal mondo reale, che non si ferma alla costruzione di uno spazio digitale statico, ma a uno spazio virtuale che evolve in parallelo con il mondo dinamico reale: esso apre un nuovo habitat per l'umanità e porta un'esperienza diversa per gli utenti.

Attualmente il Metaverso è in una fase di sviluppo costante, grazie all' evolversi di tecnologie come Internet, il 5G, la VR, e per questo darà all'umanità l'opportunità di creare un mondo digitale olografico in parallelo al mondo reale tradizionale.

Altre caratteristiche non meno importanti sono:

**Sostenibilità:** indica che il Metaverso mantiene un ciclo economico chiuso e un sistema con un alto livello di indipendenza. Esso però, da un lato dovrebbe essere aperto per continuare a suscitare l'entusiasmo degli utenti alla creazione di contenuti digitali e di innovazioni; mentre dall'altro lato, per rimanere nel tempo, dovrebbe essere costruito su un'architettura decentralizzata (blockchain) per eliminare i rischi di attacchi informatici ed evitare di essere controllato da singole entità/organizzazioni.

**Eterogeneità:** il Metaverso comprende sia spazi virtuali eterogenei (ad esempio con implementazioni distinte), sia dispositivi fisici eterogenei (interfacce distinte), oltre a una varietà di tipi di dati (sia non strutturati sia strutturati) e di modalità di comunicazione (ad esempio, cellulare e comunicazioni satellitari), così come la diversità della psicologia umana.

### **3.6 Estensione della realtà nel Metaverso**

Dal momento che i dati e gli avatar degli utenti nelle varie piattaforme Metaverso si trovano su diversi server in tutto il mondo, il Metaverso gestisce diversi processi di trattamento dei dati personali in ciascun paese, utilizzando tecniche di intelligenza artificiale.

Realtà estesa o Cross Reality (XR) è un termine che include una serie di tecnologie immersive, ambienti elettronici e digitali in cui i dati sono rappresentati e proiettati.

XR include Realtà Virtuale (VR), Realtà Aumentata (AR) e Realtà Mista (MR) (Milgram, 1994-1995).

- **Realtà virtuale (VR):** è una tecnologia che sostituisce la visione del mondo fisico con una scena digitale prodotta utilizzando dei software e utilizzando dei dispositivi elettronici.

Con l'aiuto di multi-sensori specializzati e attrezzature come caschi ad immersione, cuffie VR e tapis roulant omnidirezionali, questa esperienza è amplificata sotto il punto di vista della visione, del suono, del tocco, del movimento e della interazione naturale con oggetti virtuali (Pellas, 2020-2021).

Indossando auricolari a piena copertura, l'utente viene completamente isolato dall'ambiente e dal mondo reale. Un ambiente virtuale generato dal computer viene riflesso dagli schermi LCD all'interno delle lenti dei dispositivi elettronici che vengono posti sul capo, andando a sostituire quello che vediamo.

- **Realtà Aumentata (AR):** si tratta di una tecnologia che fonde il mondo digitale con quello reale: utilizza la visione artificiale per riconoscere le superfici e gli oggetti del mondo reale sfruttando delle tecnologie come il riconoscimento di oggetti, piani di rilevamento, riconoscimento facciale e tracciamento dei movimenti.

Il risultato finale è uno strato spazialmente proiettato di artefatti digitali, mediante dei dispositivi come smartphone, tablet, occhiali, lenti a contatto che arricchiscono l'ambiente fisico reale.

- **Mixed Reality (MR):** è un ibrido di realtà aumentata e realtà virtuale, nota anche come realtà ibrida che incorpora aspetti sia reali che digitali.

MR consente di creare oggetti virtuali che permettano agli utenti di interagire con l'ambiente 3D durante l'immersione nel mondo virtuale (VR) e permette la sovrapposizione di contenuti virtuali in AR, i quali forniscono una soluzione più realistica poiché l'hardware è relativamente semplice; inoltre riflette bene la realtà, ma è adatto ai contenuti brevi (Kim, 2021). D'altro canto, la realtà virtuale (VR) con intero campo visivo, dà una sensazione immersiva ed è adatta per un intrattenimento più a lungo termine, ma comporta stanchezza fisica.

MR utilizza una miscela di questi vantaggi e svantaggi ed è considerata come una soluzione che può integrare l'AR e il VR in un unico dispositivo, inoltre è principalmente una tecnologia per combinare i mondi fisici e virtuali, in modo da rendere più realistica l'interazione tra utenti e oggetti digitali.

### **3.7 Componenti e tecnologie utilizzate nel Metaverso**

Al momento lo sviluppo del Metaverso è ancora nelle sue fasi iniziali, pertanto la sua architettura non ha una definizione coerente nel settore universitario o industriale.

L'imprenditore Jon Radoff ha proposto una griglia concettuale in sette punti per definire la catena del valore del Metaverso, dove i livelli dall'alto al basso sono: infrastruttura, interfaccia umana, decentralizzazione, calcolo spaziale, economia, scoperta, esperienza. (Radoff, 2021) Quest'architettura è costruita a partire da una divisione industriale basata sulla catena del valore del mercato.

È possibile vederne l'architettura partendo da una visione più macro, considerando quindi una struttura a tre strati: infrastruttura, interazione ed ecosistema.

- **Infrastruttura**

Lo strato infrastrutturale contiene i requisiti fondamentali per sostenere il funzionamento di un mondo virtuale, includendo quindi il calcolo e la comunicazione, la blockchain e lo storage.

- **Calcolo e comunicazione**

Il Metaverso è un sistema multimediale, quindi il suo funzionamento richiede enormi costi computazionali. D'altra parte, dal momento che il Metaverso dovrebbe essere accessibile in qualsiasi momento e in qualsiasi luogo, le tecnologie di comunicazione sono un supporto di base importante per il suo corretto funzionamento.

- **Blockchain e storage**

Le aspettative rivolte al Metaverso sono che nel futuro riuscirà a collegare tutti in tutto il mondo, quindi saranno generati e immagazzinati un'enorme quantità di dati.

Ancora più importante, per garantire il decentramento e l'equità/correttezza, si deve introdurre la blockchain per sostenere le operazioni nel Metaverso (Cai, 2021; Berg, 2019). Sistemi blockchain avanzati, come Ethereum, introducono gli smart contract che sostengono il funzionamento di dApp, che estendono notevolmente il campo di

applicazione della blockchain, rendendo fattibile la costruzione di un ecosistema sociale decentralizzato per il Metaverso (Cai, 2021).

### **-Networking**

In questo campo ci sono tre indicatori chiave di performance importanti da considerare:

*-La larghezza di banda*, che è comunemente pensata come "velocità," ma che in realtà indica quanti dati possono essere trasmessi in un'unità di tempo. I requisiti per il Metaverso sono molto superiori a quelli della maggior parte delle applicazioni Internet e giochi, e in molte connessioni moderne.

*-La latenza*, si riferisce al tempo necessario affinché i dati viaggino da un punto all'altro e ritornino al punto di partenza. Rispetto alla larghezza della banda di rete (sopra) e all'affidabilità (sotto), la latenza è in genere considerata l'indicatore di prestazione meno importante poiché la maggior parte del traffico Internet è unidirezionale o asincrono, non importa se ci sono 100ms o 200ms o anche due secondi di ritardo tra l'invio di un messaggio WhatsApp e tra il ricevere una ricevuta di lettura. A tal fine, Netflix ritarda artificialmente l'inizio di un video in modo che il dispositivo possa scaricare in anticipo rispetto al momento in cui lo spettatore lo guarda, in questo modo lo spettatore non noterà mai dei ritardi di rete.

*-L'affidabilità*, è un indicatore di prestazioni chiave molto importante. Il risultato finale dipende dalla qualità del servizio. Ad esempio servizi video non live come Netflix ricevono tutti i file video molti giorni, se non mesi, prima che siano messi a disposizione al pubblico. Questo permette loro di eseguire un'analisi approfondita in modo da ridurre (o "comprimere") le dimensioni dei file e determinare quali informazioni possono essere scartate.

### **• Interazione**

Lo strato di interazione che collega il mondo fisico e virtuale è costituito da tre parti fondamentali: l'esperienza immersiva dell'utente, i gemelli digitali, e la creazione di contenuti.

Le porte del Metaverso sono accessibili a chiunque e per entrarci non sono richieste competenze speciali. Sono sufficienti:

1. un computer, sostituibile con uno smartphone
2. una connessione Internet
3. un account, su una delle piattaforme del mondo virtuale

4. eventualmente dei visori di realtà aumentata per rendere l'esperienza più immersiva.

Attualmente il dispositivo più popolare nel campo della realtà virtuale è un display posto sul capo (HMD, Head-mounted display). A differenza della TV o degli schermi di grandi dimensioni, questo dispositivo è dotato di uno schermo più piccolo, ma che, una volta indossato, dà la stessa sensazione di guardare un grande schermo.

Gli HMD di oggi si sono evoluti attraverso una varietà di sensori e tecnologie wireless. Il più noto di tutti è l'Oculus Rift (Fig.8). A differenza degli HMD già esistenti, l'Oculus Rift utilizza sensori per rilevare i movimenti dell'utente e mostrarli sul display: per esempio, quando l'utente gira la testa a sinistra anche lo schermo gira a sinistra.

Il dispositivo, quindi, aiuta a creare 360 gradi di realtà virtuale e una grande diversità di contenuti.

La recente popolarità della realtà virtuale ha spinto molte aziende, tra cui Sony, Samsung, LG e Google, a sviluppare HMD più avanzati (Fig. 5).

I precedenti richiedevano dispositivi di controllo come un joystick per manipolare lo schermo, con quelli attuali invece non c'è la necessità di tali controlli separati, ma si lascia che lo schermo sia controllato dalla rotazione del capo degli utenti.

Gli HMD consentono livelli di immersione nei contenuti assolutamente superiori rispetto a qualsiasi altro dispositivo di realtà virtuale: una volta che gli utenti lo indossano, sono in grado di concentrarsi sui cambiamenti dello schermo che si verificano proprio davanti ai loro occhi, senza altre interferenze.

Poiché gli HMD possono facilmente connettersi agli smartphone, non richiedono dispositivi o cavi separati per la visualizzazione di immagini e suoni. Usano anche GPS, sensori geo-magnetici e giroscopi presenti negli smartphone, riducendo i costi e consentendo agli utenti di progettare contenuti in modo da poter sperimentare una diversità di esperienze di realtà virtuale.

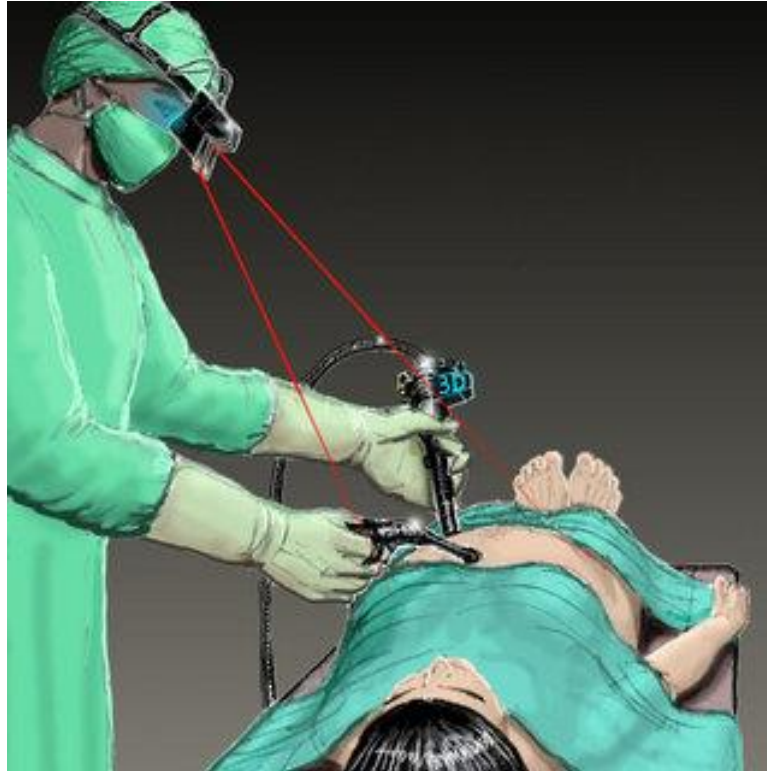
Gli HMD possono essere utilizzati a supporto di molte attività in settori differenti, nelle Fig.9 e Fig.10 vengono riportati alcuni esempi.



*Fig.8 Oculus Rift (<https://jobbiecrew.com/oculus-rift/>)*



*Fig.9 Uso di HDM per addestramenti militari (<https://www.roadtovr.com/the-gulf-between-high-end-military-vr-and-consumer-vr-is-rapidly-shrinking/>)*



*Fig.10 Uso di HMD durante interventi chirurgici ([https://www.researchgate.net/figure/Minimally-invasive-laparoscopic-surgery-using-a-motion-tracked-see-through-HMD\\_fig5\\_249969290](https://www.researchgate.net/figure/Minimally-invasive-laparoscopic-surgery-using-a-motion-tracked-see-through-HMD_fig5_249969290))*

### **-Esperienza utente coinvolgente**

Per ottenere e ricreare un'esperienza utente immersiva, ci sono due componenti principali che dovrebbero essere considerate nelle interazioni tra gli utenti e il Metaverso: in primo luogo, il Metaverso dovrebbe ricevere dati dal mondo fisico in modo che gli utenti possano controllare i loro avatar per completare le azioni corrispondenti. Come mostrato nel film Ready Player One (Spielberg, 2018), il protagonista è su un tapis roulant e indossa HMD (head mounted display), guanti, e una speciale tuta in modo che tutte le sue azioni possano essere catturate. In secondo luogo, le tecnologie di rendering in tempo reale 3D come VR/AR sono considerate le principali interfacce di interazione. Inoltre, è necessario anche il feedback tattile, di cui è già equipaggiata la maggior parte dei controller di gioco, come Nintendo Switch9.

### **-Gemelli digitali**

Ad eccezione degli utenti, nel Metaverso altri oggetti o cose del mondo fisico potrebbero interagirci presentandosi come gemelli digitali nel mondo virtuale. I parametri dei dispositivi fisici possono essere raccolti tramite tecnologie di rilevamento onnipresente per mantenere gli stessi stati dei loro corrispondenti gemelli digitali: questa è una zona interdisciplinare che dovrebbe coprire un gran numero di argomenti

correlati, come la scienza dei materiali, Internet of Things (IoT), riconoscimento di pattern ecc. (Paulovich, 2018; Essa, 2000).

Dopo l'operazione e l'elaborazione nel Metaverso, i parametri in ambienti virtuali possono essere inviati al dispositivo fisico e i loro stati nel mondo reale possono essere cambiati.

#### **-Interfaccia per la creazione di contenuti**

Il Metaverso è un mondo virtuale in evoluzione con scalabilità e interoperabilità illimitate. Gli operatori costruiscono gli elementi di base, mentre il contenuto innovativo viene generato dagli utenti (UGC). Pertanto, la creazione di contenuti ad alta efficienza è un altro componente significativo per le interazioni tra gli utenti e il Metaverso. Per edifici, oggetti e ambienti che esistono nel mondo fisico, possiamo applicare approcci di ricostruzione 3D per costruire gemelli digitali nel Metaverso (Ma and Liu, 2018). Per generare modelli 3D, gli utenti possono utilizzare software di modellazione 3D (come 3ds Max, Blender, o Maya), ma questi sistemi di modellazione sono altamente dipendenti dalla conoscenza e dall'esperienza professionale, difficile da replicare per i dilettanti.

- **Ecosistema**

L'ecosistema può fornire un mondo vivente parallelo, che arriverà ad essere a disposizione continua di tutti gli abitanti del mondo. In particolare, le persone possono avere esperienze sociali completamente diverse dalle attività nel mondo reale, come l'interazione con un personaggio controllato dal gioco stesso che non può essere interpretato dagli utenti (NPC, *Non-Player Character*).

Si possono distinguere quindi le tre parti che costituiscono lo strato di ecosistema: UGC, economia e AI.

#### **-Contenuto generato dall'utente**

L'UGC è qualsiasi forma di contenuto che è stato creato dagli utenti piuttosto che dagli sviluppatori/operatori di piattaforme online. Diversamente dalle comunità di gioco tradizionali come Steam, gli obiettivi dei giocatori non sono di seguire le regole dello sviluppatore, ma piuttosto di esplorare liberamente e creare contenuti di proprio stile. Quindi, gli UGC nel Metaverso tendono ad essere eterogenei e richiedono titolarità. Gli NFT forniscono un nuovo approccio agli UGC nel Metaverso, andando a certificare che un bene digitale è unico e non intercambiabile.



In particolare, gli utenti possono memorizzare il loro UGC come un NFT sulla blockchain, e commerciare UGC attraverso smart contract per ottenere il compenso.

### **-Economia**

L'economia è un fattore importante in un ecosistema, in quanto potrebbe offrire contenuti ricchi e creare una comunità vivace nel Metaverso. La finanza decentralizzata, basata su contratti intelligenti e Non Fungible Token (NFT), offre un modo per innovare i modelli economici nel Metaverso: le soluzioni di successo esistenti, come Uniswap (Angeris, 2019), uno scambio decentralizzato (DEX) su Ethereum, fornisce automaticamente agli utenti liquidità per i loro tokens. Attualmente, le principali attività economiche nel Metaverso includono principalmente l'asta di beni virtuali, come terreni, oggetti rari e immobili preziosi, sviluppo e leasing di terreni, premi per determinate attività nei giochi e investimenti in criptovalute. Così il Metaverso dà alla luce una nuova forma di finanziamento che trae ispirazione dal mondo reale e virtuale.

### **-Intelligenza artificiale**

La tecnologia AI funge da "cervello" nel Metaverso: abilita servizi personalizzati (ad esempio la creazione di avatar), crea scene nel Metaverso e rendering, ha un supporto multilingue che impara dal massiccio input multimodale tramite inferenza dei big data (Pham, 2022). Inoltre, l'intelligenza artificiale consente interazioni intelligenti (ad esempio, guida all'acquisto intelligente e previsione del movimento degli utenti) tra utente e avatar/NPC attraverso il processo decisionale intelligente. Ad esempio, tramite l'apprendimento continuo delle espressioni facciali, delle emozioni, delle acconciature degli utenti, e così via, gli algoritmi AI sono in grado di creare un avatar personalizzato e fornire beni e informazioni utili agli utenti nel Metaverso.

L'AI facilita la nostra vita in molte aree compresi i trasporti intelligenti, l'assistenza sanitaria, il monitoraggio ambientale e la sicurezza pubblica.

Il concetto chiave del Metaverso risiede nei suoi dati sofisticati di analisi per la comprensione, il monitoraggio, la regolazione e la pianificazione.

Oltre alle applicazioni di cui sopra, gli NPC guidati dall'intelligenza artificiale sono una parte indispensabile del Metaverso: in particolare, gli NPC sono personaggi gestiti da computer che agiscono come nemici, partner, e supportano i personaggi nelle sfide, offrendo assistenza.

L'AI utilizza principalmente il deep learning (DL) e l'apprendimento di rinforzo (RL) che consentono di raggiungere progressi nella visione artificiale (CV) e nel processo del linguaggio naturale (NLP). Infatti, l'apprendimento automatico, in particolare il deep

learning (DL), è un ramo importante dell'intelligenza artificiale (AI) che consente alle macchine di imparare da enormi quantità di dati.

Indubbiamente, il Metaverso genererà enormi quantità di dati complessi, fornendo ricche opportunità per il DL: possiamo usare gemelli digitali nel Metaverso per l'assistenza sanitaria intelligente, è stato progettato – ad esempio – un prototipo per la chirurgia a distanza utilizzando gemelli digitali dei pazienti (Laaki, 2019), operazioni chirurgiche sul gemello digitale saranno ripetute sul paziente utilizzando un braccio robotico assistito da DL.

### **3.8 Le quattro dimensioni del Metaverso**

Nel 2007 la Acceleration Studies Foundation (ASF) aveva esplorato il futuro virtuale e 3D del World Wide Web in un progetto di previsione chiamato il Metaverse Roadmap (MVR).

In questo progetto, per spiegare le dimensioni del Metaverso, vengono utilizzati due assi che influenzano il modo in cui esso andrà a svilupparsi. Il primo asse va dall'ampliamento (tecnologie che si basano sulla realtà e aggiungono nuove capacità ai sistemi reali esistenti), alla simulazione (tecnologie che copiano la realtà e si comportano come nuove realtà parallele); mentre il secondo asse va dalle tecnologie che si concentrano sul comportamento e sulle azioni degli individui che hanno impatto sul loro ambiente (intimo, interno), ai meccanismi che si concentrano sullo sviluppo dell'ambiente che circonda gli utenti (esterno).

Nel dettaglio:

- L'Augmentation si riferisce a tecnologie che aggiungono nuove capacità/funzionalità ai sistemi reali esistenti; nel contesto del Metaverso, sono delle tecnologie che aggiungono nuovi sistemi di controllo e informazioni alla nostra percezione dell'ambiente fisico.
- La simulation si riferisce a tecnologie che modellano la realtà (o realtà parallele), andando a ricreare ambienti completamente nuovi; nel contesto del Metaverso, sono tecnologie che permettono interazione tra le persone in mondi simulati.

In poche parole, la tecnologia aumentata e la simulazione possono essere suddivise in base al fatto che le informazioni saranno implementate nella realtà fisica o nella realtà virtuale.

Il Metaverso poi è diviso in un mondo interno e uno esterno:

- Le tecnologie incentrate sull'identità sono focalizzate interiormente sull'identità e sulle azioni dell'individuo o dell'oggetto; nel contesto del Metaverso, ciò significa tecnologie in cui l'utente (o l'oggetto semi-intelligente) ha un ruolo nell'ambiente, attraverso ad esempio l'uso di un profilo avatar/digitale.
- Le tecnologie esterne sono focalizzate verso l'esterno, quindi verso il mondo in generale; nel contesto del Metaverso ciò significa tecnologie che permettono di visualizzare informazioni e di controllare/modellare il mondo intorno all'utente.

Dall'incrocio di questi due assi è possibile andare a individuare le quattro dimensioni del Metaverso (Fig.11):

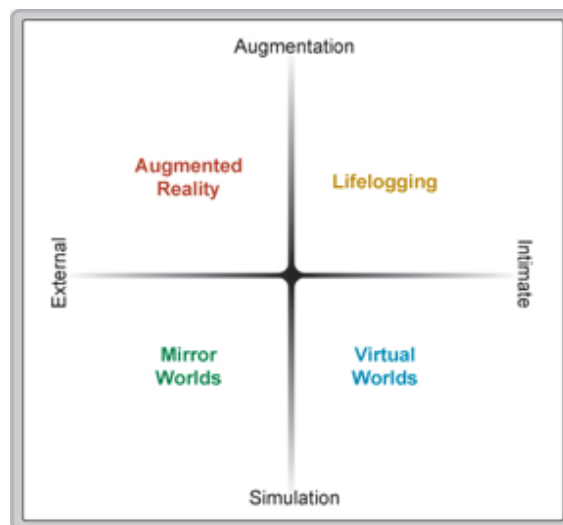


Fig.11 Le quattro dimensioni del Metaverso (<https://www.metaverseroadmap.org/overview/>)

- **Realtà aumentata:** le tecnologie del Metaverso migliorano il mondo fisico esterno per l'individuo, attraverso l'uso di sistemi e interfacce che elaborano e stratificano le informazioni in rete, ampliando la nostra percezione quotidiana del mondo. Utilizzando il GPS integrato e il Wi-Fi in un dispositivo mobile, la realtà aumentata fornisce informazioni di collegamento adatte alle informazioni sulla posizione dell'utente o riconosce un marcatore in un codice QR per aumentare le informazioni già esistenti. Inoltre, il mondo reale e la grafica

virtuale possono essere miscelati e visualizzati in tempo reale attraverso occhiali o lenti.

Ad esempio, la maglietta virtuale di Curiscope è una maglietta a realtà aumentata che consente agli studenti di esaminare l'interno del corpo umano come se fosse un laboratorio di anatomia (Curiscope, 2021). Anche in campo medico, stanno emergendo vari esempi di tecnologia della realtà aumentata.

Recentemente, un team di ricerca in un ospedale di Seoul ha sviluppato una piattaforma di chirurgia spinale che ha applicato la tecnologia di realtà aumentata in collaborazione con dei laboratori universitari: questa piattaforma utilizza una proiezione in tempo reale di una vite pedicolare utilizzata per il fissaggio spinale su una struttura del corpo umano come grafica di sovrapposizione basata sulla realtà aumentata (Park, 2021). Inoltre, sulla base di questa tecnologia, verrà sviluppato un programma di educazione alla chirurgia spinale per implementare un sistema educativo efficace che può essere applicato alla chirurgia reale.

- **Lifelogging:** sono dei dispositivi intelligenti con cui le persone registrano la loro vita quotidiana su Internet o smartphone. Esempi tipici di lifelogging includono Twitter, Facebook e Instagram.

Recentemente, ci sono stati servizi che utilizzano informazioni biometriche memorizzate attraverso dispositivi indossabili in campo medico. (i monitor sanitari sono un altro esempio di lifelogging)

Un altro esempio di lifelogging sono dei dispositivi che collegano sensori come Nike Plus per monitorare la quantità di esercizio e la qualità o la posizione. Come esempio rappresentativo, il sistema di intelligenza artificiale Classting (AI) in Corea è servizio di social networking educativo. In particolare esso analizza i risultati di apprendimento degli studenti e fornisce un apprendimento personalizzato in tutte le materie (Classiting, 2021).

- **Mondo specchio**

Il mondo specchio è un tipo di simulazione (cartografica) del mondo esterno che si riferisce a un modello virtuale o a un "riflesso" del mondo reale arricchito di informazioni (Smart, 2007). Esso è un Metaverso dove l'aspetto, l'informazione e la struttura del mondo reale vengono trasferiti alla realtà virtuale come se

fossero riflessi in uno specchio: tutte le attività nel mondo reale possono essere svolte attraverso Internet o applicazioni mobili e il mondo specchio è quel luogo che rende la vita nel mondo reale conveniente ed efficiente. Esempi di mondi specchio rappresentativi utilizzati nell'educazione includono "laboratori digitali" e "spazi educativi virtuali" creati in vari mondi specchio.

**Laboratori digitali.** Gli utenti si possono incontrare, giocare con persone fisicamente distanti nel mondo specchio e svolgere determinati compiti. La piattaforma Foldit offre a tutti i partecipanti l'opportunità di contribuire alla ricerca scientifica attraverso dei giochi: ad esempio, il gruppo di David Baker all'università di Washington, che studia la struttura delle proteine, ha proposto un gioco in cui i giocatori ottengono punti cercando un trattamento per combattere l'AIDS, si sono raggiunti 60.000 partecipanti in 10 giorni (Khatib, 2011).

**Spazi educativi virtuali.** Un esempio rappresentativo sono i sistemi di videoconferenza come Zoom, Webex, Google Meet e Teams che stanno giocando il ruolo delle aule tradizionali nel funzionamento in tempo reale delle classi remote non face-to-face durante e nell'era post COVID-19.

Gathertown è una piattaforma di videoconferenza online che supporta la conversazione e gli affari in uno spazio virtuale (Gather, 2021): le sue funzioni principali includono la chat, l'interazione con i collegamenti esterni e la decorazione degli spazi.

Il Metaverso del mondo specchio ha un grande potenziale educativo come modo per espandere in modo efficiente le informazioni e le funzioni necessarie per l'apprendimento, mentre mostra il mondo reale esattamente come se si riflettesse in uno specchio (Kim, 2020). (altri esempi sono: Google Maps, Google Earth, spazi educativi)

- **Realtà virtuale:** è un tipo di Metaverso in cui la tecnologia di realtà virtuale include sofisticata grafica 3D, avatar e strumenti di comunicazione istantanea. Si tratta di un mondo in cui gli utenti si sentono completamente parte di una realtà virtuale (una realtà 3D online interamente virtuale nel quale è possibile accedere esclusivamente tramite avatar). Essa ci fa vedere un'immagine piatta in tre dimensioni basata sul principio di funzionamento dei nostri occhi (Jung, 2021); è anche descritto come uno spazio 3D basato su Internet, a cui più utenti possono accedere contemporaneamente e partecipare creando un avatar. In

questo Metaverso della realtà virtuale, lo spazio, il background culturale, i personaggi e le istituzioni sono progettati in modo diverso dalla realtà: l'avatar che agisce per conto dell'utente esplora uno spazio virtuale con personaggi AI, comunica con altri giocatori e raggiunge determinati obiettivi.

Zepeto e Roblox sono due esempi di realtà virtuale: Zepeto è un servizio interattivo basato su avatar 3D che è apparso più recentemente; mentre Roblox è una piattaforma in cui chiunque può creare realtà virtuale e creare giochi da solo per divertirsi con gli amici e impegnarsi in varie esperienze creative (Long, 2016).

Il primo è un servizio di avatar di realtà aumentata gestito da Naver Z, ed è una piattaforma di Metaverso sviluppata in Corea. Lanciato nel 2018, permette di creare degli "avatar 3D" utilizzando il riconoscimento facciale, la realtà aumentata e la tecnologia 3D al fine di comunicare con altri utenti e di sperimentare varie realtà virtuali. Quando qualcuno scatta una foto o carica un'immagine salvata nel suo smartphone, viene creato un personaggio che assomiglia all'utente attraverso la tecnologia AI, ed è poi possibile personalizzare il colore della pelle, l'altezza, l'espressione del viso, i gesti e lo stile di moda a loro piacimento. Varie attività come giochi e giochi di ruolo educativi possono essere eseguite attraverso più mappe. Ad esempio un insegnante può selezionare una mappa della classe, aprire una stanza, invitare gli studenti e interagire tra loro tramite voce o messaggi attraverso essa (Snow Corp., 2021).

Per quanto riguarda Roblox, invece, è una piattaforma di realtà virtuale lanciata nel 2006, dove si può creare il proprio spazio e divertirsi giocando in tempo reale con altri utenti. Lee e Han spiegano che Roblox è un "secondo mondo reale" in cui viene utilizzata la valuta virtuale "Robux" (Lee, 2021). È caratterizzato dal fatto che gli utenti sono in grado di creare giochi da soli in realtà virtuale, utilizzando l'avatar a forma di Lego o di partecipare a giochi realizzati da altri. (Roblox Corp.,2021).

### **3.9 Applicazioni presenti e proposte d'uso**

Il Metaverso è un mondo che può essere utilizzato per svolgere un gran numero di attività anche molto diversificate tra loro, quelle più importanti sono:

- **Gioco, intrattenimento ed eventi:** l'industria del gioco è vista come una delle principali investitrici e divulgatrici del Metaverso. La tecnologia utilizzata nel Metaverso è stata implementata per la prima volta nel mondo dei giochi per computer, e questo non è sorprendente, poiché consente ai giocatori di interagire con altri partecipanti in un unico ambiente virtuale.

Un evento nel Metaverso è un'attività svolta in un ambiente virtuale piuttosto che fisico, in altre parole: invece di andare in una sala da concerto, stadio o auditorium, si partecipa all'evento tramite un dispositivo da casa. Concerti, incontri, conferenze, corsi universitari, eventi sportivi e tornei di gioco sono solo alcune delle possibilità.

Ad esempio, Edoardo Di Pietro, è stato il primo studente in Italia a laurearsi e discutere la tesi con un avatar nella realtà virtuale del Metaverso. (<https://www.open.online/2022/07/02/torino-prima-laurea-Metaverso-edoardo-di-pietro-foto/>)

- **Moda:** brand di lusso come Gucci e Dolce & Gabbana, ma anche le catene di fast fashion come Zara, H&M e Benetton non hanno perso l'occasione di aprire i loro flagship store (punti vendita creati dai brand per comunicare i valori aziendali e la brand identity) nei Metaverse Fashion District, creando per gli utenti delle vere e proprie esperienze immersive.

Ne è un esempio la Metaverse Fashion Week, che ha avuto luogo lo scorso marzo a Decentraland e che ha rappresentato la prima e più grande fashion week interamente digitale del mondo con quattro giorni di sfilate e oltre 60 brand, designer e artisti dai nomi noti. (<https://dirittodellinformazione.it/Metaverso-potenziali-applicazioni-e-attivita/>)

- **Smart working:** la crescente popolarità della tecnologia del Metaverso sta portando cambiamenti significativi ai processi di business tradizionali.

I progetti che vengono lanciati oggi consentiranno il lavoro remoto nello spazio virtuale, rendendo inutile la presenza fisica del dipendente in ufficio.

Con l'avvento degli uffici virtuali la comunicazione e la collaborazione negli spazi di co-working saranno realizzate tramite dispositivi di realtà virtuale, e l'ufficio tradizionale diventerà obsoleto.

Inoltre consentiranno l'organizzazione di riunioni a distanza: oggi questi incontri sono condotti su Skype e Zoom, ma grazie al Metaverso un giorno si terranno in una stanza virtuale dove ogni partecipante sarà presente sotto forma di avatar.

Molte aziende stanno già lavorando alla creazione di un'infrastruttura aziendale virtuale. Sono nati uffici virtuali di ben note società come Nike, McDonald's, YouTube, The Walt Disney Company, e Intel, al fianco di piccole ma ambiziose startup come Inworld AI, Upland, e Gravity Sketch.

- **Psicoterapia:** la realtà virtuale trova applicazione nelle terapie cognitivo-comportamentali volte al superamento delle fobie.

I ricercatori dell'Università di Basilea, ad esempio, hanno sviluppato un'applicazione che i pazienti possono utilizzare a casa sul proprio smartphone per allenarsi a sconfiggere la paura dell'altezza.

Si sta diffondendo anche l'immersione in mondi virtuali per alleviare il dolore fisico: la piattaforma SnowWorld, basata sulle ricerche condotte presso l'Università di Washington, punta a ridurre il dolore dei pazienti ustionati durante la cura delle ferite sfruttando la componente psicologica della percezione del dolore (<http://www.hitl.washington.edu/projects/vrpain/>), quindi immergendo i pazienti in un ambiente virtuale ghiacciato, la loro attenzione viene assorbita dall'attività di lanciare palle di neve contro alcuni bersagli, lasciando meno risorse disponibili per l'elaborazione dei segnali di dolore.

La realtà virtuale viene sperimentata anche nel trattamento della Sindrome da Stress Post Traumatico sui reduci di guerra: BraveMind, un software sviluppato dalla University of Southern California, permette ai veterani di rivivere il trauma in un ambiente sicuro, monitorati da un team di terapeuti (<https://medvr.ict.usc.edu/projects/bravemind.html>).

Di seguito si riportano alcuni casi studio ed esempi di applicazione.

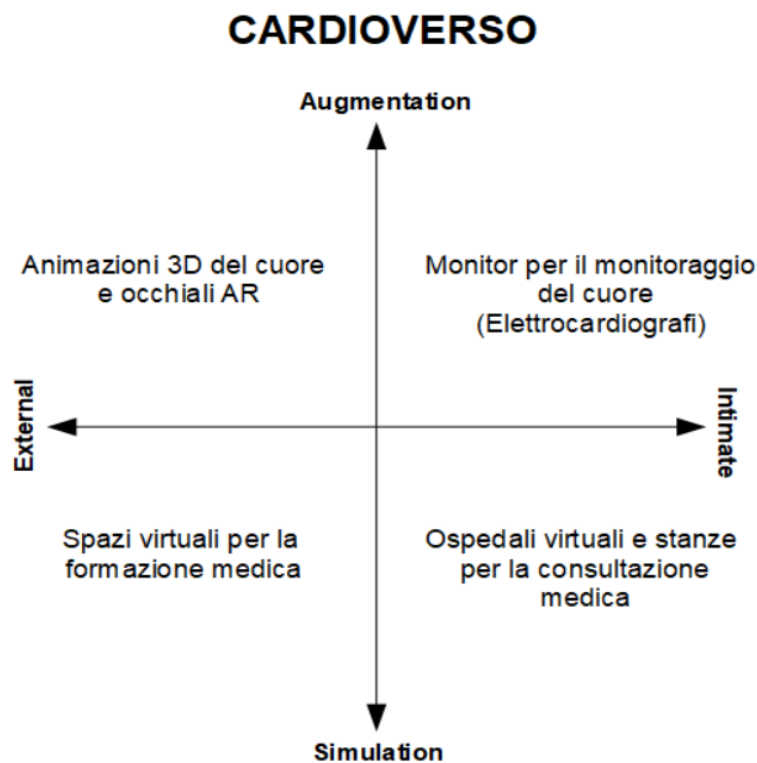
### **3.9.1 CardioVerso**

Sebbene il mondo sanitario sia un campo tradizionalmente lento ad abbracciare i cambiamenti di ispirazione tecnologica, la comunità cardiovascolare ha sempre esplorato modi nuovi per applicare innovazioni tecnologiche moderne ed efficaci nella pratica clinica.



Lo sviluppo di un Metaverso mirato alla cardiologia è il CardioVerso, un termine teorico che rappresenta l'adozione del Metaverso dalla medicina cardiovascolare, includendo tutte le potenziali applicazioni e sfide che la seguono, si concentrerebbe sui diversi modi di cui cardiologia e chirurgia cardiaca potrebbero beneficiare di questa tendenza digitale.

Nella Fig.12 viene rappresentato un modello modificato della Fig.11 per il CardioVerso che si basa sui 2 assi e i 4 tipi di Metaverso. A prima vista, lo spettro di possibilità e applicazioni mediche all'avanguardia fornite da CardioVerso appare immenso, ma allo stesso tempo, come vedremo in seguito, solleva molte questioni di sicurezza, tecnologiche ed etiche (Snow Corp., 2021).



*Fig.12 Il CardioVerso*

Alcuni esempi applicativi di questa tecnologia nel campo possono essere:

- **Visite mediche potenziate**

Con il Metaverso si aspira a migliorare le visite mediche di cardiologia: i pazienti e i medici possono incontrarsi in una clinica virtuale 3D offrendo un'esperienza al paziente molto migliore; un cardiologo o un cardiocirurgo possono fare consulenze virtuali e

follow-up (fase di controllo continua o periodica programmata) con i pazienti per valutare i progressi della malattia e discutere i risultati degli esami.

Non tutte le visite cardiovascolari richiedono forzatamente un esame fisico, poiché molte visite possono essere effettuate indipendentemente dalla localizzazione dei partecipanti (Skalidis, 2022). È innegabile che il contatto fisico non possa essere riprodotto in un mondo virtuale, e il CardioVerso non aspira a sostituire incontri che richiedono un contatto diretto, ma mira comunque a migliorare le visite di telemedicina e a farle avvicinare quanto più possibile a quelle fisiche, il che potrebbe portare a numerosi vantaggi in particolare per coloro che vivono in aree remote o hanno difficoltà ad effettuare le visite presso l'ospedale o la clinica. (ad esempio, a causa di disabilità fisiche). Il paziente può misurare la pressione sanguigna, i livelli di glucosio, la frequenza cardiaca e persino eseguire un elettrocardiogramma con dispositivi ECG a 12 derivazioni a distanza (Maurizi, 2017), che si basa su un app per smartphone che integra e proietta direttamente tutti i risultati sulla piattaforma nel Metaverso, dove il medico e il paziente possono interrogare, esaminare e discutere i risultati facendo una diagnosi virtuale.

La rappresentazione virtuale tramite avatar può trasformare le consultazioni già esistenti, basate su videochiamate remote, in un'interazione più vivida tra paziente e medico fornendo illustrazioni ad alta risoluzione, ricostruzione del personaggio 3D e dell'ambiente (le applicazioni di scansione facciale sono già in fase di sviluppo) ed eventualmente una gestione sicura ed efficiente dei dati. Gli ospedali virtuali sono già in fase di costruzione e sono mirati a questo nuovo modo di fornire assistenza sanitaria con possibilità parallele per l'educazione, la prevenzione e la diagnosi delle malattie ("Health City", 2017).

- **Assistere procedure chirurgiche e interventistiche**

Basandosi sull'uso dei robot chirurgici tramite AR/VR e AI, il Metaverso potrebbe contribuire notevolmente ad aumentare l'efficienza e la precisione nelle procedure interventistiche cardiovascolari di varia complessità, diminuendo le probabilità di complicazioni. L'adozione di tale tecnologia aggiungerà un'ulteriore profondità nella visualizzazione delle cavità cardiache, dell'anatomia coronarica e del sistema vascolare, garantendo una migliore operatività grazie ad una guida in tempo reale, attraverso l'integrazione con dei sistemi di navigazione chirurgica e la miscelazione dei dati

provenienti da più fonti di diagnostica per immagini (possibile osservare un'area di un organismo non visibile dall'esterno, radiologia).

Il Seoul National University Hospital in Corea ha creato nel 2021 una combinazione di sala operatoria intelligente e ambiente Metaverso, dove più di 200 chirurghi toracici provenienti da vari paesi hanno partecipato e sono stati formati alla chirurgia polmonare attraverso telecamere a realtà virtuale di altissima risoluzione, che trasmettono tutte le scene chirurgiche a 360 gradi (Koo, 2021): i partecipanti hanno indossato un visore VR nei loro rispettivi laboratori, o si sono uniti all'ambiente virtuale con i loro laptop, dichiarando poi che sembrava stessero osservando la procedura in una vera stanza.

- **Rimodellare l'educazione cardiovascolare**

L'educazione medica sembra avere prospettive illimitate riguardo l'adozione del CardioVerso: poiché la formazione medica varia a seconda della zona e del tempo, tutto il personale sanitario può sperimentare attraverso il Metaverso la stessa istruzione standardizzata e basata sull'evidenza, indipendentemente da dove e quando sono istruiti. L'uso combinato di AR/VR e AI apre nuove prospettive per la formazione medica, consentendo di vedere un paziente virtualmente, fargli una diagnosi e curarlo.

Può anche consentire agli studenti di "entrare" in un corpo umano virtuale, ottenendo una visione a 360 ° in scala reale del sistema cardiovascolare o simulando le effettive procedure cardiache. Le proiezioni anatomiche virtuali colorate delle arterie coronarie e delle valvole cardiache sono già pronte per essere sviluppate in 3D e potrebbero essere integrate all'interno del Metaverso per creare corsi completi di cardiologia AR/VR per studenti. Anche le rappresentazioni virtuali di angioplastica coronarica, che possono guidare passo dopo passo i tirocinanti interventistici, appaiono una possibile applicazione educativa all'interno del Metaverso.

Poiché le opportunità di formazione direttamente sul campo, per quanto riguarda la cardiologia interventistica e chirurgia cardiaca, non sono sempre facili da trovare a causa della crescente domanda e della mancanza di centri di formazione sufficienti, i corsi educativi virtuali potrebbero essere un'alternativa utile in questi casi (Suh, 2022).

A gennaio 2022, gli studenti di medicina presso l'ospedale Queen Mary di Londra hanno ricevuto la prima lezione di chirurgia nel Metaverso e i partecipanti sono stati collegati tramite un'applicazione desktop per computer VR o tramite un visore VR, che

ha dato loro la possibilità di godere di un'esperienza più interattiva all'interno del Metaverso rispetto alle esperienze online convenzionali (Queen Mary University, 2022). Inoltre l'educazione dei pazienti all'interno del CardioVerso sarà aggiornata: gli approcci tradizionali di spiegazione attraverso solo i grafici e le conversazioni possono essere duri e difficili da seguire, mentre con semplici animazioni 3D e attrezzature VR, i pazienti possono effettivamente scoprire che tipo di problema cardiaco hanno, capire le basi della loro malattia e partecipare in modo adeguato alle opzioni di decisione del trattamento.

- **Collegamento con le tecnologie di telemedicina**

Al momento, una delle sfide più grandi è il raggiungimento dell'integrazione e della compatibilità del Metaverso con i dispositivi medici attualmente disponibili.

Un modello ottimale del CardioVerso si baserebbe sull'interoperabilità, integrando i servizi sanitari e le applicazioni a disposizione del paziente a casa (elettrocardiogramma a 12 poli di distanza, misuratori di frequenza pressione-cuore, misuratori di saturazione di ossigeno, calcolatori di glucosio nel sangue) i cui risultati saranno proiettati direttamente nel Metaverso: il medico li discuterà quindi tramite un avatar virtuale con il paziente e interpreterà i risultati ricavati da tutti i dispositivi di monitoraggio della salute, raggiungendo una diagnosi finale che potrà condividere con il paziente.

La combinazione delle innovazioni della telemedicina con il Metaverso è considerata un elemento chiave del CardioVerso funzionale, concreta ed evolutiva.

- **Sfide e integrazione con gli NFT**

Come anticipato, si dovranno superare molte sfide e gli ostacoli saranno probabilmente in diversi settori quali la sicurezza, la tecnica, la legislazione e la regolamentazione.

La privacy e la sicurezza dei dati dei pazienti sono una delle principali preoccupazioni nel Metaverso, in quanto le violazioni potrebbero portare all'eliminazione o al furto di informazioni sensibili: l'essenza decentralizzata del Metaverso, in esecuzione sulla blockchain, porta nuovi modi di crittografare i dati dei pazienti e far rispettare la conformità agli standard medici in pratiche e processi.

Lo stato di salute del paziente, i dati e le informazioni sulle malattie rappresentano uno dei beni più preziosi nell'assistenza sanitaria ed è molto importante ottimizzare la loro gestione, la loro sicurezza e la loro condivisione. La tokenizzazione e conversione dei

dati dei pazienti (informazioni mediche, condizioni di salute, risultati degli esami e moduli di consenso) in NFT potrebbe migliorare la privacy e assicurare l'integrità e la riservatezza dei dati dei pazienti nella pratica clinica e nelle iniziative di ricerca. Questi ultimi potrebbero visitare il pronto soccorso e avere tutta la loro storia medica memorizzata nel proprio NFT personalizzato, a cui solo loro e il loro medico possono accedere (o qualsiasi altra persona che il paziente decide di dare accesso). In questo modo si potrebbero risparmiare tempo, sforzi e denaro per ospedali e pazienti invece di aspettare documenti esterni che molte volte vengono distribuiti a diversi medici o ospedali (Subramanian, 2022).

- **Problematiche iniziali**

Sfruttare appieno il potenziale del CardioVerso richiederà tecnologie all'avanguardia, il cui costo è decisamente non trascurabile. Più specificamente, richiede hardware high-tech che necessitano dei più recenti visori VR, monitor wireless per la pressione sanguigna e la frequenza cardiaca, futuri guanti tattili per imitare il tocco fisico e gli ultimi processori e schede grafiche per supportare il CardioVerso al massimo delle sue prestazioni.

Inoltre, la connettività Internet di fascia alta (5G e la fibra ottica) e le implementazioni blockchain che richiedono energia, sono essenziali per il corretto funzionamento degli ambienti virtuali. Anche se possiamo aspettarci che i costi diminuiscano progressivamente man mano che l'adozione si espande, è innegabile che sarà più difficile per le minoranze e per i paesi più poveri arrivare ad abbracciare questa nuova tecnologia, a differenza dei paesi più avanzati che potrebbero più facilmente permetterselo: i costi infrastrutturali complessivi per i fornitori di servizi sanitari non permetteranno un'imminente adozione di massa e i quantitativi di energia consumati in modo sproporzionato richiederanno fonti di energia alternative (Xi, 2022).

Uno dei principali quesiti ancora aperti riguarda la decentralizzazione del Metaverso, soprattutto quando milioni di aziende inizieranno ad unirsi e partecipare allo sviluppo e all'evoluzione del settore: il decentramento offre opportunità più eque e meno sfide antitrust, ma potrebbe anche mascherarsi da controllo dietro le quinte, rendendo più difficile tracciare o monitorare le azioni. Poiché il concetto è ancora nella sua infanzia e continua ad evolversi, i vantaggi e gli svantaggi di un'amministrazione privata, pubblica o decentralizzata, dovrebbero essere più diafani.

L'implementazione del CardioVerso richiederà la fiducia di tutti i partecipanti: ci sono ovviamente molti elementi preziosi che rendono l'incontro fisico unico, come le espressioni facciali e il linguaggio non verbale, che possono mancare nelle visite virtuali, e che sono spesso essenziali per costruire fiducia tra le parti. La tecnologia dovrà evolvere in modo tale da fornire fiducia ai medici che avranno bisogno di tutte le informazioni necessarie per una consultazione medica ottimale, ma anche ai pazienti che saranno in grado di comunicare e creare un forte rapporto con il loro medico all'interno il CardioVerso.

### **3.9.2 Metaverso come strumento per la formazione – Esempi di applicazione**

La formazione e l'istruzione, in generale, sono sempre state essenziali per lo sviluppo delle risorse umane all'interno delle aziende.

Prima della pandemia, le organizzazioni utilizzavano un mix di metodi, fisici (in presenza) e on-line, per formare i dipendenti. Le quarantene imposte in quel periodo hanno agito da catalizzatore e promotore delle pratiche online con una loro conseguente adozione dalla maggior parte delle organizzazioni, per formare e far lavorare le persone da casa. Molte organizzazioni come Spotify e Twitter stanno ora progettando di adottare il lavoro a distanza in modo permanente, portando i professionisti dello sviluppo delle risorse umane a cercare ambienti di lavoro e formazione immersivi.

Nello sviluppo dell'ambiente immersivo, le aziende hanno sperimentato sia con la realtà virtuale (VR) sia con la realtà aumentata (AR) diversi modi per la formazione dei dipendenti in diverse realtà industriali.

Società tecnologiche multinazionali come Google, Apple, Meta e Microsoft stanno investendo molto sul Metaverso. Con l'acquisizione da parte di Microsoft di Activision Blizzard, per \$68.7 miliardi di dollari (<https://www.ilsole24ore.com/art/microsoft-compra-societa-videogiochi-activision-687-miliardi-dollari-AEx3N18>), e con Facebook, ora rinominato Meta, ha investito \$ 10 miliardi per la divisione che si sta occupando ogni giorno del Metaverso ([https://www.hwupgrade.it/news/web/facebook-da-record-sta-spendendo-oltre-10-miliardi-di-dollari-per-il-futuro-Metaverso\\_101886.html](https://www.hwupgrade.it/news/web/facebook-da-record-sta-spendendo-oltre-10-miliardi-di-dollari-per-il-futuro-Metaverso_101886.html)),

l'industria della formazione e i loro clienti si stanno rendendo conto delle possibilità da esso offerte.

Il mercato globale del Metaverso dovrebbe espandersi a un tasso composto di crescita annuale del 43,3%, passando da 47,69 miliardi di dollari nel 2020 a 828,95 miliardi di dollari nel 2028, secondo gli analisti di Emergen Research (Emergen Research, 2021).

Le organizzazioni osservano con interesse le tecnologie emergenti, che possono aiutare a creare soluzioni ed ecosistemi in cui le stesse, insieme agli stakeholders e compresi i dipendenti, possono estendersi digitalmente oltre la presenza bidimensionale online. Sempre più organizzazioni ora vogliono esplorare le possibilità di utilizzare maggiormente avatar e ologrammi offerti in VR per un maggiore coinvolgimento, collaborazione e inclusione dei dipendenti, impegnati in lavori a distanza per incrementare produttività e apprendimento.

Esperti come Satya Nadella di Microsoft e Mark Zuckerberg di Meta credono che l'adozione della tecnologia immersiva nell'ecosistema virtuale aiuterà a colmare il divario tra l'efficacia online e offline.

Ad esempio, un progresso significativo nell'ambito della formazione dentistica è l'uso di guanti tattili che permetterebbero agli studenti di sentire oggetti virtuali mentre praticano la sutura o mentre iniettano l'anestesia. Oltre a questo, nel prossimo futuro si prevede di utilizzare le tecnologie impiegate nel Metaverso per avere conversazioni di telemedicina dentale con i pazienti attraverso l'uso degli avatar nel Metaverso; sarà possibile poi con l'uso di raggi X o immagini 3D avere una visione in diretta di un canale radicolare, vederne la morfologia, collocare un impianto, vedere l'esatta posizione dell'impianto e dell'osso al momento dell'intervento chirurgico, o aiutare a rimuovere una crescita tumorale.

I neurochirurghi dell'università di Johns Hopkins hanno eseguito i primi interventi chirurgici usando l'AR in pazienti in carne ed ossa quest'anno: hanno utilizzato un auricolare con un display trasparente posto su un occhio, che proietta immagini dell'anatomia interna del paziente, come ossa e altri tessuti, dando quindi ai chirurghi una visione a raggi X (Hopkins, 2022).

La VR come tecnologia per il training è stata utilizzata per molti anni in diversi scenari come nella vendita al dettaglio, nell'aviazione, nella polizia, nella chimica, negli sport, ecc.

Ad esempio, durante gli allenamenti di baseball, dispositivi come Rapsodo sono in grado di tenere traccia della velocità dei lanciatori, della velocità di rotazione, dell'efficienza di rotazione, dell'asse di rotazione, con l'aiuto dell'apprendimento automatico (<https://rapsodo.com/>). Altri dispositivi come K-Vest vengono impiegati per

catturare l'efficienza dell'oscillazione; mentre Swingtracker è un dispositivo che trasmette dati su angoli, piani e velocità per produrre un modello 3D dell'oscillazione di un giocatore (Woodruff, 2019).

Alcuni dei vantaggi della formazione immersiva includono la formazione in modo indipendente, in quanto non c'è bisogno di un lanciatore fisico o di una macchina pitching: tutti questi dati sono messi in VR per esercitarsi con gli avversari in un ambiente virtuale. Con l'apprendimento automatico è possibile in grado di simulare in realworld giochi in VR, che offrono scenari unici per allenare e superare le debolezze del giocatore anche durante i periodi in cui non hanno avuto accesso a strutture fisiche come durante la pandemia COVID-19.

Nel Metaverso, l'ambiente di gioco del baseball può essere creato virtualmente con squadre virtuali: si può giocare con spettatori virtuali, avversari, manager, allenatori e compagni di squadra in un ambiente immersivo (Fig.13).

Questo esempio può essere utilizzato come base per la formazione e la creazione di scenari e schemi di gioco, ma anche di situazioni pericolose e sensibili come la formazione medica, la formazione antincendio, l'addestramento militare, ecc.

Un altro esempio di applicazione è Microsoft Mesh che è una piattaforma di comunicazione e collaborazione che unisce VR, AR e ologrammi e consente la presenza e la condivisione di esperienze, utilizzando qualsiasi dispositivo da qualsiasi posizione (Microsoft, 2022), e consente agli utenti di creare avatar digitali da utilizzare come ologrammi all'interno del mondo digitale (Fig.14).

Il vantaggio più significativo che Microsoft Mesh offre è quello di effettuare del training insieme ad altre persone: con questo sistema, il training – come il lavoro – si può effettuare senza la necessità di viaggiare, con conseguente risparmio in termini di tempo e costi e in questo modo gli esperti possono condividere le loro opinioni e conoscenze in un ambiente virtuale. Microsoft ha anche introdotto Mesh for Teams, dove le persone possono incontrarsi e collaborare utilizzando lo spazio offerto in ambienti virtuali 3D (Microsoft, 2022).

Un altro caso d'uso è quello di Clostra che offre DeepMeet, un Metaverso in cui la leadership senior della US Air Force può partecipare a delle riunioni o corsi di formazione a distanza; esso trasforma i partecipanti in avatar 3D e, con l'aiuto di intelligenza artificiale, rispecchia i movimenti del mondo reale e le interazioni negli ambienti virtuali. Il software consente di creare modelli 3D di luoghi reali ed oggetti (Wiggers, 2022).





Fig.13 Allenamento di baseball nel Metaverso (<https://sabr.org/journal/article/the-future-of-baseball-training-starts-with-vr-but-leads-to-the-metaverse/>)



Fig.14 Metaverso proposto da Microsoft (<https://www.microsoft.com/en-us/mesh>)

- Futuro della formazione nel Metaverso.

Alcuni dei possibili problemi nella formazione immersiva 3D includono privacy e sicurezza: la maggior parte dei dipendenti non sono a proprio agio con il monitoraggio e la sorveglianza mentre lavorano online, e questo rappresenta un problema da non sottovalutare e molto importante da prendere in considerazione.

Diversi rapporti hanno evidenziato che l'adozione della VR da parte delle organizzazioni dovrebbe continuare a crescere in futuro e le organizzazioni adotteranno AR e VR per la formazione e gli incontri di lavoro. Si possono già notare interessi e contratti da parte di organizzazioni come Hyundai, Siemens, BMW, Chevron, Tyson e Adidas nei confronti di fornitori come Zepeto per la costruzione di ecosistemi di

formazione, che sono sufficienti a mostrare le possibilità e la crescita che le tecnologie del Metaverso detengono (Wiggers, 2022).

La più grande preoccupazione nell'adottare un sistema come il Metaverso, oggi sono i costi: gli investimenti iniziali per l'acquisizione di hardware e software rappresentano ancora una sfida significativa e fonte di preoccupazione per la maggior parte delle aziende. Tuttavia, gli esperti ritengono che il costo di accesso alle soluzioni di formazione 3D diminuirà con il tempo e il loro sviluppo, con la conseguente maggiore adozione del Metaverso per la formazione.

### **3.9.3 Nikeland**

Nel novembre 2021 Nike ha annunciato il proprio mondo virtuale in arrivo a Roblox, chiamato "Nikeland". Roblox è una piattaforma di videogiochi che si basa sulla logica del Metaverso, e ha una quota di mercato significativa nel settore dei giochi, con 47 milioni di utenti attivi al giorno (McDonald, 2021).

Questo nuovo mondo virtuale potrebbe presentare un'ottima opportunità per far crescere la consapevolezza e la vicinanza del marchio e testare idee per nuovi design di scarpe. Nikeland trasporta i giocatori in una replica virtuale del Nike Global Headquarters a Beaverton, Oregon (Fig.15), in cui gli utenti di Roblox possono uscire con gli altri, giocare a minigiochi e affrontare le loro avventure utilizzando materiali sportivi interattivi.

Di seguito sono riportate alcune interessanti opportunità nel Metaverso Nikeland:

- I giocatori possono divertirsi con giochi precostruiti come, ad esempio, dodgeball e "il pavimento è lava." Tuttavia, la piattaforma offre infinite opportunità di personalizzazione, consentendo agli utenti di creare giochi interattivi utilizzando il kit di strumenti Nikeland.
- I giocatori possono utilizzare gli accelerometri nei dispositivi mobile: incorporare movimenti della vita reale nei giochi di Nikeland, attività come il salto in lungo e le gare di velocità invitano gli utenti alla partecipazione attiva e fisica.
- Elementi di gamification<sup>1</sup>: tutti possono entrare a Nikeland gratuitamente, i giocatori guadagnano medaglie d'oro e nastri blu per completare le sfide ad esempio quella di costruire la loro proprietà o di esplorare il mondo virtuale: le

medaglie d'oro consentono ai giocatori di sbloccare nuovi “swag” per i loro avatar, mentre i nastri blu permettono di acquistare materiali per i loro cantieri.

- Gli utenti possono indossare prodotti virtuali Nike (Fig.16). Gli utenti possono sfogliare il Nikeland Showroom e selezionare scarpe, abbigliamento e accessori per vestire il loro avatar virtuale. Ad esempio, Nike permette agli avatar di vestire i prodotti più interessanti o innovativi sui loro personaggi.

Il Metaverso Nikeland aumenta anche le opportunità oltre il gioco: clienti provenienti da tutto il mondo possono visitare nel mondo virtuale la sede nell'Oregon, aumentando il loro coinvolgimento e accrescendo la vicinanza al marchio, possono vedere i nuovi prodotti Nike in anteprima e acquistarli sia online sia nel mondo reale.

Nel 2019, poco prima di lanciare Nikeland, la società ha presentato iniziative che suggerivano l'inizio della vendita di versioni digitali dei loro prodotti online nei mondi virtuali (chiamati "CryptoKicks"). Nike, in seguito, supportò questa strategia e il 13 dicembre 2021 acquistò la società digitale sneaker RTFKT che crea "scarpe da ginnastica utilizzabili nel Metaverso e da collezione" (Johnston, 2021).

Questo si collega al mercato dei token non fungibili, dove gli oggetti da collezione unici sono venduti come gettoni digitali attraverso la tecnologia blockchain, per convalidarne la proprietà.

Gli NFT sneaker non sono oggetti tangibili che i clienti possono indossare nel mondo fisico, ma andranno ai piedi di un avatar che cammina in un mondo virtuale, come quello di Nikeland. Tuttavia, la parte migliore è che tale token (CryptoKicks) può essere collegato a un prodotto del mondo reale, come un paio di scarpe da ginnastica fisiche.

È anche possibile mescolare virtualmente le caratteristiche di due scarpe digitali e poi, supponendo che sia fattibile la fabbricazione del nuovo design di scarpa, i proprietari potrebbero avere la loro CryptoKicks e potrebbero farsi realizzare e spedire delle scarpe fisiche personalizzate: questo potrebbe essere molto importante per il mercato di Nike che potrebbe vedere i suoi utili incrementare notevolmente in quanto i clienti richiederebbero un prodotto personalizzato.

Tuttavia, il fatto che Nike e altri grandi marchi business-to-consumer sono sempre più interessati nell'apparire nel Metaverso è solo l'inizio: il Metaverso si espanderà molto velocemente quando lo sviluppo colpirà l'enorme strato di marchi regionali e locali al di sotto dei grandi marchi globali.



*Fig.15 Riproduzione del Nike Global Headquarters in Oregon su Nikeland (<https://mages.edu.sg/event/metaverse-the-future-of-engagement/>)*



*Fig.16 Avatar vestiti con i prodotti Nike a Nikeland ([https://davemadden.substack.com/p/brand-experiences-in-the-metaverse?r=62r6k&utm\\_campaign=post&utm\\_medium=web](https://davemadden.substack.com/p/brand-experiences-in-the-metaverse?r=62r6k&utm_campaign=post&utm_medium=web))*

1. Utilizzo di meccanismi tipici del gioco e, in particolare, del videogioco, per rendere gli utenti o i potenziali clienti partecipi delle attività di un sito e interessarli ai servizi offerti. (<https://www.imparalafinanza.it/wp-content/uploads/2019/10/Brambilla.pdf/>)

## CONCLUSIONI

L'analisi condotta nelle pagine precedenti consente di affermare che la blockchain è un'innovazione tecnologica che potrebbe rivelarsi rivoluzionaria, al pari di quanto lo è stato internet nel secolo precedente.

Nel primo capitolo della tesi, oltre a definire e descrivere minutamente la tecnologia blockchain, si sono illustrate le varie innovazioni che si basano su di essa con l'obiettivo di far comprendere al lettore quanto importante sia tale tecnologia per il futuro, tenendo comunque sempre presenti le sfide che si dovranno affrontare per permetterne una diffusa adozione.

Come illustrato, inizialmente, la tecnologia venne impegnata per registrare e proteggere le transazioni effettuate con le criptovalute, in quanto garantisce costi ridotti, evitando il coinvolgimento di terze parti, velocità maggiori rispetto ai processi tradizionali e soprattutto maggiore sicurezza e trasparenza poiché i dati sono protetti da funzioni crittografiche.

In seguito, viste le sue grandi potenzialità, con la nascita di Ethereum e degli smart contract si sono presentate molte altre possibilità applicative, alcune delle quali si sono già affermate come le dApp, gli NFT, mentre altre stanno emergendo adesso come il Metaverso, la Defi e Dao.

Le principali barriere per l'adozione di questa tecnologia riguardano l'elevato consumo energetico e i problemi di archiviazione, dovuti a registri ingombranti che richiedono molto spazio, entrambi superabili con degli hardware più avanzati.

Nei due capitoli successivi si sono approfondite due innovazioni, che pongono le loro basi di funzionamento sulla blockchain: gli NFT e il Metaverso.

Anche in questo caso è stata fornita una descrizione quanto più accurata possibile di queste nuove tecnologie, riportando altresì dei casi d'uso e delle proposte applicative per metterne in risalto le caratteristiche e le opportunità per il futuro.

Gli NFT, nati nel 2014 come una nuova forma di arte digitale, si sono dimostrati negli ultimi due anni una tecnologia innovativa secondo molti punti di vista, che è già stata adottata in molti settori. Essi rappresentano una prova digitale di proprietà e, siccome vengono salvati sulla blockchain, risultano difficile da copiare e contraffare e, vista la trasparenza offerta da quest'ultima, chiunque può verificarne la proprietà.

Si sono voluti pertanto riportare alcuni casi applicativi, riguardanti il settore sportivo e il settore della moda, per mostrare come gli NFT forniscano esperienze esclusive e personalizzate accrescendo il coinvolgimento e il supporto degli utenti.

Nella supply chain essi aiutano i manager nel tracciamento e nell'autenticazione dei prodotti, in modo da prevenire i ritardi e combattere la contraffazione.

Inoltre, gli NFT permettono un'interazione diretta con i clienti, riducendo la presenza delle terze parti e abbassando di conseguenza i costi per le imprese o per i singoli artisti. Nonostante questo, in alcuni settori come quello immobiliare e quello finanziario, la loro applicazione risulta ancora solo teorizzabile in quanto le leggi non riconoscono ancora gli NFT come titoli di proprietà, e le istituzioni tradizionali centralizzate vorrebbero mantenere la loro posizione.

L'ultimo capitolo si focalizza sul Metaverso, che fa dell'immersività il suo punto forte.

Gli esempi riproposti mostrano come, nel mondo virtuale, l'educazione e la formazione in ambito scolastico, militare e medico possano essere più efficaci. Le interazioni stesse tra le persone sotto forma di avatar risultano più "vere", nonostante avvengano in un ambiente virtuale: ciò permette di svolgere con più facilità molte più attività da casa, come gli incontri con il medico curante, esempio riportato nell'elaborato.

Oltretutto, molti brand importanti stanno investendo su questa nuova piattaforma sia per pubblicizzare i loro prodotti, sia per rafforzare la loro presenza sul mercato coinvolgendo maggiormente i clienti, come nel caso di Nike.

In conclusione, trattandosi di uno strumento in fase di evoluzione, è difficile fare previsioni accurate su come evolverà nei prossimi anni e se si stabilirà come valida alternativa alla realtà fisica. È tuttavia vero che – nonostante il Metaverso sia ancora in via di sviluppo – i casi di applicazione analizzati in precedenza presentati attestano la rilevanza che tale applicazione potrà assumere in moltissimi settori.



## BIBLIOGRAFIA

“Health City” - Amedis Publishes Health-Metaverse and Will Soon Open the First Clinic In It [https://finance.yahoo.com/news/health-city-aimedis-publishes-health-174400175.html?soc\\_src=social-sh&soc\\_trk=tw&tsrc=twtr](https://finance.yahoo.com/news/health-city-aimedis-publishes-health-174400175.html?soc_src=social-sh&soc_trk=tw&tsrc=twtr) , yahoo finance ( December 10,2021 )

A. Baliga, Understanding blockchain Consensus Models, Technical Report, Persistent Systems Ltd, April 2017, <https://www.persistent.com/wp-content/uploads/2017/04/WP-Understanding-blockchain-Consensus-Models.pdf>, Last Accessed on 4th February 2018.

Andreas M. Antonopoulos, Gavin Wood:“Mastering Ethereum – Building Smart Contracts and DApp”, O’Reilly 2018.

B. Falchuk, S. Loeb, and R. Neff, “The Social Metaverse: Battle for Privacy,”IEEE Technol. Soc. Mag., vol. 37, no. 2, pp. 52–61, 2018.

Benet, J. (2014). Ipfs-content addressed, versioned, p2p file system. arXiv preprint arXiv: 1407.3561.

Breitling Becomes the First Luxury Watchmaker to Offer a Digital Passport Based on blockchain for All of its New Watches, Breitling (October 13, 2020).

C. Singlemann, “What is the product adoption curve?” New Breed, Sep. 15, 2020. Available: <https://www.newbreedrevenue.com/blog/product-adoptioncurve>.

Chris Berg, Sinclair Davidson, and Jason Potts. 2019. blockchain technology as economic infrastructure: Revisiting the electronic markets hypothesis. *Frontiers in blockchain 2* (2019), 22.

Classiting. Artificial intelligence analysis screen for all subjects and distribution table of achievement change by unit [Internet]. Seoul: Classiting; c2021 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://www.classiting.ai/>.

Coffey, B. (2021). Steve Cohen leads investment into Recur as Pac-12 Nft announced. Yahoo. <https://www.yahoo.com/now/steve-cohen-leads-investment-recur-140038099.html>



Curiscope. Virtuali-Tee: augmented reality T-Shirt [Internet]. Sanford (NC): Curiscope; 2021 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://www.curiscope.com>.

Digital Twin Wiki. Accessed: Nov. 11, 2021. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_twin](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin)

Dionisio, J.D.N.; Burns, W.G., III; Gilbert, R. 3D Virtual worlds and the metaverse. ACM Comput. Surv. 2013, 45, 1–38. [CrossRef]

E. Ertürk, M. Doğan, Ü. Kadiroğlu, E. Karaarslan “NFT based Fundraising System for Preserving Cultural Heritage: Heirloom” 2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)

Emergen Research (2021), “Technology explosion causing super ripples inMetaverse market – Emergen research”, [www.prnewswire.com](http://www.prnewswire.com), 8 November, available at: <https://www.prnewswire.com/news-releases/technology-explosion-causing-super-ripples-in-metaverse-market--emergen-research-301418513.html>

Epsilon (January 9, 2018) <https://www.epsilon.com/us/about-us/pressroom/new-epsilon-research-indicates-80-of-consumers-are-more-likely-to-make-a-purchase-when-brands-offer-personalized-experiences>.

Ethereum Foundation1 – DeFi <https://ethereum.org/en/Defi/>

Ethereum Foundation2 – Smart Contracts  
<https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/>

Ethereum Foundation3 – Dao <https://ethereum.org/en/dao/>

Evans, S. (2021). blockchain sports firm Chiliz to invest \$50 million in U.S. expansion. Reuters.  
<https://www.reuters.com/article/blockchain-sports-firm-chiliz-to-invest-50-million-in-u-s-expansion- idUSKBN2AU0PA>

Feifei Shi, Huansheng Ning, Wei Huangfu, Fan Zhang, Dawei Wei, Tao Hong, Mahmoud Daneshmand, Recent Progress on the Convergence of the Internet of Things and Artificial Intelligence. IEEE Network, Vol.34, No.5, pp: 8-15, 2020.

Fernando V Paulovich, Maria Cristina F De Oliveira, and Osvaldo N Oliveira Jr. 2018. A future with ubiquitous sensing and intelligent systems. *ACS sensors* 3, 8 (2018), 1433–1438.

G. Bedi, G. K. Venayagamoorthy, and R. Singh, Development of an IoT Driven Building Environment for Prediction of Electric Energy Consumption, *IEEE Internet of Things Journal*, 2020.

Gather. Classroom in Gathertown [Internet]. San Bruno (CA): Gather; c2021 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://gather.town/>.

Girod, Stephane, Breitling Shows Other Luxury Brands How to Future Proof With Agility, *Forbes* (August 27, 2021).

Guillermo Angeris, Hsien-Tang Kao, Rei Chiang, Charlie Noyes, and Tarun Chitra. 2019. An analysis of Uniswap markets. *arXiv preprint arXiv:1911.03380* (2019).

Gupta, R. (2018). *Hands-on Cybersecurity with blockchain*. Packt Publishing Ltd. Birmingham, UK.

H. Laaki, Y. Miche, and K. Tammi. Prototyping a DigitalTwin for Real Time Remote Control Over Mobile Networks: Application of Remote Surgery. *IEEE Access*, 7:20325–20336,2019.

Hackl C., “Defining The Metaverse Today”, May 2, 2021, <https://www.forbes.com/sites/cathyhackl/2021/05/02/defining-the-metaverse-today/?sh=5dbd3c5c6448>

Hyperledger project, <https://www.hyperledger.org/>, 2015, Last Accessed on 4th February 2018.

Iansiti, M. & Lakhani, K.R. 2017, *The Truth About blockchain*.

Irfan A Essa. 2000. Ubiquitous sensing for smart and aware environments. *IEEE personal communications* 7, 5 (2000), 47–49.

J. D. N. Dionisio, W. G. Burns, and R. Gilbert, “3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 45, no.3, 2013.

Jay Woodruff, “5 Technologies That Are Changing Baseball,” Fast Company, August 22, 2019. <https://www.fastcompany.com/90378232/5-technologies-that-are-changing-baseball>.

Johns Hopkins Medicine. Johns Hopkins Performs Its First Augmented Reality Surgeries in Patients. 16 February 2021. Available at: <https://www.hopkinsmedicine.org/news/articles/johns-hopkins-performs-its-first-augmented-reality-surgeries-in-patients> (accessed January 2022).

Johnston, L. (2021), “Nike’s next metaverse move is RTFKT pickup”, 14th Dec. 2021, available at: <https://consumergoods.com/nikes-next-metaverse-move-rtfkt-pickup> (accessed 18 January 2022).

Jon Radoff. [n.d.]. The Metaverse Value-Chain. [EB/OL]. <https://medium.com/building-the-metaverse/the-metaverse-value-chain-afcf9e09e3a7> Accessed 7, 2021.

Jones, J. (2021). Shaquille O’Neal raises \$2 million in charity by selling animated Nft of himself. Atlanta Black Star. <https://atlantablackstar.com/2021/12/31/shaquille-oneal-sells-nft-forcharity-reportedly-raises-2-million/>

Jung EJ, Kim NH. Virtual and augmented reality for vocational education: a review of major Issues. *J Educ Inf Media* 2021;27:79-109. <https://doi.org/10.15833/KAFEIAM.27.1.079>

K. Crow and C. Ostroff, “Beeple NFT fetches recordbreaking \$69 million in Christie’s sale,” *Wall Street J.*, Mar. 2021. [Online]. Available: <https://www.wsj.com/articles/beeple-nft-fetches-record-breaking-69-million-in-christies-sale-11615477732>

Kering. (2021). KERING Group 2021 First-Half Report. [https://keringcorporate.dam.kering.com/m/3998e216c8310e2d/original/Kering\\_2021\\_First-Half\\_Report.pdf](https://keringcorporate.dam.kering.com/m/3998e216c8310e2d/original/Kering_2021_First-Half_Report.pdf)

Khatib F, Cooper S, Kazmierczyk M, Gilski M, Krzywda S, Zabranska H, Pichova I, Thompson J, Popović Z, Jaskolski M, Baker D. Crystal structure of a monomeric retroviral protease solved by protein folding game players. *Nat Struct Mol Biol* 2011;18:1175-1177. <https://doi.org/10.1038/nsmb.2119>

Kibet, A. and Karume, S.M., A Synopsis of blockchain Technology. *Int. J. Adv. Res. Comput. Eng. Technol. (IJARCET)*, 7, 11, 789–795, 2018

Kim S. *Metaverse: digital world, world of emerging items*. Hwaseong: PlanB Design; 2020. p. 376

Kim, S.; Lee, S.; Kang, H.; Kim, S.; Ahn, M. P300 Brain–Computer Interface-Based Drone Control in Virtual and Augmented Reality. *Sensors* 2021, 21, 5765. [CrossRef]

Koo H. Training in lung cancer surgery through the metaverse, including ex-tended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bun-dang Hospital. Korea. *J Educ Eval Health Prof.* 2021;18:33. doi: 10.3352/jeehp. 2021.18.33.

L. H. Nunes, J. C. Estrella, C. Perera, S. Reiff-Marganiec, A. C. B. Delbem, The elimination-selection based algorithm for efficient resource discovery in Internet of Things environments, 2018 15th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), pp: 1-7, 2018.

L. Lamport, R. Shostak, M. Pease, The byzantine generals problem, *ACM Trans. Program. Lang. Syst. (TOPLAS)* 4 (3) (1982) 382–401.

Lake J. “Understanding cryptography’s role in blockchains”, 2019. [Online] <https://www.comparitech.com/crypto/cryptography-blockchain/> [Consultato il 28 Agosto 2022].

Lee S, Han SH. *Metaverse begins: five issues and perspectives (IS-116)* [Internet]. Seongnam: Software Policy & Research Institute; 2021 [cited 2021 Nov 29]. Available from: [https://spri.kr/posts/view/23197?code=issue\\_reports](https://spri.kr/posts/view/23197?code=issue_reports).

Lo, S. and Wang, J. (2014). *Bitcoin as Money? Current Policy and Perspectives*. <http://www.bostonfed.org/economic/current-policy-perspectives/2014/cpp1404.pdf>, Accessed on 01/10/14.

Locke, T. (2021). Mark Cuban: The Dallas Mavericks are thinking about ‘turning our tickets into Nft’. CNBC. <https://www.cnbc.com/2021/03/26/mark-cuban-dallas-mavericks-may-use-nftfor-ticketing.html>

Long RU. *Roblox and effect on education [master’s thesis]*. Springfield (MO): Drury University; 2019.

Mar. 2021. [Online].

Maurizi N, Faragli A, Imberti J, Briante N, Targetti M, Baldini K, et al. Cardio-vascular screening in low-income settings using a novel 4-lead smartphone-based electrocardiograph (D-Heart®). *Int J Cardiol* 2017 Jun 1;236:249–52. doi: 10.1016/j.ijcard.2017.02.027

McDonald, J. (2021), “Roblox’s metaverse is already here and it’s wildly popular”, available at: [www.morningbrew.com/emerging-tech/stories/2021/12/10/roblox-s-metaverse-is-already-here-and-it-s-wildlypopular](http://www.morningbrew.com/emerging-tech/stories/2021/12/10/roblox-s-metaverse-is-already-here-and-it-s-wildlypopular)(accessed 7 January 2022).

McDowell, M. (2021, August 10). Why games became luxury fashion's nft on-ramp. *VogueBusiness*. <https://www.voguebusiness.com/technology/why-games-became-luxury-fashions-nft-on-ramp>

Microsoft (2022), “Introducing Microsoft mesh j here can be anywhere”, *Microsoft.com*, available at: [www.microsoft.com/en-us/mesh](http://www.microsoft.com/en-us/mesh) (accessed 2 February 2022).

Milgram, P.; Takemura, H.; Utsumi, A.; Kishino, F. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telemanipulator and Telepresence Technologies, Proceedings of the Photonics for Industrial Applications, Boston, MA, USA, 31 October—4 November 1994*; Das, H., Ed.; SPIE: Bellingham, WA, USA, 1995; Volume 2351, pp. 282–292.

Mystakidis, S.; Fragkaki, M.; Filippousis, G. Ready Teacher One: Virtual and Augmented Reality Online Professional Development for K-12 School Teachers. *Computers* 2021, 10, 134. [CrossRef]

N. Steinfeld, “Trading with privacy: the price of personal information,” *Online Inf. Rev.*, 2015.

Nagpal, D. S. (2017). *Cryptocurrency: The Revolutionary Future Money* (SSRN Scholarly Paper ID 3090813). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3090813>

Ning, H., Liu, H., Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of Things. *Science China Information Sciences*, Vol.58, No.3, pp: 1-19, 2015.

Oh, H. (2021, March 31). A First Look at Issue, Bottega Veneta's New Digital Magazine. CR Fashion Book.  
[https://www.crfashionbook.com/fashion/a35992728/bottega-venetas-digital-magazine/?utm\\_campaign=Fashion%20Tech&utm\\_medium=email&utm\\_source=Revenue%20newsletter](https://www.crfashionbook.com/fashion/a35992728/bottega-venetas-digital-magazine/?utm_campaign=Fashion%20Tech&utm_medium=email&utm_source=Revenue%20newsletter)

Parisi, D. (2021, May 14). Insiders say fashion should prepare for a 'fully virtual future.' Glossy. <https://www.glossy.co/fashion/insiders-say-fashion-should-prepare-for-a-fully-virtual-future/>

Park MS. Seoul National University Bundang Hospital, development of AR technology-based spine surgery platform. Etoday [Internet]. 2021 Jan 11 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://www.etoday.co.kr/news/view/1982781>.

Pellas, N.; Dengel, A.; Christopoulos, A. A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education. *IEEE Trans. Learn. Technol.* 2020, 13, 748–761. [CrossRef]

Pellas, N.; Mystakidis, S.; Kazanidis, I. Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Real.* 2021, 25, 835–861. [CrossRef]

Qin, Kaihua, et al. "DeFi vs. DeFi – Comparing Centralized to Decentralized Finance." <https://arxiv.org/pdf/2106.08157.pdf> arXiv.org, June 2021, pp. 1.

Queen Mary University of London Queen Mary students receive first lecture in the metaverse; 2022. <https://www.qmul.ac.uk/media/news/2022/pr/queen-mary-students-receive-first-lecture-in-the-metaverse.html> 2022 Jan 19.

R. Krishnamoorthy, S. Priya L., S. Aswini and C. Guna, Design and Implementation of IoT based Energy Management System with Data Acquisition, 2020 7th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS), pp. 1-5,2020.

Ralph C. Merkle. A digital signature based on a conventional encryption function. In Carl Pomerance, editor, *Advances in Cryptology — CRYPTO '87*, pages 369–378, Berlin, Heidelberg, 1988. Springer Berlin Heidelberg.

Rawn Shah and Jim Romine. 1995. *Playing MUDS on the Internet*. John Wiley & Sons, Inc.

Roblox Corp. Roblox [Internet]. San Mateo (CA): Roblox Corp.; c2021 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://www.roblox.com>.

S. Gilbert, N. Lynch, Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services, *ACM SIGACT News* 33 (2) (2002) 51–59.

S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" [Online], available: <http://Bitcoins.info/Bitcoin.pdf>, Oct 9, 2020.

Samuel Falkon, Medium. "The Story of the Dao -- Its History and Consequences, <https://medium.com/swlh/the-story-of-the-dao-its-history-and-consequences-71e6a8a551ee>", Dec 24, 2017.

Schär, Fabian. "Decentralized Finance: On blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets <https://files.stlouisfed.org/files/htdocs/publications/review/2021/04/15/decentralized-finance-on-blockchain-and-smart-contract-based-financial-markets.pdf>." *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, vol. 103, no 2, Second Quarter 2021, pp. 163.

Shah, K. (2021). When consumer meets crypto. *blockchain Capital*. <https://blockchain.capital/consumer-meets-crypto/>

Skalidis I, Muller O, Fournier S. The Metaverse in cardiovascular medicine: applications, challenges and the role of non-fungible tokens. *Can J Cardiol* 2022 Apr 14;S0828-282X(22) 00222-7. doi: 10.1016/j.cjca.2022.04.006

Smart J, Cascio J, Paffendorf J. *Metaverse roadmap: pathway to the 3D web* [Internet]. Ann Arbor (MI): Acceleration Studies Foundation; 2007 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://metaverseroadmap.org/MetaverseRoadmapOverview.pdf>.

Snow Corp. Zepeto [Internet]. Seongnam: Snow Corp.; c2021 [cited 2021 Nov 29]. Available from: <https://zepeto.me/>.

Stephenson, N. *Snow Crash: A Novel*; Random House Publishing Group: New York, NY, USA, 2003; ISBN 9780553898194.

Steven Spielberg, Alan Silvestri, Zak Penn, Ernest Cline, and Donald De Line. 2018. Ready player one. Warner Bros USA.

Subramanian H, Subramanian S. Improving diagnosis through digital pathology: proof-of-Concept implementation using smart contracts and decentralized file storage. J Med Internet Res 2022 Mar 28;24(3):e34207. doi: 10.2196/34207.

Suh W, Ahn S. Utilizing the Metaverse for learner-centered constructivist education in the Post-pandemic Era: an Analysis of Elementary School Students. J Intell 2022 Mar 7;10(1):17. doi: 10.3390/jintelligence10010017

T. Huynh-The, Q.-V. Pham, X.-Q. Pham, T. T. Nguyen, Z. Han, and D.-S. Kim, "Artificial intelligence for the metaverse: A survey," arXiv preprint arXiv:2202.10336, 2022.

Tapscott, D. and Tapscott, A. (2016). blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World. Penguin.

Tarmy, J. (2021). For \$1.3 million, an NFT and stake in a Mexican soccer team. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-06-01/for-1-3-million-an-nft-and-stake-in-a-mexicansoccer-team>

Vitalik Buterin "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform" 2014

Wang et al, 2022, [https://www.researchgate.net/figure/Three-phases-of-the-development-of-the-metaverse\\_fig1\\_359052509](https://www.researchgate.net/figure/Three-phases-of-the-development-of-the-metaverse_fig1_359052509)

Wei Cai, Zehua Wang, Jason B Ernst, Zhen Hong, Chen Feng, and Victor CM Leung. 2018. Decentralized applications: The blockchain-empowered software system. IEEE Access 6 (2018), 53019–53033.

Wharton1, University of Pennsylvania1. "DeFi Beyond the Hype, The Emerging World of Decentralized Finance, <https://wifpr.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2021/05/DeFi-Beyond-the-Hype.pdf> " Pages 3, 8, 2021.



Wharton2, University of Pennsylvania2. "DeFi Beyond the Hype, The Emerging World of Decentralized Finance, <https://wifpr.wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2021/05/DeFi-Beyond-the-Hype.pdf>" Page7.

Wiggers, K. (2022), "How the Metaverse could transform upskilling in the enterprise", VentureBeat, 26 January, available at: <https://venturebeat.com/2022/01/26/how-the-metaverse-could-transform-upskilling-in-the-enterprise/> (accessed 2 February 2022).

Wust, K., & Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain? In 2018 Crypto Valley Conference on blockchain Technology (CVCBT)(pp. 45-54). IEEE.

Xi N, Chen J, Gama F, Riar M, Hamari J. The challenges of entering the meta-verse: An experiment on the effect of extended reality on workload. *Inf Syst Front* 2022 Feb 12:1–22. doi: 10.1007/s10796-022-10244-x.

Y. Lu, "blockchain: A survey on functions, applications and open issues," *J. Ind. Integr. Manage.*, vol. 3, no. 4, Dec. 2018, Art. no. 1850015.

Yoshida, M., Gordon, B., Nakazawa, M., & Biscaia, R. (2014). Conceptualization and measurement of fan engagement: Empirical evidence from a professional sport context. *Journal of Sport Management*, 28(4), 399-417. <https://doi.org/10.1123/jsm.2013-0199>.

Zhiliang Ma and Shilong Liu. 2018. A review of 3D reconstruction techniques in civil engineering and their applications. *Advanced Engineering Informatics* 37(2018), 163–174.