



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

Dipartimento di Informatica

Corso di Laurea Triennale in Informatica

TESI DI LAUREA

MedAid

RELATORE

Prof. Fabio Palomba

Dott.sa Viviana Pentangelo

Università degli Studi di Salerno

CANDIDATO

Giovanni Casaburi

Matricola: 0512115415

Anno Accademico 2023-2024

Questa tesi è stata realizzata nel



"Il corpo umano è un tempio e come tale va curato e rispettato sempre"

Ippocrate

Abstract

Il Metaverso sta prendendo sempre più piede negli ultimi tempi sia grazie allo sviluppo di nuove tecnologie, sia grazie ai numerosi contesti o ambiti in cui può essere utilizzato, nonostante tutte le limitazioni che sono presenti ancora oggi. Dal periodo post-pandemia COVID-19, il concetto di Metaverso "un ambiente tridimensionale immersivo e realistico dove gli utenti interagiscono tramite avatar", ha trovato enormi opportunità in ambito educativo, ma col passare del tempo, si è capito che il contesto applicativo del Metaverso non si limita all'educazione ma anche alla medicina, all'economia e all'ambiente sociale. Nell'ultimo periodo, il Metaverso sta ottenendo particolare rilievo in ambito medico, permettendo di simulare diagnosi di malattie, operazioni chirurgiche e terapie farmaceutiche con l'ausilio di ulteriori tecnologie. Sebbene il Metaverso stia prendendo sempre più piede non è l'unico. Una problematica che rischia di diventare di dimensioni globali è il diabete ed una sua complicazione: la retinopatia diabetica. La retinopatia diabetica è la causa maggiore della cecità nel mondo e non esistono terapie o metodologie per rallentarle lo sviluppo o sopprimerla, questa mancanza è causata dal fatto che pochi medici, studenti o infermieri hanno familiarità con questa malattia e l'unico modo che hanno per esercitarsi e migliorare le proprie competenze a riguardo, è attraverso operazioni sul campo, operazioni che richiedono d'interagire con pazienti reali, dove sono concessi pochi sbagli altrimenti si rischia di provocare enormi conseguenze. Per questo motivo nasce MedAid, un'ambiente virtuale tridimensionale in cui si simula la diagnosi della retinopatia diabetica, in modo da poter preparare adeguatamente studenti, medici ed infermieri a contrastarla. In quest'ambiente l'utente potrà interagire, per mezzo degli avatar, con il paziente, con il suo assistente e gli oggetti circostanti. A differenza del mondo reale, l'utente non dovrà preoccuparsi delle conseguenze che possono scaturire dalla sua non familiarità con la retinopatia, siccome in MedAid si avrà a che fare con paziente virtuali che non esistono per davvero.

Indice

Elenco delle Figure	iii
Elenco delle Tabelle	iv
1 Introduzione	1
1.1 Contesto applicativo	1
1.2 Motivazione e Obiettivi	2
1.3 Risultati ottenuti	3
1.4 Struttura della Tesi	3
2 Background e stato dell'arte	5
2.1 Background	5
2.1.1 Metaverso e definizione	5
2.1.2 Elementi chiave del Metaverso e componenti	7
2.1.3 Una malattia che s'intromette nella vita quotidiana: il Diabete	11
2.1.4 Il nemico della vista: La Retinopatia Diabetica	12
2.1.5 L'impiego del Metaverso in ambito medico.	12
2.2 Related Work	14
2.2.1 SENEM: A Metaverse Virtual Classroom for the Academic Educational Context	14
2.2.2 DIANA: DIgital ANimated Avatar	15

2.2.3	Course 60	15
2.2.4	Una simulazione della Radioterapia Oncologica	16
2.2.5	Simulation of the Clinical Session	16
3	MedAid: A Metaverse to help students and doctors	18
3.1	Caratteristiche MedAid e tool usati	18
3.2	Scelte progettuali	21
3.2.1	Domande di ricerca	21
3.2.2	Design degli Avatar	22
3.2.3	Struttura della scena principale	23
3.3	Interfaccia Grafica MedAid	25
3.3.1	Menù Principale MedAid	25
3.3.2	Interfaccia dedicata all'utente	27
3.3.3	Interfaccia dedicata al paziente	27
3.3.4	Interfaccia dedicata all'assistente	29
4	Conclusioni	30
4.1	Conclusioni	30
4.2	Sviluppi futuri	31
	Bibliografia	34

Elenco delle figure

2.1	Elementi chiave del Metaverso secondo le definizioni	7
2.2	Le quattro dimensioni del Metaverso	8
2.3	SENEM: A Metaverse Virtual Classroom for the Academic Educational Context	14
2.4	Studente che interagisce con DIANA	15
2.5	Studente che interagisce con la rappresentazione del cuore	17
3.1	Sala d’attesa MedAid	23
3.2	Ufficio oculistico	24
3.3	Fotocamera della scena	24
3.4	Libro per decidere l’esito	24
3.5	Menu Principale di MedAid	25
3.6	Inserimento del NickName	25
3.7	Lobby d’attesa	26
3.8	Sezione del Menù dove cercare la lobby	26
3.9	Interfaccia grafica dell’utente	27
3.10	Interfaccia principale del paziente	28
3.11	Domande per il paziente	28
3.12	Visuale dell’ispezione della retina	29
3.13	Lista delle domande disponibili all’assistente	29

Elenco delle tabelle

2.1	Dimensioni del Metaverso secondo Smart et al [1].	10
-----	---	----

CAPITOLO 1

Introduzione

In questo capitolo si farà una panoramica del contesto applicativo di questo lavoro di tesi e di un tool in particolare coinvolto nel processo di sviluppo. Successivamente si illustrerà l'obiettivo di questa tesi, il risultato ottenuto e la struttura della tesi.

1.1 Contesto applicativo

Ci troviamo in un periodo dove l'enorme sviluppo della tecnologia sia di tipo hardware e software [2] ci permette di vivere esperienze immersive in grado di simulare fedelmente la realtà. Con questa grande possibilità che ci è permessa, nasce la necessità di creare delle realtà simulate per immergere completamente una persona, specialmente lo studente come se si trovasse in una situazione reale sul campo. In particolare facciamo riferimento a tutti quei studenti che non hanno un modo per mettere alla prova le proprie conoscenze e competenze se non con una prova sul campo che ha una durata non adeguata per aiutare lo studente a mettersi alla prova [3]. Questo intoppo può rallentare in modo significativo l'apprendimento di uno studente, anche perché la prova sul campo richiede di interagire con molte persone e se si commette uno sbaglio si rischia, in certi casi, di danneggiare quest'ultime. Per questo motivo nasce il bisogno di creare un metodo che permetta di "vivere"

situazioni del mondo reale quanto più immersive possibili, in modo da rendere l'esperienza altamente educativa. In questo contesto, calza a pennello il Metaverso, che rappresenta una realtà virtuale altamente immersiva, che permette di interagire sia con elementi del suo ambiente sia con gli altri giocatori tramite l'utilizzo di avatar [4]. Dalla prima definizione di Metaverso di Neil Stephenson [5] è cambiato molto e negli ultimi anni il Metaverso ha guadagnato sempre più interesse, soprattutto in ambiti educativi e di apprendimento; questo successo è stato scaturito dall'avvento della pandemia del COVID-19[3], che ha portato alla creazione di nuove metodologie per l'apprendimento e il lavoro, inoltre un grande investimento nell'ambito Metaverso è stato fatto da numerose aziende, la prima tra queste è META [6]—*aka Facebook*. Un'altra è Second Life [7] che permette di creare un mondo virtuale a proprio piacimento e Spatial che permette di creare un avatar tramite scansione facciale. Se scendiamo più a fondo, il motivo per cui il Metaverso sta riscontrando molto successo è perché esso permette di rompere quelle barriere immaginarie che fanno parte della nostra vita quotidiana [6]. Il Metaverso viene addirittura visto come un nuovo universo persistente formato sia da componenti reali che componenti digitali con cui una numerosa utenza può interagire [2, 6, 8]. Sebbene il Metaverso ha riscontrato molti feedback positivi negli ambiti educativi e d'apprendimento, ancora oggi viene frenato dallo status sociale, dalla burocrazia soprattutto [6] perché al momento non esistono delle normative che regolano o provano a spingere il Metaverso ad interagire con l'utenza tipica di normali tool di apprendimento. Un altro fattore da considerare sono i costi economici dell'attrezzatura volta all'utilizzo del Metaverso che sono riservati ad una stretta cerchia sociale, quindi sebbene la tecnologia hardware e software stia avanzando velocemente permettendo di considerare l'idea del Metaverso, esso continua a rimanere indietro a causa delle motivazioni sopra citate.

1.2 Motivazione e Obiettivi

L'utilizzo del Metaverso nell'ambito medico e didattico hanno ispirato allo sviluppo di un tool in cui si mitigano le limitazioni presentate e che sfrutta al meglio tutte le caratteristiche del Metaverso. Di seguito è illustrato l'obiettivo del lavoro di tesi.

© Obiettivo del lavoro di tesi.

- **Creare un ambiente virtuale tridimensionale** altamente realistico che racchiuda tutti i punti chiave del concetto di Metaverso per simulare la diagnosi della retinopatia diabetica.

I punti chiave del concetto di Metaverso sono: fornire un ambiente tridimensionale e realistico permettendo il collegamento ad esso a più persone simultaneamente a cui deve essere permesso di interagire tra loro, caratteristiche che fanno riferimento a quelle illustrate da Wang et al.[8]. In questo ambiente si deve permettere di interagire con il paziente permettendo di comunicare o interagire con il corpo di quest'ultimo; inoltre, siccome si incentra anche sull'apprendimento, deve essere dotato di un assistente che possa aiutare l'utente nella diagnosi, illustrando i sintomi o dando dei consigli durante la diagnosi.

1.3 Risultati ottenuti

Questo progetto mostra come il Metaverso può essere facilmente impiegato per l'apprendimento, soprattutto in ambito medico dove sono richieste molte esperienze sul campo [3, 9]. Questo aspetto è supportato dal fatto che con il Metaverso si possono raggiungere alti livelli di immersività ed interattività in ambiente reali tridimensionali ben progettati e rompere le limitazioni che gli vengono imposte dal mondo reale [2, 4], permettendo agli studenti di affrontare esperienze critiche in modo da trovarsi preparati nel mondo reale.

1.4 Struttura della Tesi

Di seguito viene illustrato come è strutturata la tesi

- Capitolo 2: si fornisce un background del concetto di Metaverso, delle sue caratteristiche, tecnologie e di tool già sviluppati, inoltre ci si focalizza anche sul problema affrontato in questa tesi;

- Capitolo 3: viene presentato il tool sviluppato, le sue feature principali, le scelte progettuali durante lo sviluppo e l'interfaccia grafica in dettaglio;
- Capitolo 4: si illustrano le conclusioni del lavoro svolto e si presentano eventuali sviluppi futuri.

CAPITOLO 2

Background e stato dell'arte

Questo capitolo è incentrato sulla definizione del Metaverso e delle sue caratteristiche chiave. Nella sezione 2.1.1 si parlerà inizialmente della definizione di Metaverso, della sua tassonomia, delle sue caratteristiche chiavi. Successivamente si discuterà di un problema che sta pian crescendo nel mondo che è la retinopatia diabetica, con qualche accenno sul diabete e la sua correlazione. Alla fine di questa sezione verrà evidenziata l'attenzione sull'utilizzo del Metaverso in ambito medico. Nella sezione 2.2 invece, si illustreranno tool già sviluppati nell'ambito del Metaverso educativo, incentrandoci anche soprattutto sull'ambito medico.

2.1 Background

2.1.1 Metaverso e definizione

Il concetto di Metaverso venne nominato per la prima volta, come già anticipato nei paragrafi precedenti, da Neil Stephenson nel suo libro *Snow Crash* [5], esso definisce il Metaverso come *"Una realtà virtuale immersiva condivisa ed accessibile a tutti tramite internet in cui le persone interagiscono tramite dei personaggi virtuali chiamati avatar"*. Dalla definizione di Neil Stephenson ne sono nate ovviamente nuove più

estese ma che racchiudono gli stessi concetti e tengono conto del contesto e delle necessità dell'ambito d'applicazione [2], [7, 10]. Addirittura Chen et al. [10] hanno cercato di formulare una definizione generale di Metaverso e delle sue architetture scoprendo che dai vari articoli nascono altre due definizioni di Metaverso: Metaverso Sociale e Metaverso Tecnico. La prima si sofferma sull'utente e dell'esperienza che può vivere nel Metaverso, la seconda sulle varie tecnologie utilizzabili e integrabili e gli ambiti in cui il Metaverso può intervenire. Anche Grenn e Works [7] hanno cercato una definizione generale di Metaverso ma hanno solo concluso che il concetto di Metaverso fa riferimento ai concetti di VR, AR e che è un mondo virtuale che utilizza il VR. Raccogliendo le varie definizioni di Metaverso possiamo dire che esso rappresenta un ambiente tridimensionale online dove gli utenti possono interagire tra loro e con lo spazio circostante tramite dei personaggi virtuali chiamati Avatar. Dioniso et al. [11] hanno definito quali sono le caratteristiche generali che si devono garantire per avere un Metaverso altamente funzionante:

- *Realismo*: per fornire un'esperienza più convincente e coinvolgente all'utente, il Metaverso deve avere un alto livello di immersività in modo tale da coinvolgere maggiormente in modo emotivo e psicologico l'utente. Tale risultato può essere ottenuto tramite un adeguato utilizzo delle tecniche usate per dare sensazioni uditive, del tatto e della vista. Questo perché gli strumenti trasversali che l'umano utilizza per interagire con l'ambiente sono i cinque sensi, in particolare vista, udito e tatto.
- *Ubiquità*: il Metaverso deve essere una realtà virtuale accessibile in qualsiasi momento tramite qualsiasi dispositivo. Questo obiettivo è facilmente raggiungibile oggi grazie all'ubiquity computing [12] permettendo l'accesso a una stessa piattaforma o account tramite vari dispositivi come PC, laptop, smartphone, tablet etc...
- *Interoperabilità*: il mondo reale ci permette sia di spostarci liberamente senza perdere la nostra identità, la nostra persona sia di spostare i nostri beni, possedimenti e averli rimanendo inalterati, in certe circostanze. Analogamente nel Metaverso deve essere fornito questo ragionevole livello di interoperabilità, permettendo a vari mondi virtuali di scambiarsi informazioni tra loro. Nello

specifico bisogna definire degli standard per trasferire modelli o oggetti 3D tra mondi virtuali tramite un modello, protocollo, localizzatore, autenticatore e valuta standard.

- *Scalabilità*: Siccome il mondo reale riesce a "gestire" un innumerevole numero di esseri umani, anche il Metaverso deve riuscirci. Quest'ultimo deve permettere ad una molteplicità di utenti di collegarsi simultaneamente senza influenzare in modo negativo la loro esperienza, inoltre deve gestire innumerevoli quantità di risorse in modo efficiente sempre per non intaccare l'esperienza dell'utente. Far in modo che più persone si possano collegare al Metaverso senza peggiorarne le performance è cruciale per avere un'esperienza altamente immersiva.

2.1.2 Elementi chiave del Metaverso e componenti

Nel paragrafo precedente abbiamo dato una definizione di Metaverso, dell'evoluzione di esso e delle caratteristiche fondamentali del Metaverso. In questo paragrafo parleremo di quali sono gli elementi e componenti principali del Metaverso a partire dagli Avatar.

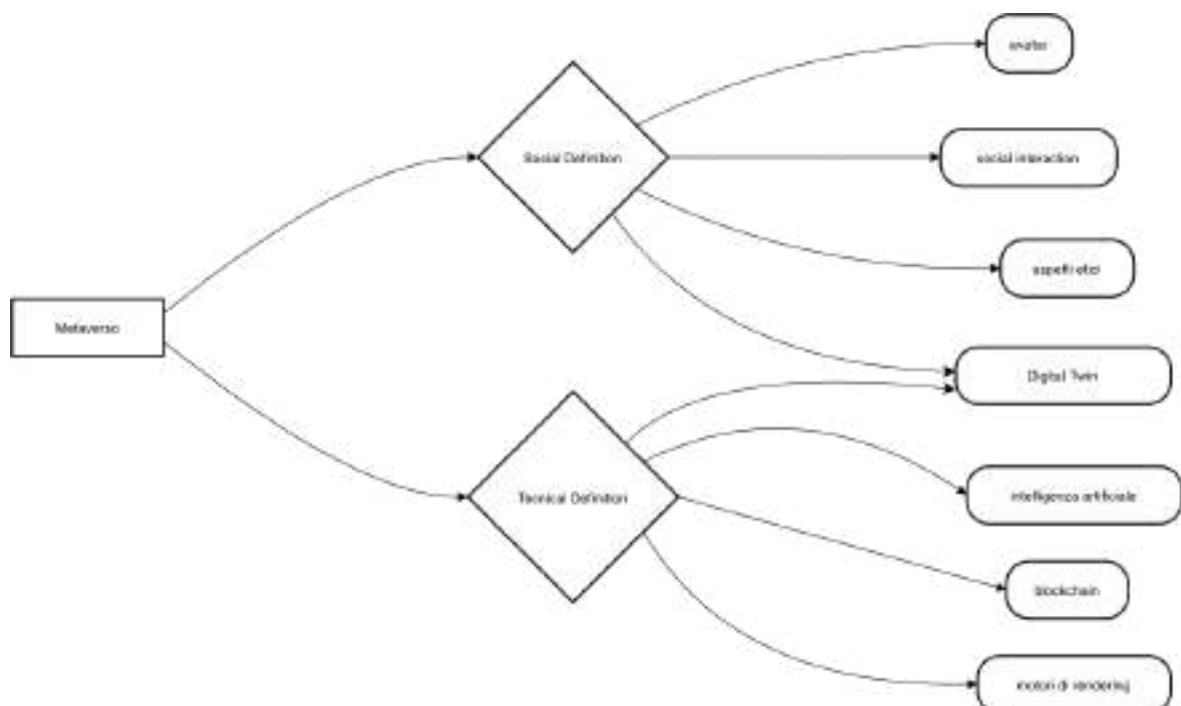


Figura 2.1: Elementi chiave del Metaverso secondo le definizioni

- *Avatar*: è l'elemento più importante del Metaverso perchè rappresenta l'utente nell'ambiente virtuale ed è lo strumento principale che utilizzano per interagire tra loro [13]. Infatti Kim et al [14] evidenziano come gli avatar sono un concetto chiave del Metaverso a differenza dei "mondi" digitali già presenti. Un esempio d'impiego di Avatar in un Metaverso è Roblox che fornisce delle figure animate come avatar. Le caratteristiche chiave di un avatar come interazione umana, comportamenti e tratti, dipendono dall'ambito in cui il Metaverso viene impiegato. Ciò che l'avatar a priori deve avere è il concetto di realismo, siccome è una rappresentazione digitale dell'utente, più è fedele, più l'utente troverà naturale il mondo virtuale. In questo ambito Kim et al [14] distinguono due tipi di realismo: realismo visivo e realismo comportamentale. Il primo fa riferimento all'antropomorfismo, ossia quanto l'avatar ha una conformazione umana e fedele nel compiere un azione o come si comporta, il secondo fa riferimento sia ai movimenti del corpo, in particolare a quanto sono naturali o conformi ai movimenti dell'essere umano, sia all'appropriatezza sociale che rappresenta cioè il grado con il quale l'avatar risponde alle interazioni secondo le norme sociali.
- *Dimensioni*: nella Sezione 2.1.1 abbiamo detto che il Metaverso rappresenta un ambiente virtuale immersivo tridimensionale però, come già ripetuto molteplici volte, le caratteristiche dell'ambiente virtuale dipendono dal contesto in cui viene messo. Per dare un'idea generale dei contesti del Metaverso, Smart et al [1] hanno fatto una classificazione in base alle tecnologie utilizzate. La figura 2.2 mostra graficamente questa classificazione e la tabella 2.1 chiarisce queste dimensioni.

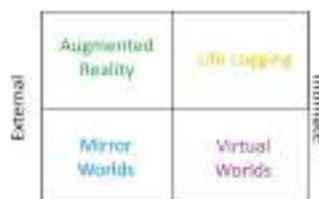


Figura 2.2: Le quattro dimensioni del Metaverso

- Aumentazione: nel contesto del Metaverso fa riferimento alle tecnologie che permettono di sovrapporre elementi digitali sugli elementi del mondo reale.
 - Simulazione: tecnologie volte a creare simulazioni di elementi del mondo reale, per esempio dei luoghi.
 - Intimate: tecnologie che si concentrano sull'identità e le azioni di un individuo o un oggetto, nel contesto del Metaverso fanno parte sia gli avatar che i profili digitali.
 - External: tecnologie che forniscono informazioni e controllo sull'ambiente in cui viene messo l'utente.
- *Digital Twin*: il concetto di Digital Twin è nato da una presentazione di Michael Grieves [15], [16] sulla gestione del ciclo di vita di un prodotto. Grieves insieme al suo collega John Vickers motivarono il loro lavoro spiegando che bisognava trovare una nuova metodologia per conservare i dati di un oggetto diversa da quella già presente, che è basata sul lavoro manuale e cartaceo. In seguito a questa necessità nacque il concetto di Digital Twin, esso è una rappresentazione virtuale e digitale di un oggetto, ambiente o processo del mondo reale che si aggiorna automaticamente tramite lo scambio d'informazioni tra il sistema virtuale e fisico[16]. Nel contesto del Metaverso il Digital Twin ha grandissime opportunità perchè in fatto di immersività e realismo fornisce all'utente alte prospettive, rendendo il mondo virtuale più simile al mondo reale. Inoltre le applicazioni del Digital Twin in Metaversi d'ambito medico potrebbero risolvere tutti quei problemi legati al trattamento della salute del paziente, alle operazioni chirurgiche e alla somministrazione dei farmaci [17].
 - *Creazione di contenuti e Gestione dell'Economia*: il mondo reale è stato nel tempo arricchito di elementi grazie all'essere umano, il quale ha costruito palazzi, parchi, città, metropoli e così via. Questo concetto di arricchimento deve essere una delle principali funzionalità del Metaverso, permettendo agli utenti di creare mondi/mappe e avatar virtuali a proprio piacimento per altri giocatori, i cosiddetti user-generated content (UGC). Esempi di queste funzionalità sono

Tabella 2.1: Dimensioni del Metaverso secondo Smart et al [1].

Dimensioni Metaverso	Definizione	Classificazione
Augmented Reality	La realtà aumentata permette di arricchire il mondo reale con elementi digitali visibili tramite smartphone, table, occhialini smart e utilizza interfacce che processano e sovrappongono informazioni nel mondo reale.	External-Aumentazione
LifeLogging	utilizzano le tecniche della realtà aumentata per registrare e riportare il ciclo di vita di un oggetto o di un utente nel mondo virtuale. Per gli oggetti si usano gli Object Lifelogs che mantengono informazioni riguardanti l'uso, l'ambiente e le condizioni di un oggetto fisico. Per gli utenti si usano i User Lifelogs che permettono di creare una sorta di registrazione della vita delle persone.	Intimate-Aumentazione
Mirror Worlds	Mondi digitali che mirano a rappresentare il mondo reale e che vengono arricchiti con delle informazioni, vengono realizzati tipicamente tramite mapping virtuale, modellazione, sensori geospaziale e altre tecnologie.	External-Simulazione
Virtual Worlds	Aggiungono elementi digitali al mondo reale per migliorare la vita sociale e l'economia delle comunità del mondo fisico, questi mondi digitali stanno migliorando sempre di più nel tempo grazie a tutti gli sviluppi nella Computer Vision.	Intimate-Simulazione

molto spesso forniti in molti videogiochi, come Fortnite, Roblox[18] e Minecraft. Ispirandoci sempre a Fortnite, nel Metaverso si dovrebbe creare anche una sorta di dimensione economica dove gli utenti possono decidere di comprare avatar o accessori per personalizzarli a proprio gradimento. Ovviamente questa economia dovrebbe essere opportunamente gestita in modo da garantire la sicurezza delle transazioni tramite Blockchain [19] e il possesso di proprietà digitali tramite NFT(Non-Fungible Tokens).

- *Aspetti etici, sicurezza e privacy*: permettere l'interazione fra gli utenti del Metaverso tramite avatar evidenzia come esso cerchi di creare una società più smart e innovativa. Questa società deve essere adeguatamente regolata e gestita per evitare che gli utenti del Metaverso non rispettino gli aspetti etici, i quali fanno parte di una società. Yasuda [20] evidenzia che la predominanza dell'IA, che soffre problemi di bias, potrebbe generare comportamenti discriminatori influenzando anche il comportamento degli utenti. Questi problemi sono causati da imperfezioni presenti nei dati d'addestramento presi dal mondo reale, quindi bisogna fare in modo che questi dati vengano correttamente gestiti e puliti da queste imperfezioni. Yasuda [20] sottolinea anche che con il Metaverso deve essere garantito un livello di privacy e sicurezza pari a quello di Internet, soprattutto per gli aspetti economici e medici, poichè la quantità di dati che transita nel Metaverso è enorme. Quindi bisogna fare in modo che sia l'identità personale di un utente sia salvaguardata per evitare furti d'identità o di dati sanitari, sia che le transazioni economiche siano gestite in modo adeguato e sicuro in modo che questi dati rubati non siano usati per atti fraudolenti o venduti.

2.1.3 Una malattia che s'intromette nella vita quotidiana: il Diabete

Al mondo sono presenti tantissime malattie che influiscono sulla vita quotidiana delle persone, ma nell'ultimo periodo sta prendendo sempre più piede una malattia in particolare: il Diabete. Il diabete è una malattia causata dal fatto che il corpo di un individuo non riesce a regolare in modo adeguato i livelli di zucchero nel sangue, obbligandolo a fare molta attenzione al cibo che ingerisce e a seguire una dieta molto

ferrea. L'enorme diffusione che sta avendo il diabete ha portato a considerarlo come un'epidemia sanitaria di proporzioni globali [21]. L'International Diabetes Federation nel 2021 ha registrato che ci sono 537 milioni d'individui della popolazione globale affetti dal diabete, dove i paesi del Pacifico Occidentale (Giappone, Indonesia) sono i più afflitti, avendo registrato 206 milioni casi di diabete. L'IDF prevede che nel 2030 questo numero salirà a 643 milioni. Il vero problema da affrontare non è solo il diabete ma anche le successive complicazioni che può portare. Tra quest'ultime una in particolare è la più comune: la **Retinopatia Diabetica**.

2.1.4 Il nemico della vista: La Retinopatia Diabetica

La retinopatia diabetica è una complicazione del diabete che colpisce la retina degli occhi, in particolare i vasi sanguigni di quest'ultimi vengono danneggiati a causa degli alti livelli di zucchero presenti nel sangue portando a una perdita di fluidi. Nel tempo questo problema può causare la perdita della vista e tutt'oggi la retinopatia diabetica è la principale causa della cecità nel mondo. I metodi per diagnosticarla vanno oltre il controllo costante dei livelli di zucchero, come evidenzia anche Tabish[22] e quest'ultimi sono: fotografia del fondo oculare, controllo dei vasi sanguigni dell'occhio, analisi della saturazione dell'ossigeno. Inoltre non esistono delle terapie standard che si possono seguire per mitigare o rallentare la retinopatia, creando delle difficoltà anche a medici esperti nel campo, che si ritrovano a non saper migliorare in qualche modo le condizioni dei pazienti. Ma se nemmeno medici esperti nel settore riescono a gestire questa malattia, come possono degli aspiranti medici o infermieri riuscire nell'intento di tutelare la salute del paziente. Se non sono presenti terapie per gestire la retinopatia diabetica, possiamo almeno creare un qualcosa che prepari al meglio i medici e studenti a diagnosticare quest'ultima il prima possibile, così da risolvere alla radice il problema, se si può.

2.1.5 L'impiego del Metaverso in ambito medico.

Date le circostanze illustrate nella sezione 2.1.3 e 2.1.4 c'è bisogno di trovare un modo per addestrare studenti, medici ed infermieri a combattere la retinopatia diabetica ed è qui che entra in gioco il Metaverso. Vediamo il Metaverso e la Medicina come

l'uomo e il cane: il cane è il migliore amico dell'uomo, così come il Metaverso con la Medicina o almeno può facilmente diventarlo. La maggior parte delle metodologie d'apprendimento in campo medico sono svolte mediante operazioni sul campo o simulazioni durante il periodo di studi. Epstein [23] nella sua paper come prima cosa dà una propria definizione delle competenze mediche. Secondo lui consistono nell'uso abituale e ragionevole delle competenze comunicative, tecniche, emotive e cliniche per essere al completo servizio dell'individuo e della comunità. Inoltre Epstein evidenzia i sei pilastri sui cui si fonda l'istruzione statunitense: conoscenze mediche, cura del paziente, professionalità, sviluppo di competenze comunicative e relazionali, apprendimento e miglioramento sul campo e sistemi basati sulla pratica. Queste competenze si possono ottenere solamente con una frequente pratica sul campo, perché a volte è necessario trovarsi in un determinato contesto per sviluppare una determinata skill [23]. Fattore più importante è che in una prova sul campo sebbene si sia in qualche modo supervisionati, sbagliare può portare a gravi conseguenze perché non abbiamo a che fare con computer, macchine o qualsiasi altro oggetto, qui interagiamo e lavoriamo direttamente sulle persone, quindi gli sbagli concessi sono pochi. È proprio per questo che il Metaverso sta trovando più impiego nell'ambito medico, perché si può creare un ambiente d'apprendimento altamente realistico e immersivo, dove allo studente è permesso di sbagliare quante volte vuole, senza danneggiare nessuno. Sandrone [24] facendo delle ricerche ha scoperto che il Metaverso è stato impiegato, tramite la Gamification, negli ambiti della neuroscienza, infermeria, urologia e radiologia. Questi semplici giochi hanno migliorato la facoltà degli studenti a prendere decisioni rischiose e a lavorare in un ambiente dove è richiesta la collaborazione. Il Metaverso in ambito medico non è riservato solo all'apprendimento ma anche alla simulazione di operazioni chirurgiche o terapie farmaceutiche. Tramite l'impiego del Digital Twin medici e studenti possono effettuare complicate operazioni chirurgiche su paziente virtuali in modo da ridurre i rischi di errori su pazienti reali. Inoltre, dato che il Digital Twin è una copia virtuale di un oggetto/persona, che viene costantemente aggiornato tramite dei sensori, permette di monitorare costantemente lo stato di salute del paziente e prevedere delle future complicazioni. Ancora, l'impiego del Digital Twin nel Metaverso permette di testare delle terapie farmaceutiche, provando dei farmaci o terapie sul paziente virtuale e

monitorando gli effetti collaterali, dando una panoramica su come agire. Insomma il Metaverso e la Medicina vanno a braccetto, sta a noi soltanto capire come sfruttarne al meglio le potenzialità.

2.2 Related Work

2.2.1 SENEM: A Metaverse Virtual Classroom for the Academic Educational Context

Come già detto nel paragrafo precedente, il Metaverso nell'ultimo periodo ha avuto numerose applicazioni in ambito educativo e di apprendimento, persino in campo medico dove il suo impiego può avere un notevole impatto. Uno dei primi da citare è **SENEM** [25], soluzione adottata dal SeSaLab dell'Università degli Studi di Salerno, che fornisce un Metaverso, sviluppato con Unity e Photon, incentrato sugli studenti e accademici per aiutarli a svolgere task di gruppo o comunicazioni. Esso fornisce la possibilità di creare una stanza con codice dove i giocatori si riuniscono, permettendo loro di personalizzare l'avatar, comunicare tramite chat vocale nel gioco e scrivere tramite chat testuale per chi non dispone di un microfono. Siccome una delle attività principali di SENEM è condurre lezioni/seminari, viene permesso di caricare dei materiali multimediali per proiettarli su una lavagna e di scrivere tramite tastiera per spiegare o intervenire.



Figura 2.3: SENEM: A Metaverse Virtual Classroom for the Academic Educational Context

2.2.2 DIANA: DIgital ANimated Avatar

Un'altra soluzione adottata in campo medico è stata sviluppata da K. Johnsen et al. esperti in Computer and Information Science and Engineering. Nella loro paper [9] viene innanzitutto spiegato come il Metaverso e degli ambienti virtuali immersivi possono aiutare gli studenti di medicina e medici a vivere esperienze altamente interattive e immersive. In particolare hanno sviluppato un tool per simulare la diagnosi dell'appendicite, utilizzando come paziente un personaggio virtuale chiamato DIANA (Digital Animated Avatar). Per effettuare la diagnosi si sono basati su i modi classici con cui i medici abilitati cercano di capire la presenza di tale malattia, quindi per interagire con DIANA nel modo più immersivo possibile hanno deciso di utilizzare il riconoscimento vocale e i gesti, tale scelta anche se efficace però, ha influito sulle esperienze degli studenti in modo negativo poichè hanno ritenuto che il linguaggio gestuale non era necessario e che il riconoscimento vocale andava migliorato. Inoltre il loro tool non fa uso di visori VR o altri strumenti per rendere l'esperienza immersiva.



Figura 2.4: Studente che interagisce con DIANA

2.2.3 Course 60

Questo tool è stato sviluppato da Shamir-Inbal et al.[26] per conto del Pronto Soccorso d'Israele. Il motivo dello sviluppo è permettere agli infermieri e medici del pronto soccorso di mettere in pratica tutte le competenze apprese durante tre dei corsi principali che seguono, tra questi uno è il "Course 60". Il Course 60 consiste in un seminario di 60 minuti in cui vengono illustrate le manovre da eseguire in caso di emergenza sanitario, per esempio la rianimazione cardiopolmonare (CPR) e i suoi strumenti. Per testare i partecipanti al corso, Shamir-Inbal et al. hanno creato due

scene che simulano la stessa cosa ma con approcci differenti. Entrambi mettevano il partecipante nel bel mezzo di una simulazione di pronto soccorso; il primo non richiedeva l'utilizzo dei visori VR, nonostante ciò è riuscito a dare un buon livello d'immersività secondo i partecipanti; il secondo utilizzava i visori VR e gli avatar rappresentati solo tramite le mani, questo ha permesso di far capire in maniera più dettagliata i passi che si devono seguire durante la procedura di rianimazione. Questo tool è stato testato da 27 partecipanti, tutti appartenenti al pronto soccorso. I feedback che ha ricevuto sono estremamente positivi ed evidenziano sia la possibilità di poter commettere errori senza recare nessun danno al paziente, sia la facilità con cui si comprendono i protocolli medici rispetto ai metodi tradizionali tramite manichini.

2.2.4 Una simulazione della Radioterapia Oncologica

Bridge et al. [27] hanno deciso di sviluppare un ambiente virtuale immersivo per permettere agli studenti di esercitarsi sull'utilizzo uno strumento coinvolto nella radiologia. Bridge et al. evidenziano che gli studenti abilitati alla Radioterapia devono sviluppare un serie di skill che sono essenziali, tra queste abbiamo le comunicative e le psicomotorie. L'unico modo per sviluppare queste skill è con interazioni sul campo con i pazienti. Questa decisione di portare gli studenti direttamente sul campo crea una forte pressione su di essi, pressione che rallenta il loro apprendimento. Per questo motivo è stata sviluppata una simulazione in cui si permette agli studenti di esercitarsi sull'utilizzo di un acceleratore lineare. I feedback che ha ricevuto sono positivi, dato che gli studenti che lo hanno testato hanno dichiarato che la loro comprensione del macchinario e le competenze tecniche sono migliorate.

2.2.5 Simulation of the Clinical Session

L'ultimo Metaverso a cui farò riferimento è quello sviluppato da Oliveira et al. sempre in ambito medico, i quali, vedendo che il Metaverso e il lavoro remoto hanno avuto un'esplosione grazie all'avvento del COVID-19, hanno deciso di simulare un processo decisionale che viene effettuato dai medici per capire se un paziente ha una determinata malattia o meno, nel particolare una malattia cardiaca. Questa scelta progettuale è stata scaturita dal fatto che, secondo loro, una delle attività



Figura 2.5: Studente che interagisce con la rappresentazione del cuore

principali che sostiene un medico sono le sessioni cliniche, discussioni volte ad analizzare malattie molto complesse dove sono richieste molte skill comunicative e di presa di posizione. Secondo Oliveira et al. una delle principali caratteristiche che deve possedere una realtà virtuale altamente immersiva è la comunicazione e la condivisione d'informazioni, i quali sono anche aspetti critici e delicati che richiedono un attento sviluppo per essere efficaci. Per simulare in maniera efficiente le sessioni cliniche hanno intervistato vari medici per capire le varie fasi del processo decisionale ed i soggetti e sempre in base alle interviste hanno fissato i paletti dello scenario di Unity. Il loro Metaverso permette agli studenti di collegarsi mediante portatile e smartphone, quest'ultimo però ha presentato dei problemi nello svolgimento delle task da parte degli utenti.

MedAid: A Metaverse to help students and doctors

In questo capitolo parleremo del tool sviluppato in questo progetto di tesi. Nella sezione 3.1 parleremo dei requisiti che doveva soddisfare MedAid, come li ha soddisfatti e per mezzo di quali tool. Nella sezione 3.2 parleremo del perché sono state fatte determinate scelte, per poi concludere con la sezione 3.3 in cui parleremo dell'interfaccia grafica in dettaglio. La repository del progetto è reperibile tramite questo link: [GITHUB](#)

3.1 Caratteristiche MedAid e tool usati

Come anticipato nei capitoli precedenti, soprattutto nella sezione 2.1.4, la retinopatia diabetica sta prendendo sempre più sopravvento e dobbiamo trovare un modo per addestrare gli studenti a diagnosticarla. Uno dei modi per preparare gli studenti alla retinopatia sarebbe con dei tirocini presso strutture ospedaliere adibite alla diagnosi di quest'ultima. Sebbene questa opzione sia valida presenta numerosi svantaggi. Il primo è che gli studenti avranno a che fare con pazienti reali, quindi le responsabilità e rischi da dover affrontare sono molti ed anche alti, quindi il livello di pressione e ansia sale. Secondo: lo studente trovandosi in un ambiente poco familiare potrebbe sentirsi a disagio e questo potrebbe rallentare l'apprendimento. Ultimo

svantaggio è che gli studenti non sanno come agire, seppur supervisionati non sanno magari quali sono i fattori chiave per effettuare una buona diagnosi della retinopatia. Per permettere agli studenti di commettere tutti gli errori che vogliono, prendere dimestichezza con la strumentazione e sviluppare skill comunicative e tecniche, è necessario sviluppare un'ambiente virtuale tridimensionale, altamente immersivo, ed è qui che entra in gioco MedAid. Come già anticipato nella sezione 1.2 l'obiettivo è creare un Metaverso in ambito medico specializzato nella diagnosi della retinopatia diabetica. Gli strumenti scelti per creare questo Metaverso sono stati: Unity 3D per l'ambiente e Blender e Ready Player Me per gli avatar. Di seguito sono illustrati i requisiti che questo Metaverso deve soddisfare e come lo ha fatto:

- **Interazione con i pazienti:** deve essere permesso agli utenti di interagire con i pazienti tramite degli avatar, particolare attenzione deve essere posta al realismo che devono offrire gli avatar per aumentare l'immersività e l'efficacia del tool. Le interazioni con esso sono state implementate in tre modi: il primo è la possibilità di fare domande al paziente riguardo alla sua salute o a dei sintomi che ha manifestato. Il secondo modo è tramite una visita in primo piano alla retina dei due occhi del paziente per controllare fuoriuscite dei vasi sanguigni. Il terzo e ultimo modo è tramite una fotocamera in modo da scattare una foto della retina, che è una procedura standard [28], e confrontarla anche con altre precedentemente scattate.
- **Comunicazione verbale e testuale:** per permettere un'interazione tra gli utenti, è necessario che all'interno del Metaverso sia possibile comunicare sia in maniera vocale, sia in maniera testuale per permettere a chi non ha un microfono, di poter comunicare. Per mettere la comunicazione vocale è stata implementata una chat vocale di prossimità, per aumentare il realismo e far in modo che il tono della voce cambi a seconda della lontananza della persona che sta parlando. Per la comunicazione testuale, è stata implementata una chat testuale, sempre attiva in cui gli utenti possono scrivere e visualizzare i messaggi.
- **Creazione di una lobby privata:** sebbene lo studente potrebbe decidere di collegarsi in solitario al Metaverso, bisogna assolutamente considerare la possibilità di partecipare alla diagnosi in gruppo, d'altronde l'interazione sociale è un

concetto chiave del Metaverso (sezione 2.1.1). A tal proposito è stata fornita la possibilità di creare delle lobby private munite di codice (generato in maniera pseudocasuale), che possono ospitare massimo 3 persone. Per unirsi alla lobby creata basta condividere il codice di riferimento della stanza agli altri utenti interessati.

- **Interazione con l'assistente:** questo Metaverso è incentrato sull'addestramento dei medici e la diagnosi, per cui è importante immergere lo studente nell'ambiente fornendogli la giusta guida e le giuste indicazioni. Per questo motivo è stato creato un assistente robotico che all'inizio del gioco illustra il contesto in cui si trova l'utente e fa una panoramica della retinopatia diabetica. L'assistente non è limitato ad essere una risorsa di inizio gioco, ma durante la diagnosi l'utente può interagire con esso per ricevere dei consigli o fare un recap dei sintomi della retinopatia. Tali scelte sono state attuate per aumentare l'efficacia del tool, facendo in modo che l'utente riesca a imparare cosa deve fare in ogni situazione.
- **Esplorazione della scena:** la scena del Metaverso è stata divisa in due parti. La prima parte è formata dalla sala d'attesa dove sono presenti tutti gli NPC che fungono da pazienti in attesa di essere diagnosticati; la seconda rappresenta l'ufficio degli utenti. È possibile spostarsi liberamente da una zona all'altra e interagire con gli oggetti presenti nelle rispettive stanze.

Il tool principale che si è usato nell'implementare la scena del Metaverso è Unity3D, perché è un tool che permette di creare facilmente delle scene immersive e realistiche. Inoltre Unity3D ha un ricco Asset-Store che permette di arricchire la scena con numerosissime funzionalità. Uno degli Asset principali usati è stato Photon Pun 2 che permette una semplificata implementazione del multigiocatore e della chat vocale. L'implementazione degli avatar è l'aspetto a cui si è sottoposta più attenzione e per questo motivo sono stati utilizzati due tool. Il primo è Blender ed è stato utilizzato per gli avatar dei pazienti, questo perché Blender fornisce un tool per creare facilmente avatar altamente realistici, il nome di questo tool è MB-lab. Fornire un alto livello di realismo è stato un concetto chiave nell'implementazione di MedAid, soprattutto per quanto riguarda gli occhi del paziente, che sono un elemento cruciale

per diagnosticare la retinopatia. Il secondo tool usato per gli avatar è stato Ready Player Me, una piattaforma web integrabile con gli Unity3D dove è possibile creare degli avatar a partire da dei preset. Ready player Me è stato utilizzato per creare gli avatar degli utenti, che sono stati integrati con animazioni realistiche prese da Mixamo.

3.2 Scelte progettuali

In questa sezione sono illustrate tutte le motivazioni dietro a determinate scelte, a partire dagli avatar fino alla strutturazione della scena.

3.2.1 Domande di ricerca

La prima cosa da fare quando si deve costruire un nuovo tool è capire quali sono le funzionalità che sono richieste dall'utente. Per fare ciò, è necessario immedesimarsi nell'utente finale del tool per capire quale potrebbe essere la sua esperienza attesa, in modo che possa guidarne i requisiti durante lo sviluppo. Pensando a quest'ottica le domande da rispondere sono varie ma quelle che hanno ispirato e convinto di più per lo sviluppo sono state le seguenti:

Q RQ₁. *Come si può coinvolgere emotivamente l'utente?*

L'obiettivo di questa domanda è capire quali sono dei fattori che coinvolgono di più l'utente e quali si possono presentare più frequentemente. Le prime sensazioni che colpiscono uno studente inesperto o non sicuro di sé sono la pressione e l'ansia. Mettendo l'utente in una situazione che non gli è familiare oppure in una di comando o di autonomia, dove tutte le successive conseguenze sono provocate dalle sue scelte, ha la possibilità di creare un forte senso di pressione, seguito dal sopraggiungere dell'ansia. Per questo motivo si è deciso di dividere la scena in due parti sala d'attesa e ufficio, inoltre è stato impostato un timer di 5 minuti per ogni visita. La sala d'attesa, se riempita di pazienti in attesa di essere visitati, può provocare un forte senso di pressione e di responsabilità nell'utente. Questo perché deve prendere consapevolezza che tutte quelle persone dipendono da lui e che c'è una piccola probabilità che non riesca a soddisfarle tutte, creando un senso di sconforto e frustrazione in loro.

Q RQ₂. *Esiste una procedura standard per diagnosticare la retinopatia diabetica?*

Questa domanda è stata posta per capire come strutturare il processo di diagnosi della retinopatia diabetica. Effettivamente esiste una procedura standard per diagnosticare la retinopatia e consiste in una normalissima visita oculistica, dove il medico pone delle domande al paziente riguardo al suo precedente sanitario, al motivo della visita e a dei sintomi che ha percepito, per poi passare ad un attento controllo agli occhi, controllando la retina e le capacità visive del paziente. La diagnosi nel Metaverso ha la stessa procedura, l'utente può fare delle domande al paziente che a sua volta risponderà e fare una visita agli occhi, in cui controlla lo stato della retina.

Q RQ₃. *Come si può aiutare l'utente nel processo di diagnosi?*

Questa domanda si focalizza sul come far comprendere all'utente come effettuare una buona diagnosi. È strettamente correlata alla prima perché, aiutando l'utente a fare una buona diagnosi e a capire quali sono i criteri di valutazione che deve considerare, può portare un senso di conforto e di sicurezza che lo spronano a migliorare sempre di più. Proprio per questo motivo si è deciso di fornire un assistente all'utente che possa fornirgli supporto in caso di dubbi o incertezze. Oltre all'assistente, l'utente può decidere di effettuare in gruppo la diagnosi così da avere fonti di confronto maggiori.

3.2.2 Design degli Avatar

Una domanda che sorge spontanea, leggendo i tool utilizzati, è perché si è deciso di utilizzare due tool differenti per gli avatar. La risposta è semplice: ad ogni entità nel Metaverso si è voluto dare un livello diverso di realismo. Per il paziente c'è stata la focalizzazione a fornire una struttura anatomica quanto più realistica possibile, soprattutto agli occhi, Ready Player Me a differenza di Blender non permette la modellazione manuale dell'avatar ma in compenso permette di creare avatar personalizzabili, che possono essere arricchiti con delle animazioni. Creare delle animazioni realistiche in Blender richiede un processo molto lungo e accurato, Ready Player Me invece è facilmente integrabile con Mixamo, che fornisce un archivio di animazioni già pronte. Siccome il Metaverso si focalizza sulla diagnosi è giusto che lo sviluppo del paziente venga privilegiato rispetto all'avatar dell'utente, perché

L'obiettivo principale di MedAid è fornire un ambiente in cui gli studenti possano imparare a diagnosticare la retinopatia diabetica.

3.2.3 Struttura della scena principale

La scena dove effettuare la diagnosi è stata suddivisa in due parti: la sala d'attesa 3.1 e l'ufficio oculistico 3.2. La sala d'attesa è stata riempita con decorazioni ed NPC che fungono da pazienti in attesa di essere diagnosticati. La scelta di fornire anche una sala d'attesa è stata ispirata dal lavoro di Beede et al. [28], che hanno testato il loro tool in vari ospedali della Thailandia. Caratteristica di questi ospedali era la grande affluenza di persone che doveva farsi diagnosticare la retinopatia. Questa grande affluenza generava una forte pressione e ansia negli infermieri adibiti al compito, pressione e ansia che alla fine potevano anche essere accompagnate da un senso di sconforto, nel caso in cui non fossero riusciti a diagnosticare la retinopatia al paziente. Con la creazione della sala d'attesa in MedAid si voleva raggiungere proprio questo obiettivo, generare pressione e ansia all'utente e far rendere conto che tutte le persone nella sala d'attesa dipendono da lui.



Figura 3.1: Sala d'attesa MedAid

La seconda scena implementata è stata l'ufficio. Esso rappresenta la zona dove l'utente svolgerà tutta la diagnosi. Al suo interno la prima cosa che troverà è l'assistente, a cui potrà chiedere dei consigli durante la diagnosi in qualsiasi momento. Oltre all'assistente, l'utente nell'ufficio troverà il paziente a cui dovrà effettuare la diagnosi, gli strumenti messi a disposizione sono tre: il primo è rappresentato dal paziente a cui potrà porre domande o visitare gli occhi. Figura 3.2.

Il secondo modo è rappresentato dalla fotocamera, con la quale l'utente potrà fotografare la retina dell'occhio del paziente, visualizzarla in bacheca e farsi un'idea delle condizioni del paziente. Figura 3.3. Il terzo modo rappresenta la modalità di



Figura 3.2: Ufficio oculistico



Figura 3.3: Fotocamera della scena

conclusione della diagnosi che è rappresentato da un libro aperto sulla scrivania, con il quale può decidere se il paziente è affetto o meno dalla retinopatia diabetica. Per mettere una pressione in più a chi si prende la briga di creare la stanza, è stato deciso di permettere a lui e soltanto a lui di decidere l'esito della diagnosi, dandogli la possibilità di prendere due strade: basare tutto sulle sue competenze o affidarsi anche all'esito della diagnosi dei compagni. Figura 3.4



Figura 3.4: Libro per decidere l'esito

3.3 Interfaccia Grafica MedAid

In questa sezione discuteremo di tutta l'interfaccia grafica da cui è composto MedAid, a partire da quella del menù principale.

3.3.1 Menù Principale MedAid

Dalla figura 3.5 viene mostrato come è stato organizzato il menù principale.



Figura 3.5: Menu Principale di MedAid

Le funzioni offerte dal menù sono cinque: Inizia partita(1), Cerca Lobby(2), Tutorial(3), Impostazioni(4) ed Esci(5). Cliccando su Inizia partita(1), l'utente dovrà inserire il proprio nickname(2) e premendo il pulsante Crea lobby (2), verrà in seguito spostato in una lobby di cui è il proprietario. Si faccia riferimento alla figure 3.7 e 3.6.



Figura 3.6: Inserimento del NickName

Nella lobby l'utente potrà visualizzare il numero di giocatori(3) presenti ed i loro nickname(1), inoltre visualizzerà il codice della stanza(2) che gli è stato assegnato

e che dovrà condividere con gli amici per farli collegare alla sua lobby. Quando lo riterrà più opportuno, potrà avviare la simulazione della diagnosi premendo il pulsante "Avvia Partita"(4). Il numero massimo di giocatori che l'utente potrà invitare è stato impostato a 3, è stato deciso questo limite perché l'ambiente della diagnosi, per quanto sia ampio, non è adatto a ospitare più di 3 persone contemporaneamente.



Figura 3.7: Lobby d'attesa

Dall'altra parte, tutti gli utenti che non fungeranno da host della partita, potranno collegarsi mediante l'opzione "Cerca Lobby"(2) che permette di inserire il nickname(1) e il codice della stanza di riferimento(2). Una volta inserito il codice, se esatto, l'utente si collegherà alla lobby associata, tramite Cerca Lobby(3), e attenderà che l'host avvii la partita. Si faccia riferimento alla figura 3.8



Figura 3.8: Sezione del Menù dove cercare la lobby

3.3.2 Interfaccia dedicata all'utente

Dopo aver illustrato l'interfaccia del menù principale, passiamo a parlare di quella fornita nella scena principale a partire da quella fornita all'utente. Dalla figura 3.9 si può notare che essa è composta quattro elementi.

- Il primo elemento rappresenta il timer(1), che serve a indicare all'utente quanto tempo ha ancora a disposizione prima che il paziente abbandoni l'ufficio;
- Il secondo elemento rappresenta l'icona del microfono (2) e serve ad informare l'utente se ha attivato il microfono o se è disattivato;
- Il terzo elemento rappresenta il centro dello schermo (3) e serve per orientare l'utente dove si trova il cursore del mouse. In base all'oggetto con cui interagirà l'utente, il pallino e la scritta verranno sostituiti da una manina e dalla scritta "Interagisci".
- L'ultimo elemento (4) rappresenta la chat testuale dove l'utente non munito di microfono potrà scrivere dei messaggi e visualizzare gli ultimi 5 mandati.



Figura 3.9: Interfaccia grafica dell'utente

3.3.3 Interfaccia dedicata al paziente

Per il paziente è stata dedicata un'interfaccia grafica con la quale si permette all'utente di interagire in due modi: visita agli occhi(2), con possibilità di ispezionare la retina, e domande relative ai sintomi e allo storico sanitario(1). Si faccia riferimento alla figura 3.10. Le domande relative allo storico sanitario sono: esito diagnosi del daltonismo, esito diagnosi di miopia o astigmatismo, il classico "Come si sente



Figura 3.10: Interfaccia principale del paziente

ultimamente" e il motivo del perché è venuto a farsi visitare. Le domande relative al daltonismo, alla miopia e astigmatismo sono fondamentali, perché i principali sintomi della retinopatia diabetica sono: perdita della percezione di alcuni colori e della percezione visiva. Quindi se una persona è stata diagnosticata come non daltonica e comincia ad avvertire sintomi di perdita di percezione dei colori, potrebbe essere soggetto alla retinopatia.



Figura 3.11: Domande per il paziente

Nell'eventualità in cui l'utente decidesse di visitare gli occhi del paziente, allora la sua visuale verrà spostata in modo da visualizzare per intero la faccia del paziente, e attraverso due slider potrà aprire ulteriormente l'occhio del paziente per ispezionare la retina. Figura 3.12



Figura 3.12: Visuale dell'ispezione della retina

3.3.4 Interfaccia dedicata all'assistente

Così come per il paziente, anche l'assistente ha un'interfaccia grafica dedicata. La prima parte d'interfaccia è quella dedicata alla presentazione ed alla spiegazione della diagnosi che deve effettuare l'utente. La seconda parte dell'interfaccia è dedicata alla fornitura di consigli, in particolare si potrà richiedere un recap dei sintomi della retinopatia e dei suggerimenti sul daltonismo e la miopia. Figura 3.13



Figura 3.13: Lista delle domande disponibili all'assistente

CAPITOLO 4

Conclusioni

In questo capitolo si fa una panoramica del tool sviluppato in questo progetto di tesi, focalizzandoci sui vantaggi, svantaggi, pregi e difetti. Successivamente si andrà a discutere su degli sviluppi o miglioramenti futuri che potranno essere integrati.

4.1 Conclusioni

Riprendendo quanto detto nella sezione 1.2, l'obiettivo di questa tesi è stato creare un Metaverso in cui l'utente può diagnosticare la retinopatia diabetica ed apprendere ulteriori competenze a riguardo. L'obiettivo è stato raggiunto, con tutti i pregi e difetti del tool sviluppato, ma di questo se ne parlerà in seguito. Quello su cui ci focalizzeremo è che tale possibilità di sviluppo è stata resa possibile grazie all'enorme gamma di ambiti in cui può rientrare il Metaverso, soprattutto in ambito medico, dove il suo utilizzo ha ampio spazio. Questo strumento dimostra come l'integrazione del Metaverso nel percorso di studi di studenti di medicina può migliorare le loro competenze e facilitare l'apprendimento. Con l'utilizzo di questo tool gli studenti, medici e infermieri possono acquisire non solo competenze riguardanti la diagnosi della retinopatia ma anche competenze sociali quali la comunicazione con il paziente e lavoro di gruppo, inoltre la persona che sarà incaricata di creare la lobby, svolgerà

un ruolo di leadership, di presa di posizione e responsabilità perché l'ultima parola sull'esito spetta a lui. Il tool mira anche a migliorare il controllo delle emozioni quali ansia, pressione e sconforto e non solo, mira anche a creare un senso di sicurezza e affidabilità sulle proprie competenze e conoscenze. Oltre ai benefici che porta il tool, questo lavoro di tesi dimostra l'ampio spazio che può occupare il Metaverso in ambito medico, non è obbligato a rimanere nel campo del diabete ma può intervenire anche in campo chirurgico, farmacologico, cardiologico e così via. Le porte che ha aperto il Metaverso sono innumerevoli, spetta solo a noi coglierne l'occasione. In merito a questi ambiti, il Metaverso può essere impiegato per:

- Simulazioni di interventi neurochirurgici: nella realtà operazioni che richiedono interventi direttamente sul cervello concedono pochi errori e numerosissimi alti rischi. Se si potesse simulare uno di queste operazioni prima d'intervenire sul paziente reale, i rischi di fallimento si ridurrebbero drasticamente.
- Somministrazione di farmaci personalizzati: alcuni pazienti che presentano malattie molto rare o gravi, per esempio la fibrosi cistica, richiedono terapie personalizzate, che fanno utilizzo di farmaci sperimentali. Il Metaverso potrebbe simulare la terapia facilmente con l'integrazione del Digital Twin.
- Operazioni a cuore aperto: questi come gli interventi neurochirurgici presentano dei rischi e margini d'errore dello stesso livello, solo che abbiamo a che fare con il cuore e non con il cervello.

4.2 **Sviluppi futuri**

Il lavoro svolto in questo progetto di tesi ha portato alla creazione di un tool che non necessariamente rimarrà bloccato lì al nascere ma potrà essere sottoposto ad un lungo processo iterativo volto a migliorarlo con nuove tecnologie o feature. Prima di descrivere i miglioramenti che può subire mettiamo in chiaro le caratteristiche correnti:

1. Visualizzazione dell'ambiente in 2D: l'ambiente di MedAid non fa uso di visori VR o AR ma fa uso di monitor e schermi;

2. Interazione senza sensori aptici: per interagire nella scena, in MedAid si utilizzano mouse e tastiera che non permettono di fornire gli effetti provocati dal senso del tatto;
3. Comunicazione testuale con il paziente: la comunicazione con il paziente, così come con l'assistente da parte dell'utente avviene mediante testo, che non fornisce ulteriori informazioni fornite dal tono della voce o dalla cadenza nel parlare.
4. Modalità foto della retina rudimentale: la modalità d'ispezione della retina mediante fotografia fornisce informazioni relative solo alla parte frontale della retina e non permette di vedere se dei sintomi sono presenti nel fondo della retina;
5. Creazione di avatar predefiniti: gli avatar che sono utilizzati dall'utente non hanno un meccanismo di personalizzazione, di editing ma sono già creati e casualmente ne viene assegnato uno.

Queste sono le caratteristiche principali di MedAid, caratteristiche che presentano delle falle che devono essere colmate. Il (1) si può facilmente risolvere permettendo agli utenti di visualizzare l'ambiente di MedAid sia tramite monitor, sia tramite visori VR o AR, si può dire facilmente perchè Unity3D fornisce una libreria apposta per l'integrazione dei Visori VR o AR. Il (2) può essere risolto integrando dei sensori aptici in MedAid e utilizzando dei sistemi d'input che fanno uso di quest'ultimi, permettendo di creare delle sensazioni tattili che porterebbero ad un aumento del realismo e dell'immersività. Integrando in MedAid tecniche di Natural Language Processing o delle Generative AI, si può permettere all'utente di avere delle conversazioni simil umane con i pazienti e l'assistente, risolvendo in maniera più che adeguata l'intoppo del punto (3). In MedAid per la creazione degli avatar degli utenti si è fatto uso di Ready Player Me. Integrando direttamente Ready Player Me in Unity3D si può creare una sezione a parte(nel menù principale o mentre si attende in lobby) dove l'utente può creare e personalizzare il proprio avatar, che in seguito sarà utilizzato nella scena principale di MedAid. Per il miglioramento del processo di fotografia della retina (4) è necessaria la creazione di uno strumento chiamato "oftalmoscopio",

che richiede sia un lungo processo di modellazione 3D, sia competenze mediche per capirne il funzionamento e come simularlo. Oltre al miglioramento di aspetti tecnici, MedAid può essere migliorato aggiungendo altre tipologie di simulazioni o degli ambienti in cui i medici e studenti possono collegarsi e fare seminari, lezioni o ricevimenti. La parola MedAid si divide in due "Med" sta per medico e "Aid" per aiuto, quindi è un qualcosa che deve aiutare il medico, se si limita a fornire la sola diagnosi della retinopatia diabetica, l'aiuto al medico viene fornito ma solo da un punto di vista, bisogna fornire un miglioramento a 360 gradi aggiungendo altri contesti e altre simulazioni .

Bibliografia

- [1] J. Smart, J. Cascio, and J. Paffendorf, “Metaverse roadmap: Pathways to the 3d web,” Report by the Metaverse Roadmap Project, 2007. [Online]. Available: https://www.academia.edu/266307/A_Metaverse_Roadmap_Pathways_to_the_3D_Web_2007 (Citato alle pagine iv, 8 e 10)
- [2] S. Mystakidis, “Metaverse,” *Encyclopedia*, vol. 2, no. 1, pp. 486–497, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2673-8392/2/1/31> (Citato alle pagine 1, 2, 3 e 6)
- [3] E. Oliveira, D. Trevisan, E. Clua, M. Silva, C. Mesquita, M. Cruz, R. Barbosa, M. Simões, and T. Porcino, “Modeling and designing clinical sessions with hybrid environments in the metaverse,” in *Proceedings of the 25th Symposium on Virtual and Augmented Reality*, ser. SVR '23. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2024, p. 183–193. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3625008.3625043> (Citato alle pagine 1, 2 e 3)
- [4] T. Hennig-Thurau, D. N. Aliman, A. M. Herting *et al.*, “Social interactions in the metaverse: Framework, initial evidence, and research roadmap,” *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 51, pp. 889–913, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11747-022-00908-0> (Citato alle pagine 2 e 3)

-
- [5] N. Stephenson, *Snow Crash*. New York: Bantam Books, 1992. (Citato alle pagine 2 e 5)
- [6] T. Hao and H. Lailin, "Educational metaverse dilemmas and solutions: a stakeholder-based perspective," in *2022 12th International Conference on Information Technology in Medicine and Education (ITME)*, 2022, pp. 714–718. (Citato a pagina 2)
- [7] N. Green and K. Works, "Defining the metaverse through the lens of academic scholarship, news articles, and social media," in *Proceedings of the 27th International Conference on 3D Web Technology*, ser. Web3D '22. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3564533.3564571> (Citato alle pagine 2 e 6)
- [8] H. Wang, H. Ning, Y. Lin, W. Wang, S. Dhelim, F. Farha, J. Ding, and M. Daneshmand, "A survey on the metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 10, no. 16, pp. 14 671–14 688, 2023. (Citato alle pagine 2 e 3)
- [9] K. Johnsen, R. Dickerson, A. Raij, B. Lok, J. Jackson, M. Shin, J. Hernandez, A. Stevens, and D. Lind, "Experiences in using immersive virtual characters to educate medical communication skills," pp. 179–186, 2005. (Citato alle pagine 3 e 15)
- [10] T. Chen, H. Zhou, H. Yang, and S. Liu, "A review of research on metaverse defining taxonomy and adaptive architecture," in *2022 5th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI)*, 2022, pp. 960–965. (Citato a pagina 6)
- [11] J. D. N. Dionisio, W. G. B. III, and R. Gilbert, "3d virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities," *ACM Comput. Surv.*, vol. 45, no. 3, Jul. 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2480741.2480751> (Citato a pagina 6)
- [12] J. Krumm, *Ubiquitous Computing Fundamentals*. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC, 2009. (Citato a pagina 6)

- [13] S. A. Aseeri and V. Interrante, "The influence of avatar representation and behavior on communication in social immersive virtual environments," in *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 2018, pp. 823–824. (Citato a pagina 8)
- [14] D. Y. Kim, H. K. Lee, and K. Chung, "Avatar-mediated experience in the metaverse: The impact of avatar realism on user-avatar relationship," *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 73, p. 103382, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969698923001297> (Citato a pagina 8)
- [15] M. Grieves, "Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication," *White paper*, vol. 1, no. 2014, pp. 1–7, 2014. (Citato a pagina 9)
- [16] E. VanDerHorn and S. Mahadevan, "Digital twin: Generalization, characterization and implementation," *Decision Support Systems*, vol. 145, p. 113524, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923621000348> (Citato a pagina 9)
- [17] R. Zhang, F. Wang, J. Cai, Y. Wang, H. Guo, and J. Zheng, "Digital twin and its applications: A survey," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 123, no. 11, pp. 4123–4136, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-10445-3> (Citato a pagina 9)
- [18] S.-M. Park and Y.-G. Kim, "A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209–4251, 2022. (Citato a pagina 11)
- [19] S. Porcu, A. Floris, and L. Atzori, "Quality of experience in the metaverse: An initial analysis on quality dimensions and assessment," in *2022 14th International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, 2022, pp. 1–4. (Citato a pagina 11)
- [20] A. Yasuda, "Metaverse ethics: exploring the social implications of the metaverse," *AI and Ethics*, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00507-5> (Citato a pagina 11)

- [21] S. A. Tabish, "Is diabetes becoming the biggest epidemic of the twenty-first century?" *International Journal of Health Sciences (Qassim)*, vol. 1, no. 2, pp. V–VIII, July 2007. (Citato a pagina 12)
- [22] A. W. Stitt, T. M. Curtis, M. Chen, R. J. Medina, G. J. McKay, A. Jenkins, T. A. Gardiner, T. J. Lyons, H.-P. Hammes, R. Simó, and N. Lois, "The progress in understanding and treatment of diabetic retinopathy," *Progress in Retinal and Eye Research*, vol. 51, pp. 156–186, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135094621500066X> (Citato a pagina 12)
- [23] R. M. Epstein, "Assessment in medical education," *New England Journal of Medicine*, vol. 356, no. 4, pp. 387–396, 2007. [Online]. Available: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra054784> (Citato a pagina 13)
- [24] S. Sandrone, "Medical education in the metaverse," *Nature Medicine*, vol. 28, no. 12, pp. 2456–2457, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/s41591-022-02038-0> (Citato a pagina 13)
- [25] V. Pentangelo, D. Di Dario, S. Lambiase, F. Ferrucci, C. Gravino, and F. Palomba, "Senem: A software engineering-enabled educational metaverse," *Information and Software Technology*, vol. 174, p. 107512, 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584924001174> (Citato a pagina 14)
- [26] T. Shamir-Inbal, T. Or-Griff, and I. Blau, "The added value of simulations in 3d virtual worlds for professional training of first aid medical teams," in *Responsive and Sustainable Educational Futures*, O. Viberg, I. Jivet, P. Muñoz-Merino, M. Perifanou, and T. Papathoma, Eds. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 648–655. (Citato a pagina 15)
- [27] P. Bridge, R. Appleyard, J. Ward, R. Philips, and A. Beavis, "The development and evaluation of a virtual radiotherapy treatment machine using an immersive visualisation environment," *Computers & Education*, vol. 49, no. 2, pp. 481–494,

2007. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131505001405> (Citato a pagina 16)
- [28] E. Beede, E. Baylor, F. Hersch, A. Iurchenko, L. Wilcox, P. Ruamviboonsuk, and L. M. Vardoulakis, "A human-centered evaluation of a deep learning system deployed in clinics for the detection of diabetic retinopathy," in *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI '20. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020, p. 1–12. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3313831.3376718> (Citato alle pagine 19 e 23)