



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Informatica

Corso di Laurea Triennale in Informatica

TESI DI LAUREA

Una Revisione Sistemática della Letteratura sul Metaverso Applicato alla Medicina dal Punto di Vista Etico

RELATORE

Prof. Fabio Palomba

Dott.ssa Viviana Pentangelo

Università degli Studi di Salerno

CANDIDATO

Fabio Caruso

Matricola: 0512107940

Anno Accademico 2023-2024

Questa tesi è stata realizzata nel

sesa^{lab}
SOFTWARE ENGINEERING
SALERNO

"Verrà un giorno, e non è molto lontano, in cui potremo concludere affari, studiare, conoscere il mondo e le sue culture, assistere a importanti spettacoli, stringere amicizie, visitare i negozi del quartiere e mostrare fotografie a parenti lontani, tutto senza muoverci dalla scrivania o dalla poltrona."

Bill Gates

Tratto Dal Libro "La Strada Che Porta A Domani"

Abstract

Il metaverso è uno spazio virtuale, composto da mondi virtuali condivisi, incentrati sulla connessione sociale e può essere esteso in diversi ambiti. È interessante studiare e approfondire il metaverso dal punto di vista medico, poiché esso può essere utilizzato per operare a distanza e fare simulazioni di precisione. L'obiettivo di questa tesi, quindi, è di analizzare lo stesso applicato alla medicina dal punto di vista etico, tenendo conto di due aspetti fondamentali, la privacy e la sicurezza. A tal proposito, è stata svolta una revisione della letteratura analizzando i punti critici sull'uso dei dati personali degli utenti, così da poter contribuire alla ricerca definendo dei miglioramenti da attuare per ridurre i rischi ad esso correlati. La ricerca effettuata, trovati i punti critici sulla sicurezza e sulla privacy, ovvero il possibile furto di dati personali e l'uso improprio da parte di terzi, prende in considerazione i possibili miglioramenti da effettuare per garantire maggiore privacy e sicurezza, ossia l'utilizzo dell'intelligenza artificiale per il miglioramento degli algoritmi di crittografia e l'utilizzo delle blockchain per la conservazione dei dati.

Indice

Elenco delle Tabelle	iii
1 Introduzione	1
1.1 Contesto	1
1.2 Obiettivo di ricerca	1
1.3 Risultati ottenuti dalla ricerca	2
1.4 Struttura della tesi	2
2 Stato dell'arte	3
2.1 Introduzione al metaverso	3
2.1.1 Metaverso applicato alla medicina	4
2.1.2 Il problema della privacy e della sicurezza	5
2.2 Attuale stato di sviluppo del metaverso in ambito medico	6
2.2.1 Lavori correlati	6
3 Metodologia della ricerca	8
3.1 Domande di ricerca	8
3.2 Query di ricerca	9
3.3 Database di ricerca	9
3.4 Criteri di esclusione	9
3.5 Criteri di inclusione	10

3.6	Valutazione degli articoli	11
3.7	Risultati del processo di ricerca	11
3.8	Riepilogo del processo di ricerca	12
3.9	Selezione degli articoli	13
4	Analisi dei risultati	15
4.1	RQ1. Raccolta e gestione dei dati sensibili in contesti di metaverso in ambito medico	15
4.2	RQ2. Problemi osservati da ricercatori e medici dal punto di vista etico (privacy e sicurezza) nel metaverso (in ambito medico)	18
4.3	RQ3. Miglioramenti che possono essere fatti al metaverso (in ambito medico) per garantire maggiore privacy e sicurezza	19
5	Conclusioni	22
5.1	Limitazioni e sviluppi futuri	23
	Bibliografia	24
	Ringraziamenti	

Elenco delle tabelle

3.1	Documenti analizzati ed inclusi - Parte 1.	13
3.2	Documenti analizzati ed inclusi - Parte 2.	14

CAPITOLO 1

Introduzione

1.1 Contesto

Il metaverso è uno spazio virtuale composto da mondi virtuali condivisi, incentrati sulla connessione sociale e talvolta estendibile a diversi ambiti, come quello medico. È possibile accedere a quest'ultimo tramite tecnologie di realtà virtuale (VR) o realtà aumentata (AR), permettendo così alle persone nel mondo fisico di interagire con le informazioni contenute in esso. Studiare e approfondire il metaverso dal punto di vista medico è interessante, poiché esso può essere utilizzato per operare a distanza e fare simulazioni di precisione, abbattendo così le distanze grazie all'assenza di limitazioni geografiche tramite la rete Internet. Infine, dato che il metaverso coinvolge la condivisione di molti dati sensibili degli utenti, è necessario esaminarlo dal punto di vista etico, in particolare per quanto riguarda la privacy e la sicurezza, assicurandosi che i dati personali dei pazienti siano protetti.

1.2 Obiettivo di ricerca

L'obiettivo di ricerca è comprendere come il metaverso può essere di sostegno alla medicina; come vengono raccolti i dati sensibili facendo in modo che la privacy

sia rispettata e quali problemi sulla sicurezza vengono maggiormente riscontrati (da ricercatori e medici). Infine, definire quali miglioramenti possono essere implementati per rendere il metaverso più sicuro dal punto di vista etico, cosicché gli utenti possano decidere in piena autonomia di dare in gestione i propri dati personali, consapevoli del fatto che la scelta che hanno compiuto non presenta rischi per la loro privacy e per la loro sicurezza.

1.3 Risultati ottenuti dalla ricerca

Dalla ricerca effettuata sulla privacy e sulla sicurezza nel metaverso applicato alla medicina sono emersi principalmente due problemi: l'eventuale furto di dati personali e l'utilizzo di quest'ultimi per conto di terzi con finalità di marketing senza il consenso degli utenti. A tal punto si possono prendere in considerazione due miglioramenti per ridurre il rischio che questi problemi si verifichino. In primis l'intelligenza artificiale può essere usata per migliorare gli algoritmi di crittografia e di analisi e, in secondo, le blockchain possono essere usate per la conservazione dei dati nei cloud. Il tutto va considerato rispettando le norme e i regolamenti vigenti sulla privacy nei rispettivi stati dove il metaverso viene utilizzato.

1.4 Struttura della tesi

La struttura della tesi è suddivisa in capitoli, come segue:

Capitolo 2. In questo capitolo vengono riportati i lavori correlati a tale documento, nel quale si analizza lo stato attuale del metaverso applicato alla medicina.

Capitolo 3. In questo capitolo vengono riportati tutti i passi svolti per la ricerca dei documenti di nostro interesse con i rispettivi vincoli utilizzati.

Capitolo 4. In questo capitolo si analizzano i risultati ottenuti dalla previgente ricerca.

Capitolo 5. In questo capitolo si conclude la tesi ipotizzando i possibili sviluppi futuri e i successivi passi di ricerca.

CAPITOLO 2

Stato dell'arte

2.1 Introduzione al metaverso

Il metaverso è uno spazio virtuale, composto da mondi virtuali condivisi, incentrati sulla connessione sociale; delle volte estendibile anche ad ambiti economici, professionali e medici. È stato concepito e progettato per far in modo che si possa accedere da un computer tramite tecnologie di realtà virtuale (VR) o di realtà aumentata (AR), così da permettere alle persone che lo utilizzano dal mondo fisico di interagire con cose, informazioni, avatar ed oggetti che gli altri non vedono poiché appartenenti al mondo virtuale. Con il passare del tempo e l'evoluzione tecnologica le funzionalità del metaverso si stanno estendendo sempre di più, facendo rientrare in esso anche attività quotidiane che troviamo nel mondo reale come studiare e fare ricerca, organizzare eventi e conversare con altre persone, visitare aree virtuali ed infine svolgere progetti sperimentali sul metaverso stesso. Alcuni esempi di metaverso attualmente esistenti ed in continuo sviluppo sono: Metaverse di Facebook, Second Life e VRChat. [1]

Origine del termine

Il termine “metaverso” viene coniato per la prima volta nel 1992 nel romanzo di fantascienza *Snow Crash*, da Neal Stephenson. È costituito da due parole, “meta”, che significa “virtualità”, e “verse”, che significa “verso”. Il metaverso è un ambiente immersivo in un mondo virtuale e tridimensionale, in cui più utenti attraverso degli avatar, compiono attività sociali, economiche e culturali. [2]

2.1.1 Metaverso applicato alla medicina

Il metaverso può anche essere applicato alla medicina, con il potenziale di trasformare e migliorare diversi aspetti del settore sanitario. Principalmente può essere usato per formare nuovi medici o aggiornare gli stessi con simulazioni realistiche di procedure mediche; facilitare la collaborazione in ambito di ricerca; integrare in esso la telemedicina per dare maggiore supporto ai pazienti; creare un supporto psicologico per sedute di psicoterapia; e formare i cittadini così da poter essere preparati ad agire nelle situazioni di emergenza come, per esempio, utilizzare un defibrillatore o effettuare la manovra di Heimlich. [1]

La medicina digitale

Il metaverso, definito anni fa, ha avuto un maggiore sviluppo nel 2021 ed è stato pensato come forma definitiva dell’internet. Attualmente possiamo considerare il metaverso come una società virtuale basata su delle tecnologie digitali che permettono di accedervi. Lo sviluppo del metaverso medico invece, attraverserà quattro fasi, la prima chiamata “Costruzione olografica”, che consentirà di costruire un modello statico del mondo virtuale, comprensivo di ospedali, cliniche ed altri oggetti; una seconda fase chiamata “Simulazione olografica”, che permetterà al mondo virtuale di avvicinarsi a quello fisico attraverso la ricezione di informazioni tramite dispositivi multi sensori e tramite feedback; una terza fase chiamata “Fusione virtuale-reale”, che con il miglioramento continuo della simulazione renderà il medico virtuale e quello reale sempre più simili; ed infine una quarta fase chiamata “Collegamento virtuale-reale” che permetterà di migliorare le simulazioni attraverso l’AI e altre tecnologie. [3]

Possibili usi

Al giorno d'oggi molte industrie, come quella sanitaria, hanno iniziato a lavorare ed a intraprendere percorsi in ambienti di metaverso [2]. Nel metaverso, i pazienti possono essere curati virtualmente da avatar (medici e/o infermieri) tramite esperienze immersive, mentre i loro dati vengono raccolti da alcuni dispositivi come sensori integrati oppure dispositivi indossabili. Questi dispositivi di solito sono AR/VR e fungono da "porta d'ingresso" verso il metaverso; raccolgono varie informazioni sugli utenti come i dati biometrici, i linguaggi e le espressioni facciali, i movimenti del corpo, gli schemi cerebrali e tutto l'ambiente circostante. Per massimizzare le performance di queste esperienze si fa uso di tecnologie come reti wireless, LM/AI e blockchain. Poiché queste tecnologie sono emergenti, l'utilizzo di esse apre la possibilità di esporsi a varie minacce, soprattutto riguardanti la privacy e la sicurezza. Per esempio, mettendo a rischio i dati biometrici e le registrazioni vocali degli avatar [1].

2.1.2 Il problema della privacy e della sicurezza

Nel metaverso applicato alla medicina, è possibile utilizzare tecnologie di AI/ML per sviluppare sistemi sanitari predittivi altamente accurati; per esempio, formare un medico su di un intervento chirurgico (con dati raccolti da un precedente intervento). Qui nasce una grande preoccupazione, ovvero, gli algoritmi di AI potrebbero far trapelare dati personali degli utenti. In tal caso il federated learning (un approccio all'addestramento dei modelli di intelligenza artificiale che consente di allenare modelli di machine learning su dati distribuiti su dispositivi o server locali, senza dover trasferire i dati stessi in un unico luogo centrale) è una soluzione promettente nel rispetto della privacy perché durante la comunicazione trasmette ai server soltanto i parametri e non i dati grezzi, così da rispettare anche le leggi sulla privacy che non permetterebbero di condividere dati personali e dati sanitari degli utenti. [1]

2.2 Attuale stato di sviluppo del metaverso in ambito medico

Attualmente il metaverso applicato alla medicina è nelle fasi iniziali di sviluppo ed è stato utilizzato in svariati ambiti, come la medicina d'urgenza, la telemedicina, la formazione professionale e la cura del cancro ai polmoni. [4]

2.2.1 Lavori correlati

Di seguito riportiamo due lavori correlati che sono già stati analizzati, una revisione della privacy e della sicurezza ed un primo esperimento in una visita cardiologica.

Una panoramica sulla privacy e sulla sicurezza per i servizi di e-health nel metaverso

Sfruttando gli avatar, i pazienti nel metaverso sono in grado di ricevere consulenza, cure personalizzate, diagnosi iniziale ed un'educazione sanitaria. Come caso d'uso pratico per l'assistenza sanitaria nel metaverso si possono monitorare le persone per quanto riguarda il loro benessere, la loro forma fisica, le loro condizioni di salute ed eccetera. Di conseguenza, la privacy degli utenti, come ad esempio la posizione geografica, le loro abitudini e i loro stili di vita, potrebbero essere a rischio. Tali minacce alla privacy possono verificarsi durante l'intero ciclo di vita dei servizi di sanità elettronica, compresa la percezione, la trasmissione, l'elaborazione, la governance e l'archiviazione dei dati. Per affrontare questi rischi senza precedenti per la privacy incentrati sui dati nelle piattaforme del metaverso, l'idea della "modalità di navigazione in incognito" è stata recentemente sviluppata per il metaverso come una soluzione nuova e promettente per salvaguardare la privacy degli utenti VR. Per realizzare la modalità di navigazione in incognito nel metaverso, i ricercatori hanno proposto un quadro di privacy a livello del cliente che ha dimostrato di essere in grado di proteggere un'ampia varietà di attributi di dati sensibili nelle applicazioni VR. Con l'aiuto del metaverso è possibile anche effettuare sedute di psicoterapia, creando delle vere e proprie cliniche virtuali per intraprendere dei percorsi psicologi-

ci. Anche qui nasce un problema di privacy. Gli utenti dovrebbero avere la possibilità di scegliere o meno di accettare che i propri dati personali siano raccolti e, in più, prima di avviare un qualsiasi tipo di terapia nel metaverso dovrebbero essere educati ed informati sulle implicazioni che ci possono essere derivanti dall'utilizzo dei dispositivi di AR/VR e solo dopo deve essere proposto loro di dare in gestione i propri dati personali. [1]

Il "CardioVerse", un primo esperimento

Tradizionalmente il rapporto tra medico e paziente è sempre stato in “presenza”. La pandemia da COVID-19 ha messo in discussione tutto questo o, meglio, è stata un'occasione, quasi un obbligo, di creare un'alternativa che sia complementare. Telemedicina, AR, VR, sono fioriti in questo periodo, in una maniera senza precedenti. Di seguito, appare inevitabile come l'assistenza sanitaria dovrà sottoporsi ad un'analisi approfondita in questo settore. In particolare, sono già stati fatti studi in ambito cardiovascolare. Il metaverso aspira ad aumentare le visite mediche di cardiologia, dove pazienti e medici possono incontrarsi in una sorta di clinica virtuale. Sebbene le tecnologie che permettono esami “fisici” non siano sostituibili, il metaverso e la telemedicina possono introdurre numerosi vantaggi. Basandosi sull'uso di AR/VR e tramite l'AI, si potrebbe mirare ad aumentare l'efficienza e la precisione nelle procedure cardiovascolari. Con questa tecnologia si può raggiungere una maggiore profondità nel visualizzare le cavità cardiache e avere più dati provenienti da molteplici fonti di immagini. L'Ospedale dell'Università Nazionale di Seul in Corea Del Sud, nel 2021 ha riunito più di 200 chirurghi provenienti da tutto il mondo per fare formazione sulla cura del cancro ai polmoni utilizzando telecamere di realtà virtuale per poter trasmettere immagini a 360°; i partecipanti indossavano dei visori VR per poter ricevere le immagini. Partendo da questo esperimento si potrebbe sviluppare un “CardioVerse” che oltre alla formazione si occupi di cardiologia interventistica, precisando che ogni nuova tecnica medica può essere effettuata solo se è sicura e non provoca danni ai pazienti. [4]

Metodologia della ricerca

Per poter effettuare la revisione della letteratura sul metaverso applicato alla medicina, è stata utilizzata una metodologia della ricerca (in ordine cronologico), suddivisa come segue.

3.1 Domande di ricerca

Di seguito vengono definite tre domande di ricerca utilizzate per approfondire le aree di interesse e gli specifici argomenti trattati nella revisione della letteratura:

RQ1. Come vengono raccolti e gestiti i dati sensibili in contesti di metaverso in ambito medico?

RQ2. Quali problemi sono stati osservati da ricercatori e medici dal punto di vista etico (privacy e sicurezza) nel metaverso (in ambito medico)?

RQ3. Quali miglioramenti possono essere fatti al metaverso (in ambito medico) per garantire maggiore privacy e sicurezza?

Queste domande di ricerca sono state poste in funzione della nostra ricerca, ovvero, studiare la parte etica del metaverso applicato alla medicina con un focus sulla privacy e sulla sicurezza.

3.2 Query di ricerca

Per attuare la ricerca nei database è stata definita una query, con lo scopo principale di ottenere risultati il più possibile pertinenti alle domande di ricerca precedentemente prefissate. La query è definita come segue:

(metaverse AND health AND (security OR privacy OR ethics))

La query è stata così definita per associare al metaverso sia l'ambito medico che la parte etica composta da privacy e sicurezza. A tal proposito è stato utilizzato l'AND per collegare il metaverso alla medicina, al fine di evitare risultati sul metaverso applicato in altri ambiti e l'OR, utilizzato per ottenere risultati riguardanti anche un solo argomento tra sicurezza, privacy ed etica poiché non sussisteva la certezza che questi temi fossero stati trattati unitamente in passato.

3.3 Database di ricerca

I principali database utilizzati per svolgere la ricerca tramite la query precedentemente prefissata sono i seguenti:

- Science Direct
- IEEE Xplore
- Scopus

In questi database, utilizzati per la ricerca automatica dei paper, sono stati applicati dei criteri di esclusione riportati nella sezione successiva.

3.4 Criteri di esclusione

Sono stati definiti dei criteri di esclusione per far sì che la ricerca fosse estremamente pertinente con le domande di ricerca e l'obiettivo della tesi. Di seguito vengono elencati i quattro criteri di esclusione che sono stati applicati nei database precedentemente elencati:

1. Vengono esclusi dalla ricerca tutti gli articoli antecedenti al 2018 (anno in cui la spesa sanitaria e la telemedicina hanno avuto un impatto maggiore per via della pandemia di COVID-19 ed anno in cui il metaverso ha avuto uno sviluppo più ampio).
2. Vengono esclusi dalla ricerca tutti gli articoli successivi al 2023 perché rappresentano una nicchia ed alcuni non sono ancora stati pubblicati.
3. Vengono esclusi dalla ricerca tutti gli articoli che non sono una revisione o una ricerca scientifica (ad esempio le news, gli editoriali, le discussioni, ecc.).
4. Vengono esclusi dalla ricerca tutti gli articoli che non rientrano nelle categorie “Computer Science”, “Engineering”, “Psychology”, “Medicine and Dentistry” e “Nursing and Health Professions”.

Sono stati utilizzati questi criteri di esclusione perché la maggior parte degli studi scientifici sul metaverso in ambito medico avviene tra il 2018 e il 2023 e per poter escludere tutti gli articoli che non sono revisioni e ricerche scientifiche.

3.5 Criteri di inclusione

Oltre ai criteri di esclusione sono stati definiti due criteri di inclusione per far sì che la ricerca fosse estremamente pertinente con le domande di ricerca e l’obiettivo della tesi. Ad ogni criterio viene assegnato un IDENTIFICATORE, successivamente ID, per distinguere i singoli documenti, tranne al criterio 2, poiché tutti gli articoli trovati sono in lingua inglese. Di seguito li elenchiamo con le rispettive sottosezioni:

1. Vengono inclusi tutti documenti che trattano del metaverso applicato alla medicina, nello specifico:
 - i documenti che trattano di etica, sicurezza e privacy (ID: 1);
 - i documenti che trattano di uno specifico caso di metaverso applicato alla medicina (ID: 2);
 - i documenti che trattano della telemedicina per cui può essere utilizzato il metaverso (ID: 3).

2. Vengono inclusi soltanto i documenti scritti in lingua inglese.

La selezione dei paper tramite i criteri di inclusione, a differenza dei criteri di esclusione è stata effettuata manualmente e non tramite filtri nei database di ricerca.

3.6 Valutazione degli articoli

Per decidere quali articoli prendere in considerazione per la revisione della letteratura, dopo una prima scrematura tramite i criteri di esclusione, è stato seguito un criterio preciso: ogni articolo che rientra nei criteri di inclusione e, successivamente, ogni articolo che è strettamente correlato al lavoro di ricerca sul metaverso applicato alla medicina può essere preso in considerazione. Infine, tra gli articoli presi in considerazione, soltanto quelli utili ad approfondire lo stato attuale del metaverso applicato alla medicina e i possibili sviluppi futuri sono stati selezionati; per cui non tutti gli articoli che soddisfacevano i criteri di inclusione sono stati utilizzati per la revisione della letteratura.

3.7 Risultati del processo di ricerca

È opportuno, dopo aver elencato e spiegato i passi di ricerca, fare un riepilogo dei risultati ottenuti. Questo processo, tramite la query e i criteri di esclusione, ha portato i seguenti risultati nei database utilizzati:

- Science Direct:
 - In questo database la stringa di ricerca ha prodotto 438 articoli;
 - Dopo aver applicato i criteri di esclusione gli articoli sono stati ridotti a 195.
- IEEE Xplore:
 - In questo database la stringa di ricerca ha prodotto 52 articoli;
 - Dopo aver applicato i criteri di esclusione gli articoli sono stati ridotti a 0.

- Scopus:
 - In questo database la stringa di ricerca ha prodotto 70 articoli;
 - Dopo aver applicato i criteri di esclusione gli articoli sono stati ridotti a 34.

Da questo processo di ricerca, dopo aver applicato i criteri di esclusione, sono stati presi in considerazione 229 articoli. Successivamente sono stati eliminati i doppioni, ovvero, gli articoli presenti su più database. Dopodiché, **leggendo gli abstract**, sono stati applicati i criteri di inclusione e sono stati presi in considerazione 21 articoli. Tra questi, sono stati selezionati i più pertinenti riguardo al metaverso applicato alla medicina, in totale 10, riportati nelle tabelle 3.1 e 3.2.

3.8 Riepilogo del processo di ricerca

Di seguito, un riassunto della metodologia di ricerca ed un esempio su come è stata utilizzata in questa revisione della letteratura.

Il processo di ricerca in ordine cronologico è così strutturato:

1. Scelta delle domande di ricerca
2. Scelta della query di ricerca
3. Consultazioni di vari database di ricerca
4. Decisione ed applicazione dei criteri di esclusione
5. Decisione ed applicazione dei criteri di inclusione
6. Valutazione degli articoli
7. Selezione degli articoli

Un esempio di ricerca, documento "Mehdi Letafati and Safa Otoum, "On the privacy and security for e-health services in the metaverse: An overview" [1]

Il documento "On the privacy and security for e-health services in the metaverse: An overview" [1] è stato reperito in questo modo. Nel database di ricerca "ScienceDirect" è stata inserita la query di ricerca "(metaverse AND health AND (security OR

privacy OR ethics)))" così impostata per rispettare le domande di ricerca, dopodiché sono stati settati i criteri di esclusione tramite i filtri presenti sul sito. Il documento è stato uno dei molti risultati della ricerca automatica. Successivamente, dopo aver letto l'abstract, il documento è stato scelto perché rientrava nei criteri di inclusione, infine è stato letto, approfondito e valutato idoneo perché pertinente per rispondere alle domande di ricerca; quindi, è stato selezionato per il lavoro di revisione della letteratura.

3.9 Selezione degli articoli

Di seguito riportiamo l'elenco degli articoli selezionati al termine del processo di valutazione. Nella tabella sono stati inseriti gli ID per fare riferimento al criterio di inclusione corrispondente a ciascun articolo.

Tabella 3.1: Documenti analizzati ed inclusi - Parte 1.

#	Documento	ID 1	ID 2	ID 3	Incluso
1	Mehdi Letafati and Safa Otoum, "On the privacy and security for e-health services in the metaverse: An overview" [1]	Sì	No	No	Sì
2	Tzu-Chi Wu and Chien-Ta Bruce Ho, "A scoping review of metaverse in emergency medicine" [2]	Sì	No	No	Sì
3	Mengting Sun et al., "The metaverse in current digital medicine" [3]	No	No	Sì	Sì
4	Ioannis Skolidis et al., "CardioVerse: The cardiovascular medicine in the era of Metaverse" [4]	No	Sì	No	Sì
5	Inna Kryvenko and Kyrylo Chalyy, "Phenomenological toolkit of the metaverse for medical informatics' adaptive learning" [5]	No	No	Sì	No
6	Ali Garavand and Nasim Aslani, "Metaverse phenomenon and its impact on health: A scoping review" [6]	Sì	No	No	No
7	Yeong-Tae Song and Jiachen Qin, "Metaverse and Personal Healthcare" [7]	No	Sì	No	No
8	Cindy Amanda Onggirawan et al., "Systematic literature review: The adaptation of distance learning process during the COVID-19 pandemic using virtual educational spaces in metaverse" [8]	No	Sì	No	No

Note: I documenti sono stati scelti tramite i criteri di inclusione e selezionati dopo un'attenta valutazione.

Di seguito il prosieguo dell'elenco degli articoli selezionati alla fine del processo di valutazione.

Tabella 3.2: Documenti analizzati ed inclusi - Parte 2.

#	Documento	ID 1	ID 2	ID 3	Incluso
9	Dawei Yang et al., "Expert consensus on the metaverse in medicine" [9]	No	No	Sì	Sì
10	Yerkezhan Sartayeva and Henry C.B. Chan, "A survey on indoor positioning security and privacy" [10]	Sì	No	No	Sì
11	Mohamed Abdel-Basset et al., "Privacy-preserved learning from non-iid data in fog-assisted IoT: A federated learning approach" [11]	Sì	No	No	No
12	Sita Rani et al., "Federated learning for secure IoMT-applications in smart healthcare systems: A comprehensive review" [12]	No	Sì	No	Sì
13	Mobasshir Mahbub and Raed M. Shubair, "Contemporary advances in multi-access edge computing: A survey of fundamentals, architecture, technologies, deployment cases, security, challenges, and directions" [13]	Sì	No	No	No
14	Hafiz Farooq Ahmad et al., "Leveraging 6G, extended reality, and IoT big data analytics for healthcare: A review" [14]	Sì	No	No	Sì
15	Yee Kiu Chan et al., "A comparative analysis of digital health usage intentions towards the adoption of virtual reality in telerehabilitation" [15]	No	Sì	No	No
16	Jing Chen et al., "Predicting information usefulness in health information identification from modal behaviors" [16]	No	No	Sì	No
17	Dejun Xi et al., "The meta-defect-detection system for gear pitting based on digital twin" [17]	Sì	No	No	No
18	Hassan Alimam et al., "The resurrection of digital triplet: A cognitive pillar of human-machine integration at the dawn of industry 5.0" [18]	No	Sì	No	No
19	Kim, Kisoo et al., "Metaverse Wearables for Immersive Digital Healthcare: A Review" [19]	No	Sì	No	Sì
20	Dwivedi Yogesh K. et al., "Exploring the Darkverse: A Multi-Perspective Analysis of the Negative Societal Impacts of the Metaverse" [20]	Sì	No	No	Sì
21	Sara Qamar et al., "A systematic threat analysis and defense strategies for the metaverse and extended reality systems" [21]	No	Sì	No	No

Note: I documenti sono stati scelti tramite i criteri di inclusione e selezionati dopo un'attenta valutazione.

CAPITOLO 4

Analisi dei risultati

L'obiettivo della revisione della letteratura tramite i documenti selezionati nel processo di ricerca riassunto nel Capitolo 3 è quello di rispondere alle domande di ricerca precedentemente prefissate. In ogni documento selezionato e analizzato, sono state considerate le informazioni più pertinenti per poter rispondere alle domande di ricerca. Questo lavoro è stato svolto per raggiungere il nostro obiettivo, ovvero, offrire una soluzione per migliorare il metaverso applicato alla medicina dal punto di vista etico. Di seguito analizziamo i risultati ottenuti per ogni domanda di ricerca.

4.1 RQ1. Raccolta e gestione dei dati sensibili in contesti di metaverso in ambito medico

La raccolta e la gestione dei dati nel metaverso avvengono in due fasi, in primis i dati vengono raccolti tramite dispositivi fisici, dopodiché vengono gestiti in appositi cloud o tramite l'utilizzo di blockchain.

Raccolta

Il metaverso applicato alla medicina può essere definito come MIoT ovvero, "Metaverse Internet of Things", quindi il MIoT è sinonimo di rete di oggetti fisici

su Internet, integrati sia con hardware che con software, ai fini della trasmissione e l'elaborazione di una varietà di dati provenienti da dispositivi medici. Il MIoT per scopi clinici, insieme alle estensioni di dispositivi embedded che integrano il mondo virtuale e il mondo reale consentono di creare un enorme mercato sanitario a beneficio dei pazienti [9]. I dispositivi fisici utilizzati per la raccolta di dati in molte applicazioni sanitarie, per esempio la terapia fisica, il monitoraggio della salute, la diagnosi di COVID-19, il rilevamento del diabete ed eccetera, si possono suddividere in tre categorie principali [12]:

- indossabili: sono dispositivi sanitari intelligenti, come bracciali, che ad esempio permettono di raccogliere informazioni come il battito cardiaco;
- domiciliari: sono vari tipi di kit di test e di pronto soccorso come i test per il COVID-19;
- ospedalieri: sono oggetti utili come macchine per l'anestesia.

Inoltre, la Realtà Aumentata può fornire supporto ai medici d'emergenza nelle loro operazioni quotidiane e, sebbene esista una grande varietà di studi, la maggior parte è ancora nelle fasi iniziali della ricerca, quindi non si applicano alla gestione dei pazienti in tempo reale. È evidente però, che in futuro la realtà aumentata possa essere usata per questo scopo, per cui, potrà essere utilizzata anche per raccogliere informazioni nei pazienti. [2] Un esempio di raccolta dati è lo sviluppo di sensori da parte dell'azienda Intel che tramite oggetti come scarpe, bracciali, ed altro, permettono il rilevamento incorporato, permettendo ad esempio, a persone con disabilità di continuare a vivere in maniera indipendente con il monitoraggio a distanza da parte del personale medico, pronto ad intervenire in caso di necessità [9]. Un altro esempio sono gli occhiali intelligenti e le lenti a contatto elettroniche. Gli occhiali intelligenti, compresi i display, forniscono informazioni che migliorano la vista, mentre le lenti a contatto elettroniche possono essere utilizzate per diagnosticare i fluidi corporei e per misurare i movimenti dei muscoli facciali (Eye tracking). Per connettere il mondo fisico e il metaverso si usano quindi dispositivi indossabili che hanno il potenziale di essere applicati nelle strutture sanitarie immersive come il metaverso per la medicina, trasmettendo segnali di interazione. [19]

Gestione

Nel metaverso, i dati possono essere conservati e gestiti in vari modi, principalmente ci sono tre opzioni [9]:

- Cloud Computing: i dati possono essere memorizzati nei server cloud, che offrono scalabilità e accesso da qualsiasi luogo connesso a Internet;
- Blockchain: si può sfruttare la tecnologia blockchain per la memorizzazione dei dati, garantendo la trasparenza, l'immutabilità e la sicurezza delle informazioni;
- Fusioni di tecnologie: potrebbe essere adottata una combinazione di queste tecnologie per garantire una gestione efficiente, sicura e accessibile dei dati nel metaverso; quindi, una blockchain può essere implementata e gestita su infrastrutture cloud.

In definitiva, la conservazione dei dati nel metaverso dipenderà dalle esigenze specifiche delle piattaforme e delle applicazioni che lo compongono, così come dalle tecnologie disponibili e dalle preferenze degli sviluppatori e degli utenti. Sfruttare le tecnologie del metaverso in medicina in questi scenari applicativi contribuirà anche a realizzare la nostra visione per il pubblico. La sicurezza è un prerequisito del metaverso in medicina e un sistema di sicurezza affidabile è la base per garantire il normale funzionamento di tale piattaforma. Disponibilità, riservatezza e integrità dovrebbero essere pienamente considerate nella progettazione di un sistema di sicurezza completo. [9]

Risposta alla domanda RQ1

La raccolta e la gestione dei dati nel metaverso avvengono in due fasi. La raccolta avviene tramite dispositivi indossabili, domiciliari o ospedalieri, come bracciali, kit di test e altri dispositivi simili. La gestione, invece, può avvenire in vari modi, ma principalmente in tre: memorizzando i dati in server cloud, tramite blockchain o, meglio ancora, attraverso la combinazione di queste due tecnologie.

4.2 RQ2. Problemi osservati da ricercatori e medici dal punto di vista etico (privacy e sicurezza) nel metaverso (in ambito medico)

Problemi di Sicurezza

La sicurezza dei dati oggi, è una delle maggiori preoccupazioni, obbligatoria per il successo e lo sviluppo del metaverso applicato alla medicina. Tuttavia, l'utilizzo dell'MIot ha ampliato la portata degli attacchi informatici. L'uso di tecniche convenzionali basate sul machine learning per l'implementazione di sistemi sanitari intelligenti richiede la condivisione/comunicazione dei dati a server centralizzati e/o a cloud. Ciò può provocare attacchi alla sicurezza, comportando l'accesso non autorizzato a dati medici sensibili durante la loro trasmissione senza chiedere il permesso ai rispettivi proprietari. Queste limitazioni causano gravi problemi di sicurezza, di riservatezza e di possibili furti di dati. Tuttavia, i server centralizzati e l'infrastruttura cloud, dotati di elevata potenza di calcolo, possono gestire dati voluminosi in modo efficiente per l'addestramento dei modelli a scopo di rendere la condivisione/comunicazione più sicura. [12]

Problemi di Privacy

Le preoccupazioni sulla privacy dei dati sanitari sono aumentate con la disponibilità di un numero sempre maggiore di dati [14]. Rispetto ad altre tecnologie, il metaverso offre a sviluppatori e operatori di marketing più vie di monitoraggio comportamentale degli utenti, come: dati sanitari, movimenti fisici ed eccetera. Quindi la privacy può essere violata quando i dati non vengono utilizzati a vantaggio degli utenti, ma a vantaggio di terzi. Di conseguenza il problema principale è la condivisione di informazioni personali con entità terze facendo in modo che gli addetti di marketing possano, attraverso il monitoraggio dei comportamenti, determinare quando è più probabile che un individuo risponda a particolari messaggi di vendita. Inoltre, durante le fasi introduttive del metaverso i controlli di governance vengono stabiliti nel tempo; quindi, gli utenti del metaverso dovrebbero essere pienamente informati sugli aspetti negativi del mondo virtuale e le aziende dovrebbero indagare

4.3 – RQ3. Miglioramenti che possono essere fatti al metaverso (in ambito medico) per garantire maggiore privacy e sicurezza

le aspettative sulla privacy degli utenti. Infine, sebbene il progresso della tecnologia digitale abbia cambiato il modo in cui interagiamo con il mondo naturale, ci sono alcuni problemi nascosti, in primis la privacy personale. Nelle cure mediche, proteggere la privacy del paziente, è un obbligo fondamentale del personale medico, ma l'applicazione di tecnologie come il metaverso possono mettere a rischio la privacy degli utenti in modi che non possiamo prevedere. Uno dei rischi più concreti è che un furto dei dati nel mondo virtuale possa di conseguenza influenzare la vita reale mettendo a rischio la privacy degli utenti diffondendo e rendendo pubblici quegli stessi dati. [3, 20]

Risposta alla domanda RQ2

I ricercatori nello studio del metaverso applicato alla medicina hanno riscontrato vari problemi di privacy e di sicurezza. Il problema maggiore riguardante la sicurezza è il possibile furto di dati, poiché questi vengono gestiti su server centralizzati e/o cloud, il che può provocare attacchi alla sicurezza. Per quanto riguarda la privacy invece, il principale problema è l'uso improprio dei dati sensibili degli utenti da parte di terzi.

4.3 RQ3. Miglioramenti che possono essere fatti al metaverso (in ambito medico) per garantire maggiore privacy e sicurezza

Premessa

La sicurezza dei dati è fondamentale nel metaverso applicato alla medicina considerato che i dati sanitari contengono informazioni preziose e private. Il principale miglioramento per garantire maggiore privacy e sicurezza al metaverso è la continua ottimizzazione di algoritmi di crittografia e di analisi per ridurre al minimo il rischio di furto di dati personali. Infine, per rendere sicuri i dati, l'utilizzo di blockchain risulta essere la soluzione ottimale per la loro archiviazione. [19]

Intelligenza Artificiale

La sicurezza dei dati dei pazienti rappresenta una delle principali preoccupazioni nel metaverso, poiché le violazioni potrebbero portare all'esposizione o al furto di informazioni sensibili. [4] Uno dei possibili modi per migliorare gli algoritmi di crittografia e di analisi, dunque, è l'utilizzo dell'intelligenza artificiale, facendo in modo che quest'ultima possa dare un forte contributo alla privacy e alla sicurezza. Ad esempio, l'intelligenza artificiale potrebbe essere usata per rilevare valori anomali nelle impronte digitali. [10]

Blockchain

Una blockchain è un registro distribuito, costituito da blocchi consecutivi tra loro che archiviano informazioni in una rete con firme digitali. È un'infrastruttura essenziale per trattare dati personali e cartelle cliniche nel metaverso facendo in modo di migliorare significativamente la sicurezza poiché i dati degli utenti vengono convertiti in NFT (token non fungibili), quindi non possono essere facilmente manomessi. [1] Da ciò ricaviamo che, per quanto riguarda l'archiviazione dei dati, la blockchain è considerata una delle tecnologie più promettenti, i dati vengono archiviati come una sequenza di blocchi associati utilizzando un hash crittografico del blocco precedente formando una catena, e ogni blocco racchiude un'intestazione, una sequenza di transazioni e un puntatore al blocco precedente. Da qui possiamo concludere che nel caso in cui qualcuno provi a modificare un blocco è necessario modificare tutte le intestazioni che indicano il blocco precedente; quindi, ogni nuova transazione che si verifica nella catena viene archiviata nel registro e condivisa con tutti gli associati sulla rete. Questo funzionamento rende subito visibile una manomissione del sistema e di conseguenza rende possibile un intervento immediato per garantirne la sicurezza. Si può concludere dicendo che la gestione delle cartelle cliniche elettroniche può essere migliorata implementando soluzioni blockchain per la comunicazione dei dati tra entità distribuite. [12]

Conclusione

In conclusione, l'utilizzo di blockchain per archiviare i dati e la continua ottimizzazione degli algoritmi di controllo tramite l'intelligenza artificiale, rende più

4.3 – RQ3. *Miglioramenti che possono essere fatti al metaverso (in ambito medico) per garantire maggiore privacy e sicurezza*

sicuro l'uso di dati personali e migliora notevolmente la sicurezza, migliorando di conseguenza anche la privacy degli utenti. Queste due operazioni congiunte fanno in modo che, implementate nel lungo periodo, rendano più sicuro il metaverso applicato alla medicina, assicurando gli utenti che scelgono autonomamente di accedervi dando in gestione i propri dati personali [1]. Inoltre, molti paesi determinano la propria posizione sulla privacy. Ad esempio, l'Unione Europea dispone attualmente di quadri giuridici, tra cui il Digital Rights Act (DRA), il Digital Service Act (DSA) e il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR), che forniscono confini legali applicabili alle odierne piattaforme simili al metaverso, anche dal punto di vista del marketing; tuttavia, potrebbero essere necessari aggiustamenti una volta che il metaverso sarà pienamente diffuso. [20]

Risposta alla domanda RQ3

Per garantire maggiore privacy e sicurezza nel metaverso applicato alla medicina, possono essere implementati miglioramenti mirati, come l'uso della blockchain per archiviare i dati, l'ottimizzazione degli algoritmi di controllo tramite l'intelligenza artificiale e il rispetto dei regolamenti sulla privacy, come ad esempio il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR) dell'Unione Europea.

CAPITOLO 5

Conclusioni

Per approfondire il metaverso applicato alla medicina è stata svolta una revisione della letteratura incentrata sull'aspetto etico, ovvero sulla privacy e sulla sicurezza. A tal proposito, questo studio si sofferma su tre questioni principali: la raccolta e la gestione dei dati sensibili, i problemi osservati da ricercatori e medici dal punto di vista etico ed eventuali miglioramenti volti a garantire maggiore privacy e sicurezza dei dati degli utenti. La raccolta e la gestione dei dati nel metaverso avvengono in due fasi. La raccolta avviene tramite dispositivi indossabili, domiciliari o ospedalieri, come bracciali, kit di test e altri dispositivi simili. La gestione, invece, può avvenire in vari modi, ma principalmente in tre: memorizzando i dati in server cloud, tramite blockchain o, meglio ancora, attraverso la combinazione di queste due tecnologie. I problemi riscontrati dai ricercatori nel metaverso applicato alla medicina riguardano principalmente la privacy e la sicurezza. Il problema maggiore riguardante la sicurezza è il possibile furto di dati, poiché questi vengono gestiti su server centralizzati e/o cloud, il che può provocare attacchi alla sicurezza. Per quanto riguarda la privacy, invece, il principale problema è l'uso improprio dei dati sensibili degli utenti da parte di terzi. Infine, i miglioramenti possibili per risolvere questi problemi includono due soluzioni complementari: l'utilizzo dell'intelligenza artificiale per migliorare gli algoritmi di crittografia e di analisi e l'utilizzo della blockchain per la conservazione

sicura dei dati nei cloud. Questo lavoro è stato svolto per permettere agli utenti di sentirsi al sicuro nel momento in cui decidano di affidare la gestione dei propri dati personali ad aziende che sviluppano ambienti di metaverso applicati alla medicina.

5.1 Limitazioni e sviluppi futuri

In questa revisione della letteratura sono presenti alcune limitazioni, tra cui: la stringa scelta arbitrariamente dall'autore, che ci fa presupporre che alcuni documenti non siano stati consultati perché non presenti tra i risultati di ricerca; inoltre, questa stringa escludeva i lavori che trattavano del metaverso dal punto di vista della privacy e della sicurezza senza applicazioni nel settore sanitario. Di conseguenza, molti documenti che effettuavano una revisione della letteratura sulla privacy e sulla sicurezza, non presi in considerazione, potrebbero essere utili per studiare questi aspetti per poi applicarli al metaverso in ambito medico. Infine, i possibili sviluppi futuri sono da considerarsi come il prosieguo di questa revisione della letteratura. Negli anni a venire potranno essere effettuate nuove ricerche per raccogliere più opinioni, anche divergenti, e crearne una sintesi. Inoltre, sarà molto importante studiare nuove norme sulla privacy o rivedere quelle vigenti, se dovessero cambiare. Un possibile caso di studio è la regolamentazione dell'Intelligenza Artificiale, che alcuni Stati stanno introducendo nei loro ordinamenti. Un esempio concreto è l'AI Act dell'Unione Europea, già approvato e che entrerà in vigore nei prossimi mesi.

Bibliografia

- [1] M. Letafati and S. Otoum, "On the privacy and security for e-health services in the metaverse: An overview," vol. 150, p. 103262, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570870523001828> (Citato alle pagine 3, 4, 5, 7, 12, 13, 20 e 21)
- [2] T.-C. Wu and C.-T. B. Ho, "A scoping review of metaverse in emergency medicine," vol. 26, no. 1, pp. 75–83, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588994X22000525> (Citato alle pagine 4, 5, 13 e 16)
- [3] M. Sun, L. Xie, Y. Liu, K. Li, B. Jiang, Y. Lu, Y. Yang, H. Yu, Y. Song, C. Bai, and D. Yang, "The metaverse in current digital medicine," vol. 5, pp. 52–57, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258891412200017X> (Citato alle pagine 4, 13 e 19)
- [4] I. Skolidis, O. Muller, and S. Fournier, "Cardioverse: The cardiovascular medicine in the era of metaverse," vol. 33, no. 8, pp. 471–476, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050173822000718> (Citato alle pagine 6, 7, 13 e 20)
- [5] I. Kryvenko and K. Chalyy, "Phenomenological toolkit of the metaverse for medical informatics' adaptive learning," vol. 24, no. 5, p. 100854,

2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1575181323000645> (Citato a pagina 13)
- [6] A. Garavand and N. Aslani, "Metaverse phenomenon and its impact on health: A scoping review," vol. 32, p. 101029, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235291482200171X> (Citato a pagina 13)
- [7] Y.-T. Song and J. Qin, "Metaverse and personal healthcare," *Procedia Computer Science*, vol. 210, pp. 189–197, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922015939> (Citato a pagina 13)
- [8] C. A. Onggirawan, J. M. Kho, A. P. Kartiwa, Anderies, and A. A. S. Gunawan, "Systematic literature review: The adaptation of distance learning process during the covid-19 pandemic using virtual educational spaces in metaverse," vol. 216, pp. 274–283, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922022153> (Citato a pagina 13)
- [9] D. Yang, J. Zhou, R. Chen, Y. Song, Z. Song, X. Zhang, Q. Wang, K. Wang, C. Zhou, J. Sun, L. Zhang, L. Bai, Y. Wang, X. Wang, Y. Lu, H. Xin, C. A. Powell, C. Thüemmler, N. H. Chavannes, W. Chen, L. Wu, and C. Bai, "Expert consensus on the metaverse in medicine," vol. 5, pp. 1–9, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588914122000016> (Citato alle pagine 14, 16 e 17)
- [10] Y. Sartayeva and H. C. Chan, "A survey on indoor positioning security and privacy," vol. 131, p. 103293, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404823002031> (Citato alle pagine 14 e 20)
- [11] M. Abdel-Basset, H. Hawash, N. Moustafa, I. Razzak, and M. Abd Elfattah, "Privacy-preserved learning from non-iid data in fog-assisted iot: A federated learning approach," 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235291482200171X>

- [//www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864822002814](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864822002814) (Citato a pagina 14)
- [12] S. Rani, A. Kataria, S. Kumar, and P. Tiwari, "Federated learning for secure iomt-applications in smart healthcare systems: A comprehensive review," vol. 274, p. 110658, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705123004082> (Citato alle pagine 14, 16, 18 e 20)
- [13] M. Mahbub and R. M. Shubair, "Contemporary advances in multi-access edge computing: A survey of fundamentals, architecture, technologies, deployment cases, security, challenges, and directions," vol. 219, p. 103726, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1084804523001455> (Citato a pagina 14)
- [14] H. F. Ahmad, W. Rafique, R. U. Rasool, A. Alhumam, Z. Anwar, and J. Qadir, "Leveraging 6g, extended reality, and iot big data analytics for healthcare: A review," vol. 48, p. 100558, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574013723000254> (Citato alle pagine 14 e 18)
- [15] Y. K. Chan, Y. M. Tang, and L. Teng, "A comparative analysis of digital health usage intentions towards the adoption of virtual reality in telerehabilitation," vol. 174, p. 105042, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505623000606> (Citato a pagina 14)
- [16] J. Chen, L. Zhang, Q. Lu, H. Liu, and S. Chen, "Predicting information usefulness in health information identification from modal behaviors," vol. 60, no. 2, p. 103220, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306457322003211> (Citato a pagina 14)
- [17] D. Xi, L. Hou, J. Luo, F. Liu, and Y. Qin, "The meta-defect-detection system for gear pitting based on digital twin," vol. 56, p. 102003, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034623001313> (Citato a pagina 14)

- [18] H. Alimam, G. Mazzuto, N. Tozzi, F. Emanuele Ciarapica, and M. Bevilacqua, "The resurrection of digital triplet: A cognitive pillar of human-machine integration at the dawn of industry 5.0," vol. 35, no. 10, p. 101846, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157823004007> (Citato a pagina 14)
- [19] K. Kim, H. Yang, J. Lee, and W. G. Lee, "Metaverse wearables for immersive digital healthcare: A review," vol. 10, no. 31, p. 101846, 2023. (Citato alle pagine 14, 16 e 19)
- [20] Y. K. Dwivedi, N. Kshetri, L. Hughes, N. P. Rana, A. M. Baabdullah, A. K. Kar, A. Koochang, S. Ribeiro-Navarrete, N. Belei, J. Balakrishnan, S. Basu, A. Behl, G. H. Davies, V. Dutot, R. Dwivedi, L. Evans, R. Felix, R. Foster-Fletcher, M. Giannakis, A. Gupta, C. Hinsch, A. Jain, N. Jane Patel, T. Jung, S. Juneja, Q. Kamran, S. Mohamed AB, N. Pandey, S. Papagiannidis, R. Raman, P. A. Rauschnabel, P. Tak, A. Taylor, M. C. tom Dieck, G. Viglia, Y. Wang, and M. Yan, "Exploring the darkverse: A multi-perspective analysis of the negative societal impacts of the metaverse," vol. 25, no. 5, p. 2071 – 2114, 2023. (Citato alle pagine 14, 19 e 21)
- [21] S. Qamar, Z. Anwar, and M. Afzal, "A systematic threat analysis and defense strategies for the metaverse and extended reality systems," vol. 128, p. 103127, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167404823000378> (Citato a pagina 14)

Ringraziamenti

Ringraziamenti qui...