

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica



**Sperimentazione di terapie innovative che utilizzano la realtà virtuale
per la gestione non farmacologica dei disturbi del comportamento
associati a demenza**

Relatore:

Prof.ssa Anna Osello

Correlatore:

Ing. Francesca Maria Ugliotti

Candidato:

Mario Fardello

248160

Luglio 2020

ABSTRACT

La realtà virtuale rappresenta una tecnologia innovativa e rivoluzionaria capace di fornire nuove tecniche applicative in differenti discipline. Attualmente, si registra un forte aumento dell'uso della VR (virtual reality) all'interno dell'ambito medico per la riabilitazione motoria e cognitiva. La demenza rappresenta una delle patologie neurodegenerative dell'encefalo maggiormente diffusa a livello mondiale con numeri destinati a salire vertiginosamente nel corso dei decenni, tanto che l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha definito la demenza una priorità mondiale di salute pubblica. Il lavoro di tesi presenta la realizzazione di ambienti virtuali per il trattamento di stati d'agitazione dei pazienti geriatrici affetti da demenza con l'ausilio della realtà virtuale non immersiva. La progettazione di un'interfaccia di raccolta e trasferimento dati ad un database consultabile per le analisi conclusive ha caratterizzato la seconda parte dello studio. La tesi si propone di indagare soluzioni tecnologiche all'avanguardia in un contesto di cura di patologie, partendo dalla creazione di scene virtuali personalizzabili con tasks capaci di rispondere alle specifiche esigenze cliniche del paziente.

Virtual reality represents an innovative and revolutionary technology capable of providing new application techniques in different disciplines. Currently, there is a strong increase in the use of VR (virtual reality) within the medical field for motor and cognitive rehabilitation. Dementia is one of the most widespread neurodegenerative brain diseases worldwide with numbers set to rise dramatically over the decades, so much so that the World Health Organization has defined dementia as a global public health priority. The thesis work presents the creation of virtual environments for the treatment of agitated states of geriatric patients suffering dementia with the help non-immersive virtual reality. The design of an interface for data collection and transfer to a database that can be consulted for conclusive analysis characterized the second part of the study. The thesis aims to investigate new advanced technological solutions in a context of pathology treatment, starting from the creation of virtual scenes that can be customized with tasks capable of responding to the specific clinical needs of the patient.

*“Una delle più grandi scoperte che un uomo può fare,
una delle sue più grandi sorprese,
è scoprire che può fare ciò che aveva paura di non poter fare”*

Henry Ford

INDICE

ABSTRACT	iii
INDICE DELLE FIGURE	viii
INDICE DELLE TABELLE	x
INDICE DELLE ABBREVIAZIONI.....	xi
 INTRODUZIONE	 1
 CAPITOLO I – Tecnologia e sanità	 5
1.1 – Realtà aumentata in ambito sanitario	5
1.2 – Realtà virtuale in ambito sanitario	7
1.3 – Caso studio: trial clinico Progetto CAnP	12
1.4 – Obiettivi e metodologia.....	14
 CAPITOLO II – Esperienze virtuali per la stimolazione cognitiva del paziente geriatrico.....	 19
2.1 – Il paziente geriatrico e teorie sull’invecchiamento.....	19
2.2 – Crescita zero e invecchiamento della popolazione	21
2.3 – La sindrome dell’anziano fragile con demenza.....	22
2.4 – Stimolazione cognitiva: stato dell’arte	25
2.5 – Tecnologia hardware a supporto della realtà virtuale	28
 CAPITOLO III – Applicazione studio tramite Virtual Wall.....	 33
3.1 – Strumenti hardware utilizzati	33
3.2 – Gestione delle informazioni BIM e VR	41
3.3 – Creazione applicativo.....	44
3.4 – Monitoraggio parametri fisiologici	54

CAPITOLO IV – Piattaforma per la registrazione e consultazione dati.....	59
4.1 – Architettura del sistema.....	59
4.2 – Struttura del database	62
4.3 – Dataset.....	65
4.4 – Interfaccia grafica.....	74
 CAPITOLO V – Risultati e sviluppi futuri	95
5.1 – Elaborazione ed interpretazione dati	95
5.2 – Sviluppi futuri	98
 RINGRAZIAMENTI.....	101
 BIBLIOGRAFIA.....	103
 SITOGRAFIA.....	106

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1.1: Rappresentazione degli ambienti reali e virtuali</i>	5
<i>Figura 1.2: Utilizzo di AR per il trattamento dell'aracnofobia</i>	7
<i>Figura 1.3: Operatore ripreso durante l'utilizzo della VR immersiva</i>	8
<i>Figura 1.4: Stanza con teli posizionati lungo le pareti tali da offrire un effetto tridimensionale</i>	9
<i>Figura 1.5: Paziente affetto da ictus durante terapia con VR non immersiva</i>	11
<i>Figura 1.6: Workflow: passaggi chiave del caso studio</i>	15
<i>Figura 2.1: Andamento della percentuale di comorbidità in funzione all'età</i>	20
<i>Figura 2.2: Percentuale di persone anziane sul totale della popolazione</i>	21
<i>Figura 2.3: Visione generale delle componenti hardware per esperienza virtuale immersiva</i>	28
<i>Figura 2.4: Focus sugli elementi che consentono una piena immersione</i>	30
<i>Figura 3.1: Disposizione del Virtual Wall e del proiettore</i>	34
<i>Figura 3.2: Esempio di joystick con marker opachi installati</i>	35
<i>Figura 3.3: Videocamera Optitack Prime^x 13</i>	36
<i>Figura 3.4: Esempio di identificazione di marker ed applicazione di maschera</i>	37
<i>Figura 3.5: Proiezione di un punto P sul piano immagine nello spazio tridimensionale</i>	38
<i>Figura 3.6: Fase di calibrazione con tracciamento marker in Motive Tracker e strumentazione utilizzata</i>	39
<i>Figura 3.7: Mi Band 3 con rilevazione battito cardiaco</i>	39
<i>Figura 3.8: Planimetria primo piano, reparto di geriatria, ospedale Molinette, Ricardo Carvajal</i>	41
<i>Figura 3.9: Sequenza software utilizzati per la realizzazione dell'applicativo all'interno del progetto CAnP</i>	42
<i>Figura 3.10: Interfaccia Unity 2018.4.0f1</i>	44
<i>Figura 3.11: Ambientazione indoor, Unity 2018.4.0f1</i>	46
<i>Figura 3.12: Parte finale del corridoio e utilizzo di VR Manager per accedere alla stanza multisensoriale, Unity 2018.4.0f1</i>	47
<i>Figura 3.13: Esempio di snoezelen room</i>	48
<i>Figura 3.14: Stanza multisensoriale, area rilassamento, Unity 2018.4.0f1</i>	49
<i>Figura 3.15: Stanza multisensoriale, area interazione, Unity 2018.4.0f1</i>	50
<i>Figura 3.16: Stanza multisensoriale, area scoperta, Unity 2018.4.0f1</i>	50
<i>Figura 3.17: Particle system dell'elemento cascata, ambiente naturale, Unity 2018.4.0f1</i>	51
<i>Figura 3.18: Ambiente naturale, Unity 2018.4.0f1</i>	52
<i>Figura 3.19: Script per la creazione del timer all'interno dell'applicativo, Visual Studio 2019</i>	53
<i>Figura 3.20: Confronto battito cardiaco prima e dopo dell'input</i>	55
<i>Figura 4.1: Architettura del sistema</i>	60
<i>Figura 4.2: Pannello di controllo XAMPP, attivazione moduli Apache e MySQL</i>	62

<i>Figura 4.3: Processo logico d'interazione tra client e database attraverso server locale</i>	63
<i>Figura 4.4: Scale di valutazione riferite alle differenti sfere di valutazione</i>	70
<i>Figura 4.5: Tipologie di comunicazione non verbale prese in considerazione all'interno della seduta</i>	72
<i>Figura 4.6: Esempio scala di Likert relativa all'approvazione della VR</i>	73
<i>Figura 4.7: Processo logico e operativo dell'interfaccia</i>	74
<i>Figura 4.8: Home page piattaforma per la raccolta ed inserimento dati Progetto CAnP</i>	76
<i>Figura 4.9: Parte di script relativo alla composizione del form per la registrazione del paziente e relativa visualizzazione sul client</i>	77
<i>Figura 4.10: Salvataggio variabili tramite filter function in script php</i>	78
<i>Figura 4.11: Script php utilizzato per la creazione della connessione con il database locale</i>	79
<i>Figura 4.12: Script parziale riportante una query di accodamento e controllo sulla formattazione</i>	80
<i>Figura 4.13: Query di selezione contenuta all'interno della funzione Javascript windows.onload</i>	82
<i>Figura 4.14: Interfaccia Progetto CAnP, layout valutazione t0</i>	84
<i>Figura 4.15: Schema del ragionamento logico per la gestione dell'inserimento o aggiornamento dati nelle valutazioni</i>	86
<i>Figura 4.16: Visualizzazione report iniziale</i>	88
<i>Figura 4.17: Immagine rappresentativa della tabella statistica inserita nel report</i>	91
<i>Figura 5.1: Grafici in funzione del tempo inerenti al test preliminare</i>	96

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Focus sui differenti gradi di demenza e strategie riabilitative applicabili</i>	23
<i>Tabella 2: Proprietà specifiche attribuibili ai parametri all'interno della struttura del database</i>	64
<i>Tabella 3: Tabella riassuntiva delle funzioni Javascript utilizzate con focus sul processo pratico utilizzato</i>	81
<i>Tabella 4: Descrizione generale degli elementi presenti per la valutazione clinica</i>	85

INDICE DELLE ABBREVIAZIONI

AR: *Augmented Reality*

BIM: *Building Information Modeling*

CCP: *Cura Centrata sulla Persona*

CDCD: *Centro per Disturbi Cognitivi e le Demenze*

CDR: *Clinical Dementia Rating*

CMAI: *Cohen Mansfield Agitation Inventory*

CSS: *Cascading Style Sheets*

DBMS: *DataBase Management System*

DPTS: *Disturbo Post Traumatico da Stress*

HMD: *Head Mounted Display*

HTML: *HyperText Markup Language*

LBD: *Lewy Body Dementia*

MMSE: *Mini Mental State Examination*

ROT: *Reality Orientation Therapy*

SQL: *Structured Query Language*

VR: *Virtual reality*

INTRODUZIONE

Con il termine demenza si identifica una malattia neurodegenerativa caratterizzata dalla perdita progressiva delle abilità cognitive di una persona. Ad oggi non si conoscono ancora le reali cause che portano all'insorgenza di tale patologia che avviene prevalentemente a seguito di un mal funzionamento delle cellule a livello di comunicazione intercellulare. Secondo le ultime indagini di ricerca circa il 5% della popolazione mondiale oltre i sessantacinque anni è affetto da demenza, percentuale destinata a salire intorno al 30% se si considerano soggetti ultraottantenni (World Alzheimer Report, 2015). Inoltre, il progressivo e sempre costante incremento della popolazione anziana comporterà un ulteriore consistente aumento della prevalenza di soggetti affetti da demenza con conseguenze sia sul piano economico che organizzativo, stimando costi di cura complessivi pari a circa dieci miliardi di euro annui. Allo stato attuale, molte tipologie di demenze rimangono incurabili e solamente alcune specie di farmaci sono in grado di migliorare il quadro sintomatologico. Nasce da qui l'esigenza di indagare ulteriori terapie per il trattamento non farmacologico di disturbi associabili a demenza con particolare attenzione ai principi base espressi dalla stimolazione cognitiva secondo cui stimolando opportune aree del cervello è possibile rallentare i processi di degradazione innescati dalla malattia.

Proprio in questa ottica si inserisce il progetto CAnP presentato in questo lavoro di tesi con l'intento di approfondire la tecnologia basata sulla realtà virtuale capace di trovare spazio in molteplici applicazioni medicali. Uno degli obiettivi principali prefissati all'inizio dello studio è valutare la fattibilità di un intervento non farmacologico che utilizzi la realtà virtuale non immersiva per il trattamento di un soggetto geriatrico con disturbo neuro cognitivo severo, cercando di valutare ulteriori effetti sull'agitazione nel breve e nel lungo periodo. L'elaborato si articola in due differenti fasi ben distinte. La prima prevede la realizzazione dello scenario virtuale con l'implementazione di specifiche attrezzature hardware e software in grado di rispondere alle esigenze dovute alla difficoltà d'interazione tra paziente e tecnologia virtuale.

Il trial sperimentale si compone di un percorso di stimolazione crescente, che si articola su tre differenti scene: nella prima, il paziente viene condotto lungo un corridoio consentendo un'esplorazione lineare degli spazi ed una transizione graduale da mondo reale a quello virtuale; la seconda scena avviene all'interno di una stanza multisensoriale dove verranno fornite al soggetto stimolazioni sia visive che uditive; la scena conclusiva vede uno spostamento da un set indoor ad un set outdoor promuovendo una fase d'esplorazione all'interno di un ambiente naturale. Alla base della realizzazione dell'applicativo virtuale vi è stato un processo di interoperabilità tra software che hanno portato alla realizzazione del modello BIM (Building Information Modeling), ovvero una rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali inserite tutte all'interno di un unico modello tridimensionale. Il trial sperimentale così presentato prevede il reclutamento di 50 pazienti ognuno dei quali viene sottoposto a sedici sedute (due a settimana) nelle quali vengono monitorati i parametri fisiologici e voci inerenti alla comunicazione non verbale. Inoltre, vengono effettuate tre ulteriori sessioni all'inizio, alla fine e ad un mese di distanza dalla conclusione del trial dove vengono compilate dal personale medico delle scale diagnostiche inerenti alla valutazione cognitiva, funzionale e clinica. Tale procedura sarebbe dovuta iniziare nel mese di marzo 2020, ma a causa dell'emergenza sanitaria mondiale da Covid-19 non è stato possibile dar inizio alle sessioni con evidenti ripercussioni sul lato dell'analisi dei risultati.

Nella seconda parte della tesi, è stato progettato un sistema in grado di poter gestire la quantità di dati prelevati e organizzarli in maniera strutturata all'interno di un database. Il lavoro ha visto la realizzazione di una piattaforma in linguaggio HTML (HyperText Markup Language) capace sia di raccogliere i dati provenienti dalle differenti sezioni di cui si compone il trial che di interagire direttamente con la scheda raccolta dati. Particolare menzione viene rivolta alla possibilità di generare un report, creato mediante linguaggio informatico Javascript, relativo alla seduta sostenuta dal paziente nel quale viene riportato un grafico radar specifico della comunicazione non verbale, un grafico relativo alla frequenza cardiaca e alla misura accelerometrica registrata.

L'ultima parte della tesi volge uno sguardo al futuro, analizzando quali potrebbero essere le idee di sviluppo ulteriori inerenti sia al progetto CAnP che più in generale all'utilizzo delle tecnologie di realtà virtuale all'interno dell'ambito medico. La possibilità di toccare con mano tecnologie innovative che in un futuro prossimo potrebbero esser ampiamente diffuse in ambito biomedico e il poter dare il proprio contributo alla ricerca accademica indagando dispositivi applicabili in settori poco affrontati fino ad oggi sono stati alla base delle motivazioni che mi hanno portato a scegliere questo tema per la conclusione del mio percorso universitario.

CAPITOLO I

Tecnologia e sanità

1.1 – Realtà aumentata in ambito sanitario

Una delle definizioni più intuitive della realtà aumentata (abbreviata AR, dall'inglese augmented reality) e della realtà virtuale (abbreviata VR, dall'inglese virtual reality) venne fornita nel 1995 da Paul Milgram e Fumio Kishino (Paul Milgram, 1995). I due Professori definirono due luoghi totalmente opposti: da una parte l'ambiente reale nel quale viviamo, dall'altra la realtà virtuale caratterizzata da elementi non reali totalmente sconnessi dalla realtà. Nel mezzo è compresa la realtà mista, dove gli elementi reali vengono mischiati con gli elementi virtuali ed è possibile scorgere sfumature definibili col nome di realtà aumentata e di virtualità aumentata; quest'ultima è caratterizzata dalla fusione di elementi reali all'interno di un mondo completamente generato da un computer.

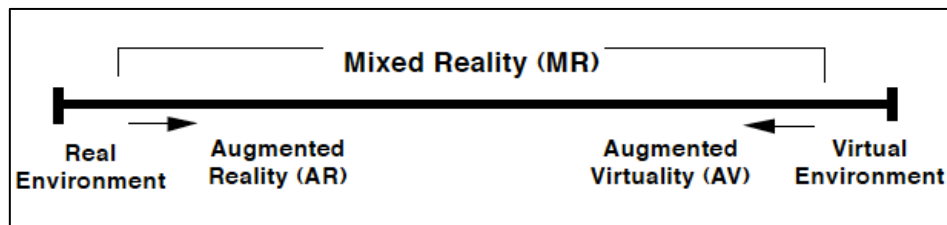


Figura 1.1: Rappresentazione degli ambienti reali e virtuali. Immagine tratta da: <https://www.researchgate.net/>

La AR, invece, è intesa come un arricchimento della realtà che avviene attraverso la sovrapposizione di uno o più livelli informativi mantenendo costantemente la percezione del reale. Una caratteristica chiave della AR è legata alla ricerca della tridimensionalità dell'ambiente attorno all'osservatore per favorire il corretto e coerente posizionamento dei livelli informativi virtuali nella realtà. Tale aspetto consente anche di poter meglio distinguere le due differenti tipologie di realtà: in quella virtuale il soggetto si trova di fronte ad un ambiente completamente nuovo e ricreato attraverso opportuni software, in quella aumentata si ha un'integrazione fra immagini del mondo reale con oggetti virtuali.

Entrambe le tecnologie sono nate intorno agli anni '60, ma solo nell'ultimo decennio sono state utilizzate in ambito sanitario portando a svolgere indagini cliniche con modalità differenti, stimolando ed indagando aspetti mai approfonditi e affrontati prima.

In campo medico la AR, sebbene sia ancora agli inizi, ha già mostrato fin dalle prime ricerche scientifiche un enorme potenziale. Negli anni futuri non sarà fantascienza vedere dei chirurghi indossare degli opportuni device che consentano di rilevare informazioni inerenti all'attività svolta come la frequenza del battito cardiaco oppure lo stato di salute degli organi del paziente. Già da queste prime considerazioni è facile capire come l'utilizzo di questi apparecchi consentirà al medico di poter eseguire diagnosi in maniera più precisa e veloce sfruttando la sovrapposizione di informazioni virtuali su immagini reali come, ad esempio, radiografie o altri referti medici. Ciò semplificherà di molto il lavoro sanitario rendendo più veloci una parte di esami clinici e meno invadenti gli interventi chirurgici per la sicurezza del paziente.

Di particolare interesse è l'utilizzo della realtà aumentata per il trattamento dei disturbi psicologici dove, a riguardo, sono in continuo aumento le ricerche. Dalle prime sperimentazioni condotte si è visto come un soggetto, sottoposto all'utilizzo della tecnologia aumentata in maniera strutturata e progressiva, presenti delle migliorie in termini di gestione delle proprie paure (C. Botella *et al.*, 2005). Uno degli studi maggiormente rappresentativi è stato condotto da M. Carmen Juan e collaboratori coinvolgendo nel trial nove persone con fobie relative ad insetti in un protocollo che prevedeva quattro differenti fasi: osservare un certo numero di animali, interagire con gli animali toccandoli con le mani, osservare sotto delle scatole per scoprire la presenza o meno degli insetti, osservare altre persone interagire con gli animali.



*Figura 1.2: Utilizzo di AR per il trattamento dell'aracnofobia.
Immagine tratta da: <http://psychovirtualaugmentedreality.blogspot.com/2016/02/>*

Dalle prime analisi emerge un dato sicuramente importante ma allo stesso tempo inaspettato per chi si affaccia per la prima volta a questa tecnologia: la capacità della realtà aumentata di indurre livelli d'ansia paragonabili a quelli che realmente il soggetto proverebbe se venisse a contatto con le proprie paure. Inoltre, la possibilità di poter sottoporre i soggetti a delle vere e proprie sedute ha portato, nel tempo, a una riduzione significativa della paura registrando miglioramenti anche nella capacità di interagire.

1.2 – Realtà virtuale in ambito sanitario

Il termine realtà virtuale ha assunto molteplici significati dove la differenza è stata spesso dettata dalla tecnologia con cui vi si è avuto accesso all'esperienza. La grande novità odierna sta nel fatto che attraverso dei device è possibile presentare nuovi scenari estremamente innovativi e fruibili, consentendo alla realtà virtuale di regalare all'utilizzatore forti emozioni, fargli vivere avventure mai provate prima, dargli la possibilità di mettersi alla prova in situazioni che nella realtà non avrebbe il coraggio di affrontare.

Questa tecnologia nasce dalla combinazione di elementi hardware e software che cooperano per creare uno spazio virtuale nel quale l'utente può muoversi senza avere apparenti limitazioni. La simulazione viene generata mediante un computer e si distingue da qualsiasi altra tipologia di simulazione programmata per un maggior realismo, consentendo

all'utilizzatore di poter entrare in contatto con l'ambiente virtuale ed interagire con esso grazie, non solo alla presenza di controller manuali e molteplici sensori che rilevano il movimento ma anche per la capacità dei computer di sintetizzare l'ambiente grafico tridimensionale partendo da dati numerici. Come appena accennato, l'accesso a questo mondo digitale è reso possibile da dispositivi visivi, auditivi o tattili destinati a continue ricerche e sviluppi per consentire al soggetto un'interazione e una vivibilità dell'esperienza migliore.

A seconda degli strumenti di output che vengono utilizzati, è possibile distinguere differenti tipologie di realtà virtuale:

- *Immersiva*: tecnologia capace di creare un vero e proprio isolamento sensoriale all'interno dell'ambiente tridimensionale generato dal computer, servendosi di dispositivi di visualizzazione e di diffusione sonora. Le periferiche particolarmente indicate sono visori HMD (Head Mounted Display) che consentono la visualizzazione dell'ambiente 2D e 3D, guanti dotati di sensori di movimento (nominati data gloves) con i quali il soggetto può avere un'interazione manuale con l'ambiente creato, sensori di posizione capaci di rilevare i movimenti dell'utente. L'utilizzo di questi particolari dispositivi così immersivi potrebbe innescare, però, una serie di controindicazioni riguardante la salute dell'utilizzatore. Da ricerche effettuate, sembrerebbe che alcuni soggetti siano più affetti da nausea, vertigini e più in generale da un senso di malessere durante e dopo l'esperienza con dispositivi HMD;



Figura 1.3: Operatore ripreso durante l'utilizzo della VR immersiva. Immagine tratta da:
<http://www.openbiomedical.org/realta-virtuale-un-strumento-la-riabilitazione-del-corpo-della-mente/>

- *Semi-immersiva*: caratterizzata da pannelli retroproiettati surround posizionati lungo le pareti in grado di riprodurre le immagini stereoscopiche del computer offrendo un effetto tridimensionale;

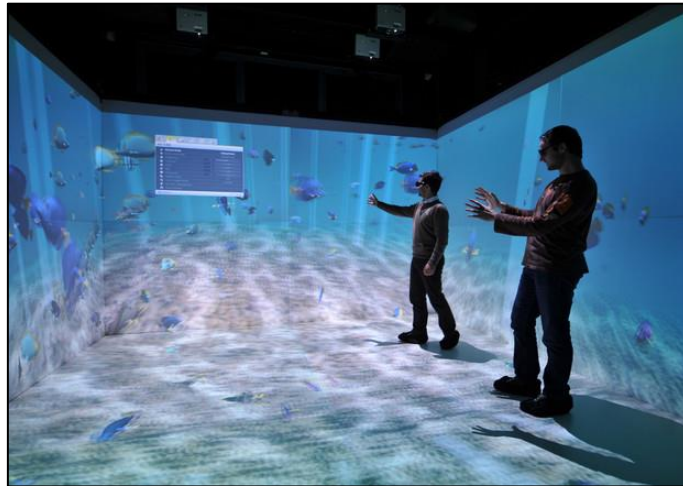


Figura 1.4: Stanza con teli posizionati lungo le pareti tali da offrire un effetto tridimensionale.
Immagine tratta da: <https://www.intoscana.it/it/articolo/a-pisa-il-teatro-ora-diventa-virtuale/>

- *Non immersiva*: tecnologia che sostituisce l'utilizzo di un visore con la presenza di un monitor o videoproiettore permettendo al soggetto la visione del mondo virtuale attraverso una sorta di finestra ma, allo stesso tempo, aiuta a mantenere un contatto continuo con la realtà circostante.

Nel corso degli ultimi decenni, i campi d'applicazione della realtà virtuale sono stati molteplici e molto differenti, spaziando dal campo video-ludico fino al campo medico includendo quello riabilitativo. Al giorno d'oggi, grazie ai numerosi studi condotti, la realtà virtuale rappresenta una tecnologia in grado di svolgere non solo un'attività di puro svago ma anche ricerche cliniche finalizzate all'indagine dei processi umani e fisiologici. Le terapie effettuate con questa innovativa applicazione sembrano fornire una valida alternativa alle classiche tecniche di psicoterapia per la riabilitazione di malattie neurodegenerative. Per questi pazienti, la possibilità di potersi percepire fisicamente all'interno del mondo virtuale, di poter interagire con esso attraverso emozioni e comportamenti naturali identifica uno strumento fondamentale per il trattamento personale. Dalla letteratura scientifica, è emerso come la percezione della presenza all'interno dell'ambiente costruito mediante software rappresenti un punto cruciale per il successo delle terapie che adottano la realtà virtuale (Riva, 2005) (Baños, Riva, Botella,

Mantovani, & Gaggioli, 2005). Qualsiasi sia la finalità della terapia, l'utilizzo della VR consente di monitorare in tempo reale un certo numero di parametri mentre il soggetto è intento ad interagire con il software permettendo, quindi, all'operatore di correlare i dati registrati con le risposte del soggetto (Bohil CJ, 2011) (Driscoll I, 2005).

Altra tipologia d'applicazione della VR che ha riscontrato risultati più che positivi riguarda il trattamento del disturbo post-traumatico da stress (DPTS) utilizzato per attenuare il trauma dei sopravvissuti al disastro terroristico dell'11 settembre. La terapia si basava sul riproporre scenari simili a quelli vissuti basandosi, quindi, sul ricordo e sugli stimoli che questi suscitavano e, grazie all'intervento di un terapeuta, diminuire le ansie e le paure associate a quell'avvenimento (Difede J, 2007). A seguito di molteplici pareri positivi, tale protocollo venne utilizzato all'interno degli ospedali per il trattamento più generale del DPTS (Brenda Kay Wiederhold, 2008). La possibilità di poter adottare la VR anche in campo neuro riabilitativo è resa possibile dal continuo sviluppo di modelli per l'interpretazione dei meccanismi di funzionamento motorio. Esistono già differenti tipologie di applicazioni cliniche e sperimentali che possono comprovare l'efficacia di queste tecnologie in pazienti geriatriche che presentano patologie sia neurologiche che motorie.

Addentrando più nello specifico, una delle malattie che colpisce maggiormente i soggetti anziani è l'ictus che, nel corso degli ultimi anni, viene sempre di più trattato con tecnologie basate sulla VR. I pazienti che ne soffrono presentano disturbi cognitivi, motori e complicazioni anche a livello emotivo; è facile comprendere come queste caratteristiche impattino negativamente sulla qualità della vita del paziente. Da studi è emerso come il trattamento clinico con realtà virtuale rappresenti uno strumento prezioso capace non solo di migliorare la qualità della vita del paziente, sfruttando una maggior partecipazione della persona (Nicolas Garcia, 2011), ma anche di poter registrare un miglior feedback in termini di apprendimento motorio rispetto alle cure tradizionali (Stephen J. Page, 2013). La variabilità e l'adattabilità delle terapie con VR rappresentano dei punti estremamente importanti per garantire una cura più efficace e un miglior recupero del paziente potendo far affidamento, anche, sulla ripetibilità dei movimenti e degli esercizi. Infatti, il successo della realtà virtuale in ambito riabilitativo sembra risiedere nella capacità di questa tecnologia di creare un ambiente stimolante in grado di sollecitare le connessioni sinaptiche promuovendo il processo della neuro plasticità (Yee Sien Ng, 2013).

Il potente input visivo si basa, essenzialmente, sul concetto di “imitare per imparare” sfruttando la funzionalità dei neuroni specchio. Le terapie basate sull’imitazione di azioni svolte mediante realtà virtuale permettono sia di poter contare su un pregevole feedback visivo sia di sviluppare, attraverso le sedute, la formazione corretta del modello relativa all’attività cellulare nel sistema nervoso centrale, acquisendo e “riallenando” i meccanismi di riorganizzazione neuronale (Camillo Padoa Schioppa, 2002).



Figura 1.5: Paziente affetto da ictus durante terapia con VR non immersiva. Immagine tratta da: <https://focustech.it/2017/05/29/realta-virtuale-la-nuova-terapia-per-curare-le-vittime-di-ictus-142206>

Altro aspetto da non sottovalutare è quello inerente alla possibilità del personale competente di poter visionare in tempo reale i movimenti del soggetto e poterli correggere permettendo una focalizzazione molto più mirata della terapia. Inoltre, anche il fattore gioco associato a dei livelli da dover superare comporta nel paziente una maggior motivazione nell’intraprendere la terapia facendo registrare risultati più efficienti in tempi relativamente minori se confrontati con quelli di una terapia tradizionale (Yee Sien Ng, 2013). Appare evidente che, l’utilizzo della realtà virtuale offre uno strumento all’avanguardia capace di supportare il recupero funzionale delle abilità nei pazienti geriatrici promuovendo terapie atte a gestire, superare o ridurre i deficit del paziente. Inoltre, lo sviluppo nel campo della realtà virtuale è in costante crescita dettata dalla concezione che non si tratta più di una tecnologia a sé stante, ma di una vera e propria esperienza da vivere attraverso interfacce comunicative.

1.3 – Caso studio: trial clinico Progetto CAnP

Nel manuale diagnostico dei disturbi mentali (American Psychiatric Association, 2013), la demenza viene identificata come disturbo neuro cognitivo maggiore capace di compromettere, in maniera graduale, le funzioni intellettive di una persona acquisite negli anni. Al giorno d’oggi, son state individuate differenti tipologie di demenza classificabili secondo specifiche linee guida ma con un fattore comune caratterizzato da un peggioramento della qualità della vita sia del paziente che del caregiver.

Allo stato attuale, quasi la totalità delle malattie relative alla demenza risulta esser incurabile, poiché non esiste nessun trattamento capace di fermare il progredire della neuro degenerazione e i benefici, che le differenti terapie disponibili riescono a fornire, sono solamente focalizzate ad un miglioramento del quadro sintomatologico. Inoltre, la scelta dell’approccio terapeutico e della strategia farmacologica dipendono da molteplici fattori e variabili cliniche, sociali e ambientali.

Il lavoro di tesi presentato si basa su un’esperienza di trial clinico realizzato in collaborazione con l’ospedale Molinette di Torino. Il progetto “CAnP – la CAsa nel Parco” (<http://casanelparco-project.it>) nasce con l’intento di approfondire la nuova tecnologia basata sulla realtà virtuale per la gestione e il trattamento non farmacologico dei disturbi del comportamento associati a demenza con particolare attenzione ai parametri di irritabilità, aggressività, alterazione del sonno e attività motoria sconnessa. Lo studio prevede il reclutamento iniziale di circa 50 pazienti provenienti dall’ambulatorio CDCD (Centro per Disturbi Cognitivi e le Demenze) e dal reparto S.C.U. di Geriatria. Inizialmente, i pazienti sono soggetti a delle valutazioni cliniche mirate al rilevamento del livello di agitazione. Tale parametro risulta esser necessario per validare e confermare la capacità dello studio di avere effetti positivi nei soggetti con disturbo del comportamento almeno moderato. In questo modo, si vanno ad escludere tutti quei pazienti con un livello d’agitazione lieve, i quali non sarebbero fonte attendibile per lo studio in quanto il rilassamento del soggetto potrebbe avvenire anche per ragioni non legate alla seduta con VR. Come già accennato, il trial si basa su un’esperienza di realtà virtuale di tipo semi immersiva resa possibile direttamente all’interno dell’ambiente ospedaliero grazie all’installazione di tutte le componenti hardware fornite dal Politecnico di Torino.

La scelta di allestire un locale all'interno del medesimo reparto dove i pazienti geriatrici si recano abitualmente per le visite di routine, risulta esser fondamentale per il paziente stesso in quanto non viene destinato ad un luogo totalmente sconosciuto, evitandogli ulteriori stati d'agitazione. Nel locale, arredato in maniera minimale tale da rendere il setting confortevole, vi è stata l'installazione di un "monitor" speciale ovvero un virtual wall definibile come un telo sul quale viene proiettata la scena mediante l'ausilio di un proiettore. Il soggetto durante la terapia viene posizionato di fronte al monitor e vengono fatti indossare occhiali tridimensionali e un sensore capace di rilevare il battito cardiaco e i movimenti del soggetto durante la seduta. Siccome i pazienti coinvolti presentano livelli comportamentali associati a demenza moderata, è necessario che i movimenti all'interno dell'esperienza virtuale, che avvengono mediante joystick, siano controllati da un operatore collocato in una posizione leggermente defilata rispetto al paziente geriatrico. In altre parole, al paziente viene data la possibilità di dedicarsi esclusivamente all'esperienza tridimensionale che sta vivendo osservando il virtual wall, scollegandolo dal movimento effettivo che è destinato, invece, all'operatore. Gli occhiali tridimensionali e il joystick montano, attraverso dei supporti, dei marker necessari per il rilevamento della posizione reale nell'ambiente virtuale. Questa procedura è resa possibile dall'utilizzo di videocamere speciali posizionate strategicamente all'interno del locale in modo da poter "vedere" i marker e, attraverso tecniche di stereofotogrammetria, tracciare i movimenti nell'ambiente tridimensionale.

In questo modo, un'inclinazione o un movimento di questi device comporta simultaneamente un movimento ed una variazione di visuale nell'ambiente virtuale. Tutti gli aspetti legati alle tecnologie hardware verranno approfonditi nei capitoli successivi.

1.4 – Obiettivi e metodologia

La struttura dello studio prevede che i pazienti vengano sottoposti ad un ciclo di sedici sedute, ognuna delle quali duri all'incirca quindici minuti. Al fine di valutare l'obiettivo primario, gli effetti immediati e a lungo termine dell' approccio non farmacologico saranno effettuate, oltre alle sedute, ulteriori valutazioni identificabili in tre step temporali differenti: t_0 che rappresenta la data iniziale del trial, t_1 che individua la fine del trattamento non farmacologico e t_2 che corrisponde ad una valutazione effettuata ad un mese di distanza dalla conclusione del trial. Durante ogni seduta, il personale medico predisposto esegue delle valutazioni sullo stato cognitivo e funzionale del paziente servendosi di opportune scale di valutazione, monitorando anche l'aspetto farmacologico. Difatti, si hanno essenzialmente due casistiche: paziente agitato che viene trattato con la sola terapia non farmacologica, paziente agitato in terapia medica ma con risultati insufficienti nel controllo dei sintomi. L'efficacia del trial con la realtà virtuale verrà definito in base alla possibilità di ridurre la posologia dei medicinali nei pazienti che ne fanno uso, di evitare l'incremento farmacologico e di evitare che un soggetto inizi a dover far uso di farmaci per placare gli stati d'agitazione.

La tesi ha avuto una durata di nove mesi dove ho avuto la possibilità di utilizzare differenti software sia nella parte iniziale relativa all'applicativo virtuale sia nella parte centrale e conclusiva del lavoro. In particolare, la realizzazione della piattaforma locale per l'organizzazione dei dati provenienti dal trial sperimentale ha richiesto sia molto tempo che conoscenze nel linguaggio informatico acquisite progressivamente nel corso dei mesi. Inoltre, all'interno dell'ultima scena virtuale vi è stata la necessità di inserire alcuni elementi dinamici acquisendo, anche in questo campo, conoscenze della modellazione tridimensionale.

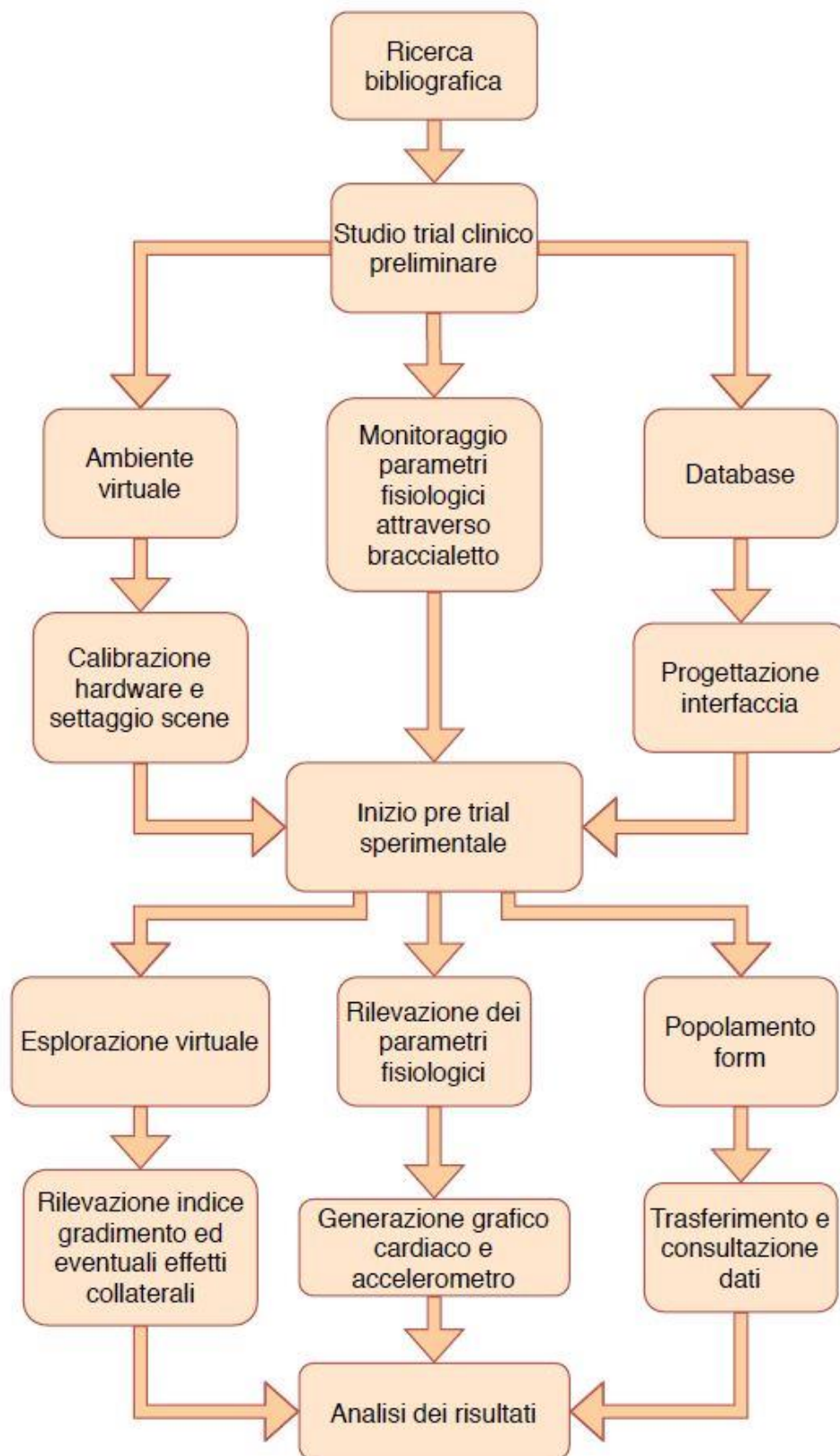


Figura 1.6: Workflow: passaggi chiave del caso studio

L'indagine scientifica rappresentata da questo studio ha seguito delle tappe ben definite sia temporalmente che concettualmente. Il lavoro iniziale è stato caratterizzato da una ricerca bibliografica finalizzata alla scoperta delle potenzialità della realtà virtuale in ambito sanitario e da un apprendimento preliminare verso la tecnologia virtuale reso possibile dalla disponibilità di differenti device presenti nel laboratorio "drawingTOthefuture" all'interno del DISEG, Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino.

In seguito, sono susseguiti una serie di incontri con il personale medico dell'ospedale Molinette per comprendere al meglio la tipologia di pazienti con la quale mi sarei dovuto interfacciare e per progettare in maniera strutturata ed efficace il trial nelle sue differenti parti. Terminata la fase di studio iniziale, ci si è focalizzati sull'elaborazione delle informazioni ricavate, definendo quale sistema fosse migliore per la raccolta dati e la tipologia di ambienti che avrebbero innescato nei pazienti emozioni e sensazioni utili allo scopo. Per tali motivazioni, in merito all'applicativo virtuale, è stato deciso di modificare un ambiente già progettato precedentemente dal dipartimento DISEG implementando, ulteriormente, elementi dinamici all'interno della scena. Come accennato, il trial sperimentale con il reclutamento dei pazienti nel mese di marzo non è potuto avvenire causa emergenza sanitaria. È stato comunque possibile effettuare una sessione pre-trial precedente all'emergenza sanitaria dove testare su un paziente l'applicativo virtuale.

L'esperienza virtuale è strutturata in tre scenari consecutivi differenti mirati ad una prima fase di ambientazione dove il paziente "percorre" il corridoio del reparto di Geriatria in modo tale da esser accompagnato gradualmente dal mondo reale a quello virtuale. Nella seconda fase il paziente si ritrova in una stanza virtuale definita multisensoriale dove sarà incentivato il rilassamento attraverso stimolazioni sensoriali tipiche delle snoezelen rooms giocando semplicemente sull'illuminazione, sull'atmosfera e sui suoni. La terza ed ultima parte è contraddistinta da un'ambientazione naturale che si sviluppa all'aperto promuovendo, quindi, l'esplorazione attraverso alberi, sentieri, animali e sorgenti d'acqua. Nei capitoli successivi, l'aspetto legato alla configurazione e il settaggio di ogni scena verranno ulteriormente approfonditi.

Di pari passo, vi è stata la necessità di costruire un database che potesse contenere tutti i dati derivanti dal trial. Inizialmente, il software pensato per adempiere a tale compito è stato Microsoft Access il quale garantiva sia una facile creazione dei rispettivi database sia una maggior efficacia nell'inserimento dei dati. La scelta finale, però, è ricaduta sulla realizzazione di un'interfaccia HTML da locale con database annesso in quanto l'aspetto negativo relativo ad Access era legato alla non possibilità di creare una pagina personalizzata e che potesse in pochi "click" comprendere sia l'inserimento che la visualizzazione dei dati. Infine, secondo il protocollo di studio istituito, tutti i dati saranno caricati su una piattaforma dell'Università di Torino e conservati per cinque anni dalla data di acquisizione del consenso informato.

CAPITOLO II

Esperienze virtuali per la stimolazione cognitiva del paziente geriatrico

2.1 – Il paziente geriatrico e teorie sull'invecchiamento

Per poter meglio comprendere il trattamento non farmacologico offerto all'interno del trial sperimentale, è opportuno presentare una panoramica generale sui soggetti alla quale tale terapia viene proposta.

Con il termine gerontologia si identifica lo studio dei fenomeni connessi alla senescenza e degli strumenti atti a ritardarla, eliminando gli inconvenienti. La geriatria, invece, indica un ramo della gerontologia caratterizzata dallo studio specifico di mezzi terapeutici, dietetici, igienici con lo scopo di ritardare il più possibile il processo di invecchiamento fisiologico. Più nello specifico, la geriatria rappresenta una parte della medicina focalizzata sulle malattie che colpiscono la persona anziana. L'invecchiamento rappresenta un processo caratterizzato da un insieme di cambiamenti fisici e psicologici, non per forza strettamente legati ad una patologia, che si osservano nel tempo.

Si tratta di un fenomeno irreversibile e progressivo, capace di ridurre significativamente le capacità di adattamento e di mantenimento dell'equilibrio omeostatico, verificabile in tutti i soggetti da una certa età in poi. Infatti, con il passare degli anni molte funzioni vitali come l'attività muscolare, nervosa, cardiovascolare, respiratoria tendono a modificarsi in relazione anche allo stile di vita che il soggetto adotta. In realtà, questo non sempre è veritiero in quanto, in alcuni casi, è possibile constatare come non vi sia nessun cedimento funzionale con l'avanzare dell'età, mentre con l'invecchiamento aumenta sicuramente la probabilità di contrarre malattie a livello cronico che, spesso, inducono ad una disabilità crescente.

Attorno al concetto di invecchiamento, nel corso degli anni si sono susseguite differenti teorie di natura genetica, biochimica e medica con lo scopo di far luce sul motivo principale di tale fenomeno. La teoria genetica, definibile anche stocastica, risalente agli anni '70 è stata ideata da un biochimico inglese secondo il quale ogni organismo riceve in eredità delle informazioni

biologiche. Se nel corso della replicazione si verificano degli errori questi possono dar luogo ad ulteriori errori; inizialmente parte di queste alterazioni potranno esser corrette ma la maggioranza concorrerà, nel tempo, all'insorgenza di problematiche negative che culmineranno con il decadimento senile. La teoria biochimica, basata sul metabolismo definibile come l'insieme di reazioni chimiche atte alla trasformazione degli alimenti in energia, ipotizza che durante i processi metabolici si vengano a formare dei prodotti di scarto inutilizzabili e difficilmente eliminabili da parte delle cellule. Con il passare del tempo, tali scarti si accumulano andando difatti a compromettere le funzioni vitali.

Infine, vi è la teoria di tipo immunologica secondo il quale il corpo umano invecchia a causa della perdita di funzioni e prestazioni da parte del sistema immunologico, deputato ad evitare l'insorgere di patologie. C'è da sottolineare come, in realtà, nessuna di queste teorie ad oggi viene considerata esatta; infatti, gli studiosi reputano che il processo d'invecchiamento sia dovuto ad un insieme di cause e le teorie precedentemente esposte costituiscono una spiegazione di una sola delle diverse cause reali.

In relazione al significato di invecchiamento è possibile affiancare il termine comorbidità: presenza simultanea di due o più malattie all'interno dello stesso soggetto. Si può affermare che la comorbidità sia una caratteristica clinica dei soggetti anziani (Ministero della Salute, 2013); infatti, come è possibile vedere dalla Figura 2.1, a mano a mano che l'età dei soggetti aumenta si riscontra un andamento crescente della percentuale relativa alla presenza di una o più patologie gravi (linea nera). Dagli studi scientifici è emerso inoltre come persone con un'età compresa tra i 65 e 79 anni, presentino 4.9 malattie e tale indice aumenta in maniera sensibile al crescere dell'età (E. Tragni, 2014).

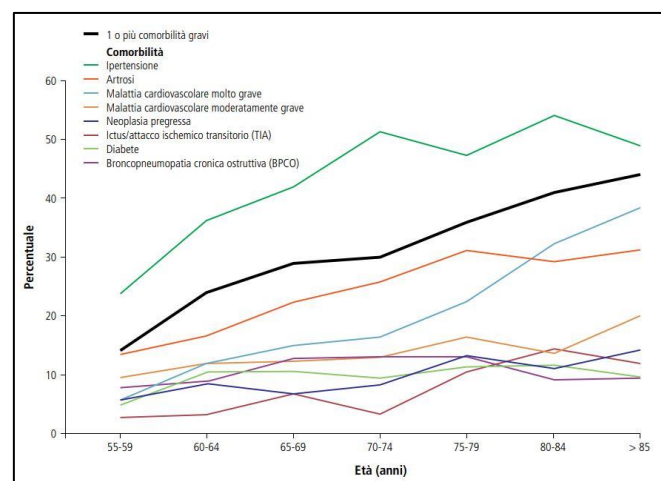


Figura 2.1: Andamento della percentuale di comorbidità in funzione all'età. Immagine tratta da: (E. Tragni, 2014)

2.2 – Crescita zero e invecchiamento della popolazione

Secondo le nuove classificazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, la popolazione può essere suddivisa in soggetti di età media (45-59 anni), anziani (60-74 anni), vecchi (75-90) e grandi vecchi (oltre i 90). È possibile individuare tre fattori principali che concorrono all'invecchiamento generale: un'aspettativa di vita più lunga, un fattore di natalità in diminuzione e un progressivo abbassamento dell'indice di mortalità. In altre parole, l'aumento medio della vita, unito alla riduzione delle natalità ha avuto come conseguenza principale un aumento del numero di anziani sul totale degli abitanti, situazione evidenziata dalla Figura 2.2 dove viene mostrata la percentuale di popolazione over 65 sul totale della popolazione in alcuni stati europei (Maggio 2018). Il continuo crescere dei numeri riferiti alla popolazione anziana è possibile attribuirlo anche ad ulteriori fattori come un miglioramento generale sia delle condizioni di vita che, soprattutto, dei progressi scientifici in ambito medico.

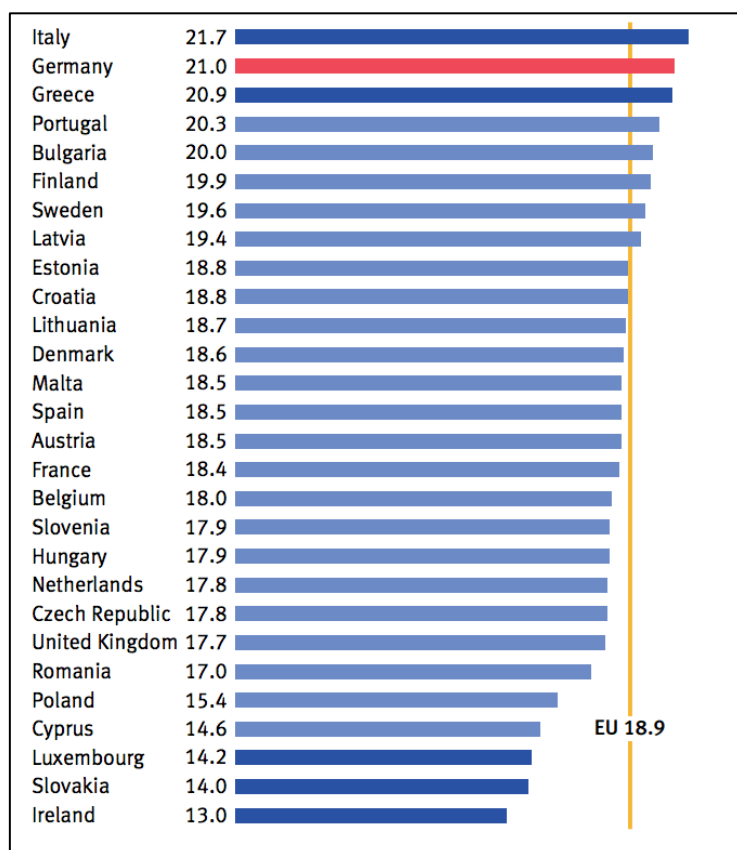


Figura 2.2: Percentuale di persone anziane sul totale della popolazione. Immagine tratta da: <https://www.truenumbers.it/pensionati-vecchi-anziani-europa/> (Maggio 2018)

Ovviamente, il fattore longevità di per sé rappresenta una conquista attribuibile al nuovo millennio, ma d'altro canto l'invecchiamento demografico comporta una serie di modifiche strutturali interne alla società con numerose implicazioni sia sul piano economico che assistenziale (G. Paolisso, 2014).

I demografi definiscono con il termine *crossing demografico* la situazione in cui il valore dovuto all'incremento della fascia di età più avanzata corrisponde ad un parallelo decremento relativo alle fasce più giovani; è facile comprendere come tale processo abbia dei profondi risvolti in campo epidemiologico evidenziando una marcata riduzione nell'incidenza delle malattie infettive a discapito di un aumento progressivo di patologie croniche degenerative, tipiche della società anziana. Inoltre, le conseguenze di un invecchiamento sociale così progressivo ed intenso comporta a livello sia sanitario che assistenziale un aumento dei costi identificabili nell'incremento dei ricoveri e dell'assistenza a lungo termine. Se si vuole volgere uno sguardo al futuro, i pareri degli esperti sono discordi: se da un lato si afferma che il continuo miglioramento della qualità della vita e i progressi in campo medico riusciranno a minimizzare la morbidità e a ridurre l'aspetto invalidante dei soggetti nella fase finale della vita, c'è chi sostiene, invece, che vi sia un processo inevitabile di espansione delle patologie associabili all'invecchiamento con il risultato, quindi, di poter avere sì una vita più lunga ma accompagnata dall'insorgere di malattie che destabilizzeranno l'autonomia funzionale del soggetto (E. Tragni, 2014).

2.3 – La sindrome dell'anziano fragile con demenza

Si è sottolineato come una prospettiva di vita maggiore comporti anche la comparsa di patologie che possono rendere il soggetto invalidante nel compiere azioni quotidiane. In realtà, da analisi effettuate è emerso come se si considerano persone con età superiore ai 65 anni, circa il 30% non è affetto da alcuna malattia rilevante, il 20% fa registrare la presenza di patologie senza particolari effetti sulle funzioni fisiche e cognitive, il restante 50% presenta morbidità croniche multiple con difficoltà nel movimento e/o nello svolgere attività di vita quotidiana. Inoltre, nei soggetti con più di 70 anni, il 10% è affetto da morbidità complesse caratterizzate da un deterioramento repentino delle capacità fisiche e cognitive (Morley, 2009).

All'interno della letteratura geriatrica tali soggetti vengono indicati con il termine di "anziani fragili" riferendosi alle persone più deboli ovvero quelle che con più facilità andranno incontro ad una perdita dell'autosufficienza, spesso accompagnata dalla comparsa della demenza. Il più delle volte, il termine disabilità e fragilità vengono utilizzati con lo stesso significato ma, per comprendere al meglio il senso di anziano fragile è necessario fare riferimento ad una visione più generale considerando le variazioni prodotte dall'invecchiamento a livello dei vari sistemi. In altre parole, fragilità identifica una evidente vulnerabilità a seguito di condizioni stressanti e/o presenza di acute malattie.

Esistono differenti tipologie di demenza ognuna delle quali è caratterizzata da una perdita progressiva delle funzioni cognitive, fra le quali inevitabilmente la memoria, il linguaggio e l'orientamento. Si fornisce una visione generale sui gradi di demenza e le eventuali strategie riabilitative atte a recuperare le capacità compromesse.

	Descrizione	Strategia riabilitativa
Demenza lieve	Lieve deficit cognitivo. Capacità di comprensione delle situazioni, di esprimere dolore e di comunicare difficoltà nello svolgere attività.	Stimolazioni cognitive per sollecitare l'attenzione e le funzioni esecutive.
Demenza moderata	Deficit cognitivo a livello esecutivo, della memoria e del linguaggio. Può non esser in grado di comprendere il senso della situazione ma generalmente è in grado di esprimere dolore.	Stimolazioni cognitive per sollecitare l'attenzione, le funzioni esecutive, il linguaggio e mnesiche.
Demenza severa	Deficit cognitivo severo, multifunzione, assenza di comprensione delle funzioni riabilitative con possibili disturbi del comportamento con fenomeni d'aggressione e d'agitazione. Marcati deficit nel linguaggio che ostacolano la comunicazione.	Strategie per il superamento della paura. Stimolazioni cognitive per alleviare stati d'agitazione, sollecitare funzioni del linguaggio

Tabella 1: Focus sui differenti gradi di demenza e strategie riabilitative applicabili

Il soggetto affetto da demenza lieve presenta dei deficit specifici imputabili alle funzioni inerenti alla sfera dell'attenzione e delle funzioni cognitive all'interno di un quadro cognitivo parzialmente fisiologico. Una delle principali strategie riabilitative per il superamento delle difficoltà dell'attenzione riguarda la limitazione delle richieste verbali con particolare attenzione anche a eventuali oggetti ambientali interferenti che potrebbero ridurre la capacità

d'attenzione del soggetto durante lo svolgimento di un compito. Vi è inoltre la possibilità che il paziente presenti difficoltà di pianificazione delle azioni e risulta quindi necessario scomporre i compiti in sequenze relativamente più semplici coinvolgendo anche il processo di ragionamento logico e critico. Situazione leggermente differente presenta la demenza in fase moderata caratterizzata da deficit del linguaggio, della memoria e dell'orientamento. A seconda delle difficoltà più o meno marcate da parte del soggetto, si richiede il coinvolgimento anche dei familiari nel trattamento riabilitativo con l'intento di comunicare le informazioni pratiche per la rieducazione a domicilio. Inoltre, particolare attenzione deve esser rivolta alla sfera comunicativa poiché vi possono esser evidenti difficoltà nella comprensione verbale prediligendo, quindi, strategie comunicative improntate su un rapporto faccia a faccia con enfaticizzazione delle informazioni.

Il paziente alla quale viene diagnosticato la demenza severa con grandi problematiche sarà incapace di comprendere l'esperienza e l'utilità delle procedure riabilitative. Infatti, è necessario sottolineare come questa tipologia di soggetti presentino serie difficoltà nelle espressioni di linguaggio e nella sfera cognitiva e, generalmente, proprio per tali ragioni manifestano sensazioni di disagio e paure attraverso disturbi comportamentali quali aggressività, opposizione e agitazione. Risulta essenziale porre particolare attenzione alle espressioni del viso e del corpo cercando in un qualche modo di interpretare l'incapacità comunicativa.

Da un punto di vista prettamente clinico, è possibile classificare la demenza in reversibile, capace di guarire se viene corretta la causa scatenatrice, vascolare e degenerativa. In quest'ultima, la malattia più rappresentativa è il morbo di Alzheimer riconosciuta come uno dei motivi principali di morte negli ultrasessantacinquenni nei paesi occidentali. È una malattia degenerativa del sistema nervoso centrale caratterizzata oltre che da uno scompenso delle funzioni cognitive anche da un'alterazione nella sfera comportamentale e della personalità. Questa caratteristica è un fenomeno piuttosto comune nei pazienti geriatrici con un livello d'agitazione che può variare nel giro di pochi minuti ed è proprio su questo aspetto che le terapie non farmacologiche si concentrano. Cercando di entrare più nel dettaglio, l'alterazione psicomotoria indica uno stato di tensione interiore che sovente sfocia in un eccesso di attività motoria non finalizzata e non produttiva e, tendenzialmente, ripetitiva.

Questo stato di tensione presente nei soggetti li spinge ad effettuare movimenti sconnessi e concitati con la possibilità di manifestare anche atti d'aggressione eterodiretta ma talvolta anche auto aggressiva. Come è facile comprendere, queste azioni e questi stati d'animo interiori comportano una variazione anche significativa di alcuni parametri vitali. Infatti, nel momento in cui il soggetto si trova in uno stato di irrequietezza e ansia generale, parametri come la frequenza cardiaca e la pressione arteriosa aumentano rispetto ai valori standard di riferimento e si discostano sempre di più a mano a mano che il paziente mostri uno stato d'agitazione elevato. Per tali ragioni, risulta fondamentale durante il trial sperimentale tenere sotto controllo gli indici appena descritti in modo da poter avere un primo riscontro sul livello d'efficacia dello studio presentato.

2.4 – Stimolazione cognitiva: stato dell'arte

Se si confrontano i dati relativi alle patologie legate alla demenza con l'incremento dell'aspettativa di vita, è possibile osservare come entrambi crescano con una certa proporzione. A livello di numeri, le stime più recenti contano circa 35,6 milioni di persone affette da demenza nel mondo mentre in Italia contiamo un milione di persone coinvolte ma, se si considera l'indice di vecchiaia, tali stime risultano esser ancora più allarmanti giustificate dal fatto che l'età rappresenta il principale fattore di rischio associato alle demenze (<http://www.salute.gov.it/>).

Dagli studi condotti è emerso come esistano essenzialmente due differenti approcci per la cura di tali disturbi: cura farmacologica e non farmacologica. La prima tipologia consiste nella ricerca di una molecola che sia in grado di modificare il progredire della malattia. Ad oggi, i farmaci maggiormente predisposti per il trattamento del paziente geriatrico sono quelli che garantiscono l'inibizione dell'acetilcolinesterasi e della memantina.

Negli ultimi vent'anni, le terapie non farmacologiche hanno suscitato parecchio interesse soprattutto nel campo della riabilitazione neuropsicologica potendo contare su uno sviluppo ed una conoscenza parallela dei meccanismi di disturbo neuro cognitivi, della stimolazione sensoriale e della plasticità celebrale. Tra gli interventi che non fanno ricorso ai farmaci, è possibile eseguire una classificazione in: stimolazione sensoriale comprendente attività di agopuntura, aromaterapia, cromoterapia, musico e danza terapia, stimolazione

multisensoriale; interventi cognitivo-affettivi come la terapia della reminiscenza sfruttando i ricordi; terapie basate sulla gestione del comportamento attraverso l'utilizzo di animali. Tali terapie si fondano sul concetto base *"Use it or Lose it"* (Swaab DF, 1991), ovvero le funzioni cognitive che non vengono stimulate nel tempo verranno perse. Affermato ciò, è possibile dedurre come le terapie non farmacologiche mirino a sollecitare le abilità cognitive e funzionali che, in casi di pazienti geriatrici, subiscono un rapido deterioramento.

L'efficacia di tali metodiche deriva da ricerche sempre più sofisticate riguardanti il cervello: l'organo principale del sistema nervoso centrale è in grado di attuare delle modifiche alle connessioni sinaptiche qualora venga sollecitato mediante stimolazioni. Inoltre, nel caso in cui si verifichi una perdita neuronale, vi è la possibilità di produrre nuove interazioni tra i neuroni recuperando, quindi, in buona percentuale le abilità danneggiate. Ulteriore concetto fondamentale, riguarda la ridondanza neuronale ovvero la possibilità di poter fronteggiare la perdita di alcuni circuiti, i quali verranno sostituiti con "nuove" connessioni in grado di svolgere la medesima funzione.

Sulla base di queste conoscenze, si sono andate a delineare tre differenti categorie di intervento:

- *Training cognitivo*: lo scopo principale risiede nell'incremento funzionale di una determinata abilità cognitiva sottoponendo il paziente a specifici task relativi alla stimolazione della memoria, del linguaggio o più in generale dell'attenzione;
- *Stimolazione cognitiva*: coinvolge un certo numero di attività che possono esser svolte anche in gruppo con l'obiettivo di sollecitare il funzionamento cognitivo globale e sociale;
- *Riabilitazione cognitiva*: l'obiettivo prefissato è relativo al miglioramento delle prestazioni nelle attività di vita quotidiana garantendo strategie atte al recupero della massima autonomia possibile.

Una delle prime terapie non farmacologiche che si diffuse ampiamente fu la ROT (Reality Orientation Therapy), nata sul finire degli anni Cinquanta dal lavoro di Taulbee e Folsom era destinata al trattamento di pazienti con demenza lieve-moderata. Tale terapia aveva lo scopo principale di migliorare le informazioni base del paziente in riferimento alle sensazioni

spaziotemporali generali e/o personali sfruttando le differenti tipologie di stimolazioni multimodali.

Attraverso una revisione della letteratura in riferimento all'efficacia della ROT, è emerso come tale cura produca dei miglioramenti apprezzabili nel breve termine esclusivamente nell'orientamento spaziotemporale, mentre sul piano funzionale e/o comportamentale non viene registrato nessun progresso degno di nota (Prince M., 2013).

L'ipotesi che è stata avanzata come spiegazione di questa caratteristica si basa sul condizionamento dell'entusiasmo dell'operatore evidenziando, infatti, come il maggior beneficio dipenda in buona parte dalla qualità della relazione che si stabilisce tra paziente e terapeuta. Per queste ragioni, ad oggi la ROT, che per lunghi anni ha rappresentato la terapia non farmacologica da adottare su pazienti geriatrici, è stata sostituita con un metodo di cura incentrato molto di più sulla persona tale da poter trattare ogni paziente in maniera specifica e dettagliata considerando la gravità di diagnosi evitando, quindi, di svolgere delle terapie identiche a tutti i pazienti. In altre parole, il trattamento della demenza attraverso la terapia standard non risulta vantaggioso in quanto non teneva conto della variabilità intra e interindividuale dettata dal fatto che ogni paziente vive la propria patologia in maniera differente. In questo contesto, si inserisce il modello presentato da Kitwood considerato il pioniere nel campo della cura delle persone affette da demenza. Attraverso i suoi studi, Kitwood ha individuato un modo totalmente nuovo di considerare la demenza spostando l'attenzione direttamente sul soggetto e non più sulla patologia promuovendo la "Cura Centrata sulla Persona" (CCP). La CCP si basa su alcuni concetti fondamentali riassumibili nel riconoscere l'anziano affetto da demenza come una persona capace di vivere la propria vita e di avere relazioni anche col progredire della malattia, nel conoscere la vita personale per poter studiare al meglio la cura, nel rispettare la persona e le sue scelte, nel concentrarsi sulle abilità ancora presenti nel soggetto a discapito di quelle ormai perse.

Sfruttando le linee guida appena descritte, risulta evidente come la possibilità di inserire la tecnologia basata sulla realtà virtuale costituisca una svolta nelle terapie per pazienti con disturbi comportamentali associati a demenza. Come già affrontato in precedenza, le capacità mentali possono esser allenate, mantenute e addirittura migliorate attraverso sedute specifiche aiutandosi con strumenti di misurazione in grado di rilevare determinati parametri utili a comprendere le sollecitazioni e gli stati d'animo del paziente.

È proprio in quest'ottica che si vuole inserire il Progetto CAnP presentato in questa tesi, potendo contare sulla realizzazione di differenti scenari sfruttando determinate strumentazioni software e hardware che verranno approfondite nei capitoli successivi.

2.5 – Tecnologia hardware a supporto della realtà virtuale

La realtà virtuale è possibile descriverla come un'avanzata forma di connessione uomo-macchina con la caratteristica principale di poter far immergere completamente l'utilizzatore in un ambiente totalmente generato dal computer. Inoltre, tale tecnologia è definibile come un'interfaccia informatica di livello avanzato attraverso il quale ci si trova ad ammirare un mondo totalmente fittizio e ad interagire con esso in real time. L'interazione tra l'ambiente virtuale e il soggetto avviene sia tramite device tradizionali come possono esser monitor, tastiere e mouse ma soprattutto grazie a dispositivi più sofisticati: visori, pedane, joystick e sensori di movimento sono necessari per consentire al soggetto di raggiungere livelli di realismo e percezione sempre più coinvolgenti e immersivi. Risulta evidente che la strumentazione hardware risulterà differente a seconda della tipologia di soggetti alla quale l'esperienza verrà sottoposta. Nella Figura 2.4 viene riportato l'insieme degli strumenti utilizzati in un'esperienza virtuale immersiva completa da parte di un soggetto sano.

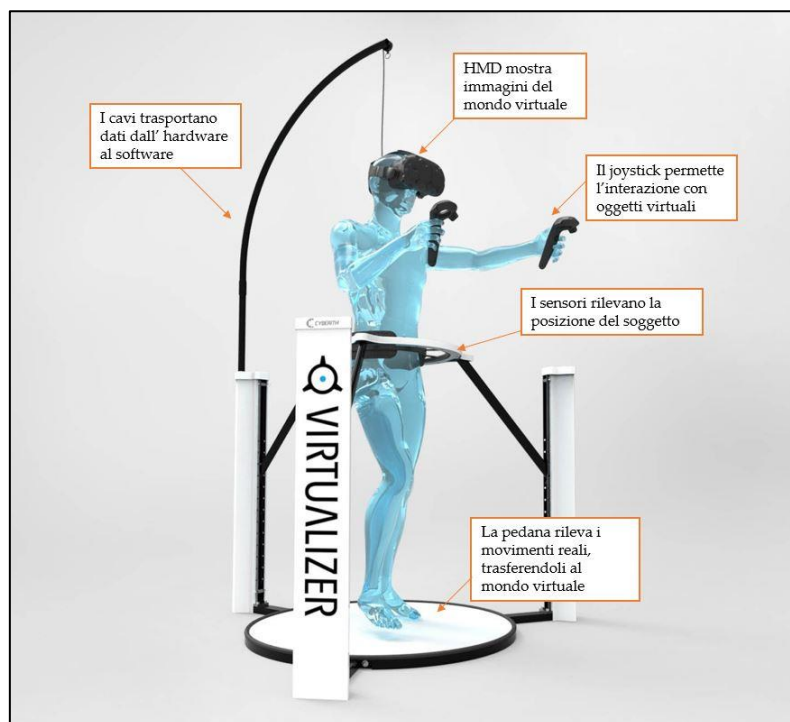


Figura 2.3: Visione generale delle componenti hardware per esperienza virtuale immersiva

La strumentazione hardware richiesta dalla tecnologia di realtà virtuale è davvero ampia. Generalmente, un sistema di realtà virtuale si compone di un visore indossabile direttamente dal soggetto, periferica che prende il nome di Head-Mounted Display (HMD): rappresentano i sistemi maggiormente diffusi capaci di garantire un meccanismo semplice di visualizzazione del mondo virtuale grazie alla presenza di specifiche lenti con un'elevata frequenza di aggiornamento dei pixel garantendo un senso d'immersione assoluto. Esistono, inoltre, ulteriori tipologie di visori meno sofisticati come semplici occhialini in cui gli schermi vicini agli occhi fanno sì che il mondo reale venga annullato dalla visuale dell'utente che è focalizzato sulla scena virtuale.

Guanti e joystick rappresentano un'alternativa significativa ai comuni sistemi manuali di input garantendo un'interazione diretta con gli elementi presenti all'interno della scena virtuale. Infatti, attraverso tali periferiche si ha la completa sensazione che le mani dell'utilizzatore vengano "trasportate" direttamente all'interno dell'ambiente fittizio consentendo un'interazione manuale, attraverso cui l'utente produce azioni motorie manipolando gli oggetti e, a sua volta, riceve feedback sensoriali tattili e cinestetici dall'ambiente.

Ulteriori periferiche che possono essere utilizzate nelle esperienze di VR sono rappresentate da cybertute, indumento che avvolge completamente il corpo del soggetto simulando la sensazione di tatto garantita da una leggera flessione su sé stessa grazie al tessuto elastico di cui è realizzata, e sistemi Virtualizer (visibile nella Figura 2.4). Quest'ultimo rappresenta un'innovazione tecnologica lanciata sul mercato nel 2014 dall'azienda austriaca Cyberith ed appartiene alla categoria degli omnidirectional treadmill (ODT), periferiche capaci di far muovere l'utilizzatore in tutte le direzioni del piano. Più precisamente, il corpo umano effettua il movimento sul dispositivo il quale, invece, rimane statico; in altre parole, tale hardware può essere visto come una vera e propria pedana su cui viene trasmesso il movimento di una camminata che viene riportata ai sistemi software di VR grazie alla presenza di sensori ottici presenti sul piano del Virtualizer. Dai segnali ricevuti, attraverso specifici calcoli, vengono ricavati parametri di angolazione, direzione e velocità inerenti ai piedi del soggetto (T. Cakmak, 2014) e trasmessi direttamente al player all'interno dell'ambiente virtuale, permettendo in questo un movimento parallelo tra ambiente reale e virtuale.

Come già accennato, gli strumenti di input sono determinanti in quanto sono in grado di segnalare continuamente posizione e movimenti degli utenti così come gli strumenti di output senza i quali la sensazione d'immersione nell'ambiente virtuale verrebbe meno.

Il senso dell'esperienza virtuale si basa fondamentalmente su due concetti: presenza e immersione. Con il primo termine si intende il livello di realismo psicologico che il soggetto percepisce dall'interazione con il mondo virtuale. Ad esempio, se si lascia cadere un oggetto, ci si aspetta che questo cada verso il basso e non rimanga sospeso a mezz'aria; se questo non accadesse, si andrebbe a perdere il senso di presenza nell'ambiente virtuale. Con il secondo termine, invece, si fa riferimento alla capacità della tecnologia di coinvolgere direttamente le percezioni del soggetto, operando una sorta di assorbimento dei sensi andando ad indurre un isolamento dal mondo reale. I due termini sono strettamente correlati tra di loro tanto che, il più delle volte, la presenza all'interno della realtà virtuale viene paragonata direttamente al concetto di immersione. In altre parole, il livello di presenza può esser quantificato come il grado di immersione che il soggetto percepisce all'interno del mondo virtuale provocandogli un senso di realtà tanto fedele da estraniarlo da quell'ambiente fittizio.

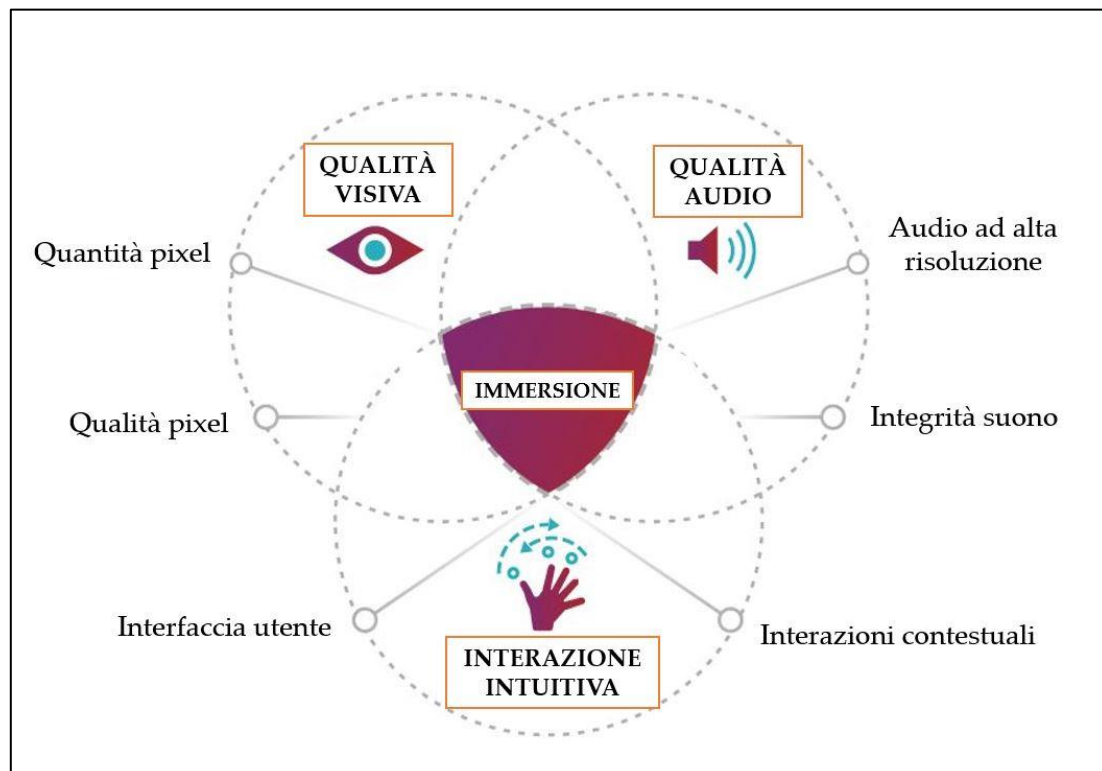


Figura 2.4: Focus sugli elementi che consentono una piena immersione

La qualità d'immersione dipende fortemente dalla qualità visiva, dalla qualità del suono e dall'interazione intuitiva. Infatti, questi parametri presi singolarmente innalzano il livello della percezione, ma la sensazione d'immersione vera e propria si raggiunge solo quando i tre elementi si combinano insieme coinvolgendo aspetti differenti come la quantità e la qualità dei pixel che compongono la figura, la risoluzione capace di aumentare la definizione e la nitidezza dell'immagine, l'audio ad alta risoluzione e l'integrità del suono, le interazioni contestuali che consentono la comunicazione intelligente tra dispositivi e utenti.

Risulta fondamentale, in questo senso, capire il grado di immersione che si vuole far vivere all'utilizzatore comprendendo anticipatamente quali potrebbero esser i suoi limiti.

È possibile distinguere la presenza in tre sottocategorie: presenza personale dove l'utente è in grado di percepire la sua esistenza all'interno dell'ambiente virtuale, presenza sociale dove il soggetto è in grado di aumentare l'aspetto interattivo interagendo con altri elementi all'interno del mondo fittizio ed infine presenza ambientale dove il mondo virtuale risente della partecipazione del soggetto reagendo di conseguenza ed è caratterizzato, quindi, da una duplice interazione. L'obiettivo finale della tecnologia in ambito virtuale è conservare la presenza come elemento fondamentale dell'esperienza.

Entrando più nel dettaglio, un sistema di realtà virtuale necessita della costruzione di un database e di un software in grado di gestire la modellazione virtuale dell'oggetto, di mantenere un livello di dettaglio grafico elevato e di saper gestire la componente geometrica e strutturale degli elementi nell'ambiente. In questo modo l'esperienza virtuale raggiungerà livelli di realismo importanti ma sarà altrettanto determinante celare il più possibile le componenti tecnologiche e tutto ciò che è associabile ad essa in modo da poter favorire all'utente un'esperienza che sia la migliore possibile.

CAPITOLO III

Applicazione studio tramite Virtual Wall

3.1 – Strumenti hardware utilizzati

Al fine di poter realizzare il trial sperimentale, è stata eseguita un'attenta analisi riguardante la strumentazione hardware e software che al meglio potesse offrire ai pazienti un'esperienza virtuale stimolante ma, al tempo stesso, non suscitasse paure o limitazioni generali.

Come è facile intuire, i dispositivi di visualizzazione svolgono un ruolo fondamentale sia in termini di riuscita che di soddisfazione dell'esperienza. Nel capitolo precedente è stato presentato HMD come il mezzo più semplice e immersivo per visualizzare l'ambiente virtuale ma, analizzando più nel dettaglio, presenta sicuramente un aspetto negativo, come un peso eccessivo che ostacolerebbe il movimento naturale del soggetto. Per tale ragione, son stati presi in considerazione gli off-head display che rappresentano una valida alternativa in quanto sono caratterizzati da tecnologie di proiezione che avvengono su determinate tipologie di schermi. Possono contare su un ampio campo di vista consentendo anche a più persone di poter usufruire in maniera condivisa dell'esperienza virtuale; i punti critici di tale device sono rappresentati dal costo e da alcune limitazioni riguardanti lo spazio di proiezione, la luminosità e il contrasto.

Da questa prima descrizione emerge la necessità di semplificare e di trovare delle alternative ai device tradizionali cercando, laddove sia possibile, di non far indossare al paziente geriatrico oggetti che difficilmente sopporterebbe durante le sedute. Per queste ragioni, la scelta dell'output visivo, raffigurato nella figura sottostante, è ricaduta sull'utilizzo di un telo montato su una struttura metallica in modo da realizzare una parete virtuale, denominata virtual wall. Il nome di questo strumento visivo viene associato direttamente al progetto in esame denominandolo Studio Virtual Wall.

La proiezione dell'immagine tridimensionale è resa possibile grazie ad un proiettore a distanza ravvicinata capace di offrire al paziente una visione non immersiva dell'ambiente virtuale migliorata mediante l'utilizzo di semplici occhialini tridimensionali tali da indurre un effetto stereoscopico.



Figura 3.1: Disposizione del Virtual Wall e del proiettore

Altro canale rilevante all'interno del trial sperimentale è quello uditivo, responsabile dell'incremento della consapevolezza del soggetto all'interno del mondo virtuale. L'utilizzo di suoni inseriti nel contesto virtuale ha il compito di stimolare l'attenzione visiva del soggetto verso la fonte sonora e, allo stesso tempo, trasmettere una moltitudine di informazioni senza che il campo visivo dell'utente venga appesantito. In questo campo, la scelta è ricaduta sull'utilizzo di altoparlanti predisposti nel monitor del computer scartando, quindi, la possibilità di adoperare delle cuffiette che avrebbero sì consentito una più facile percezione del suono coinvolgendo maggiormente il paziente, ma sarebbero state fonte di intralcio negli eventuali movimenti non controllati.

Per quanto riguarda gli output tattili, la possibilità di toccare, sentire, percepire gli oggetti in un ambiente, oltre a vederli, fornisce un forte senso d'immersione. Il joystick rappresenta lo strumento più semplice e intuitivo da utilizzare attraverso il quale è possibile eseguire differenti task e ricevere adeguati feedback tattili grazie alla presenza di rumble packs, ovvero

piccoli accessori che vibrano su comando del software. Questa caratteristica rappresenta un punto cruciale in quanto si ha la consapevolezza che la possibilità di adoperare device che consentano un'interazione diretta con la scena virtuale potrebbe accrescere notevolmente la stimolazione cognitiva ma, nel caso studio specifico, tale aspetto non può esser implementato poiché i soggetti coinvolti non presentano le abilità minime per poter usufruire del joystick, destinato, invece, ad un operatore che guiderà l'esperienza virtuale. Nel caso studio in esame, la tipologia di joystick utilizzato è un controller XBOX di casa Microsoft il quale consente sia una facile configurazione sia una comunicazione con il computer più agevole. Come già esposto, al controller e agli occhialini son stati montati attraverso dei supporti, realizzati mediante stampante 3D, dei marker per poter implementare il sistema di motion capture. Attraverso questa tecnica si ha la possibilità di comunicare la variazione di posizione dei device sopracitati con la modifica della prospettiva di visualizzazione all'interno dell'ambiente virtuale mediante meccanismi di stereofotogrammetria.



*Figura 3.2: Esempio di joystick con marker opachi installati.
Immagine tratta da: <https://optitrack.com/products/insight-vcs/>*

È possibile distinguere i sistemi di motion capture a seconda del sistema di rilevazione che può sfruttare elementi ottici (es: marker) oppure sensori indossabili (es: elettromeccanici, magnetici, inerziali, fibre ottiche).

Nel Progetto in esame, il sistema di motion capture utilizzato è quello della casa produttrice OptiTrack messo a disposizione dall'università Politecnico di Torino. Tale tecnologia prevede l'installazione all'interno della stanza di almeno due videocamere posizionate in punti strategici collegate ad un hub USB Optihub mediante cavi ethernet in grado di trasmettere le informazioni al computer che eseguirà il software di tracciamento Motive Tracker.

Al fine di rendere le rilevazioni più accurate ed efficienti, si è deciso di installare un numero di quattro videocamere di tipo Prime^x 13 collocandole ad una determinata altezza dal suolo mediante l'ausilio di opportuni treppiedi.



Figura 3.3: Videocamera Optitack Prime^x 13. Immagine tratta da: <https://optitrack.com/products/primex-13/>

Ogni telecamera viene descritta da un modello matematico e l'immagine che viene acquisita mediante l'obiettivo risulta essere una proiezione bidimensionale dell'ambiente reale. Attorno all'obiettivo delle telecamere vi sono una serie di diodi emettitori di luce infrarossa (IR) che trasmettono la luce in direzione dell'asse ottico delle lenti in modo tale da "illuminare" i marker stessi, i quali rifletteranno una percentuale di luce infrarossa che verrà rilevata dalle telecamere. Attraverso questo meccanismo, è possibile generare delle immagini ad alto contrasto dove risulta immediata l'identificazione dei marker poiché saranno visibili come spot bianchi su sfondo nero e, attraverso una procedura definita di triangolazione, sarà possibile ricostruire la posizione tridimensionale del marker in ogni istante di tempo.

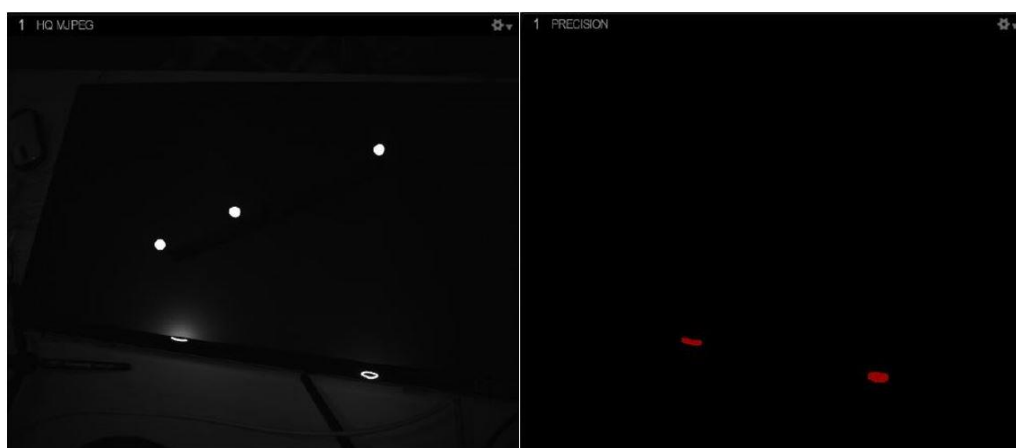


Figura 3.4: Esempio di identificazione di marker ed applicazione di maschera

Dall'immagine 3.4 è possibile notare come, oltre all'identificazione dei marker, vi sia la presenza di ulteriori spot luminosi non riconducibili agli elementi che si desidera tracciare. Questo è dovuto alla presenza, all'interno della stanza, di superfici riflettenti che alterano il rilevamento in quanto vengono mal interpretate dal sistema compromettendo la ricostruzione dell'immagine. Per questa ragione, si rende necessario modificare la disposizione delle telecamere in modo tale da far catturare il meno possibile eventuali fonti di riflesso da oggetti non voluti; qualora questo non sia realizzabile o non risolva la problematica, è possibile implementare, tramite software, una maschera posizionabile sullo spot indesiderato eliminando, dalla rilevazione, il rumore luminoso.

Per poter effettuare lo step relativo alla triangolazione, è necessario effettuare la fase di calibrazione del sistema identificando posizione e orientamento di ogni telecamera. Tale procedura consiste nella rilevazione di parametri geometrici quali lunghezza focale, coordinate del punto principale, coefficiente di distorsione e relazione tra sistema di riferimento della telecamera e sistema di riferimento assoluto. Al fine di rendere più intuitiva la comprensione dei processi, è necessario dichiarare: il sistema di riferimento assoluto come la terna ortogonale riferita alla posizione di un marker nello spazio, il sistema di riferimento della telecamera come la terna ortogonale ottenuta dalla proiezione delle coordinate del marker sul piano della telecamera.

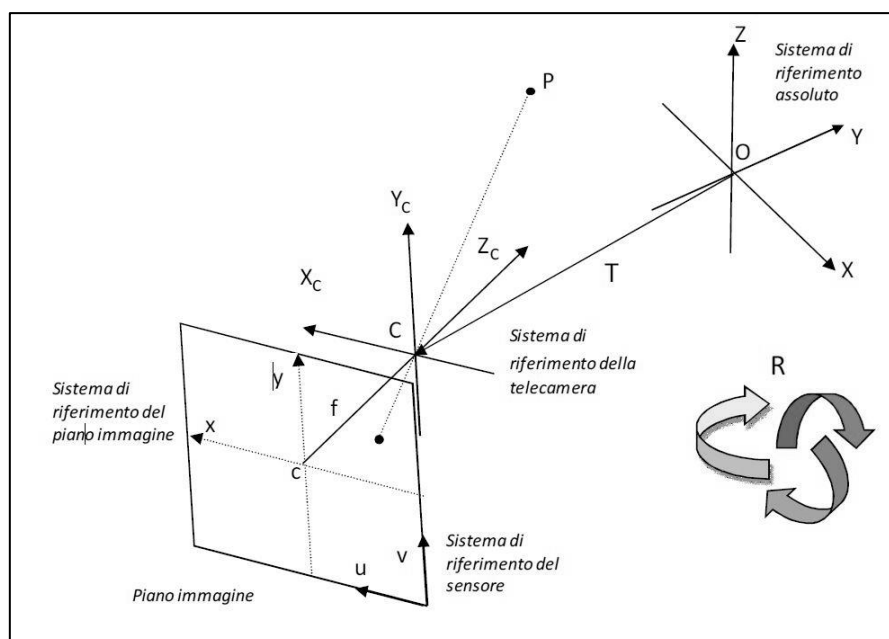


Figura 3.5: Proiezione di un punto P sul piano immagine nello spazio tridimensionale.
Immagine tratta da: *Bioingegneria della postura e del movimento*, A. Cappello, 2007

Le differenti coordinate dei marker vengono determinate tramite processi di rototraslazioni del sistema di riferimento a cui sono legati i parametri dell'immagine. Quest'ultima viene trasformata dal sistema di riferimento relativo al sensore dal sistema di riferimento del piano immagine e, a sua volta, dal sistema di riferimento del piano immagine ci si riporta al sistema di riferimento della telecamera. Il processo risulta esser agevolato laddove si utilizza il modello pin-hole, in cui si assume che l'ottica della telecamera sia costituita da un foro di diametro infinitesimo posto al centro della prospettiva.

Attraverso il software Motive Tracker, il processo di calibrazione risulta esser semplificato e si basa sull'utilizzo di una squadretta necessaria per il rilevamento e l'identificazione del piano d'appoggio e di una bacchetta da muovere di fronte ad ogni singola fotocamera rilevando un certo numero di campioni necessari per ottenere una buona qualità d'ottimizzazione dei parametri.

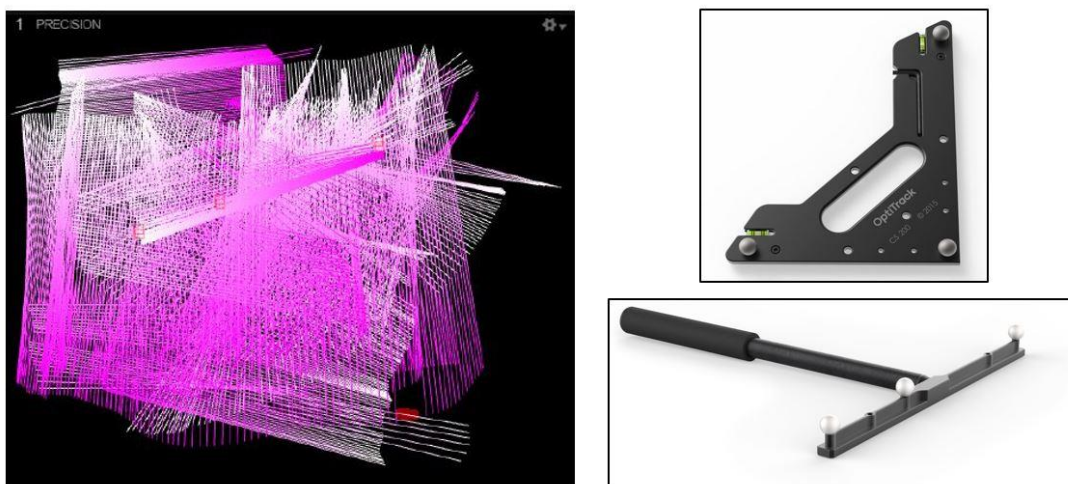


Figura 3.6: Fase di calibrazione con tracciamento marker in Motive Tracker e strumentazione utilizzata.
Immagini della strumentazione tratti da: <https://optitrack.com/support/accessories/>

Oltre ai dispositivi hardware relativi alla realtà virtuale, si è reso necessario implementare strumenti atti a registrare la variazione di determinati parametri fisiologici dei pazienti geriatrici durante il trial.

In merito alla tipologia di soggetti trattati, si è deciso di utilizzare sensori indossabili come un comune orologio rispondendo, quindi, ad un'esigenza di adottare device di semplice utilizzo, poco ingombranti ma capaci comunque di restituire letture affidabili dei parametri rilevati. In particolare, la scelta è ricaduta su uno smartband Mi Band 3 prodotto da Xiaomi, dispositivo non medico visibile nella Figura 3.7 con la caratteristica di poter essere indossato come un normale orologio.



Figura 3.7: Mi Band 3 con rilevazione battito cardiaco.
Immagine tratta da: <https://www.mi.com/it/mi-band-3>

Lo smartband risponde ad un'esigenza molto precisa ovvero di esser un dispositivo leggero e di non suscitare sensazioni di fastidio e/o disagio al paziente una volta indossato, caratteristica importante poiché l'attenzione del soggetto non viene così distolta dalla scena virtuale e, inoltre, essendo uno strumento silenzioso, le misurazioni vengono effettuate senza che l'utente se ne accorga, rendendo possibile la rilevazione in ogni istante senza che questo comporti una distrazione sonora al paziente.

Durante le sedute, si è deciso di monitorare la variazione della frequenza cardiaca e della misura accelerometrica, ovvero quei parametri che avrebbero fornito degli spunti e delle analisi ulteriori sullo stato di rilassatezza e, quindi, sull'efficacia del trial stesso. Inoltre, attraverso l'ausilio dell'applicazione dedicata installabile su smartphone, si è in grado di monitorare in tempo reale l'andamento dei parametri e, una volta terminata la seduta, collegando lo smartband al computer, si ha la possibilità di scaricare e salvare i grafici inerenti ai parametri con conseguente valutazione delle fluttuazioni al variare delle scene virtuali.

3.2 – Gestione delle informazioni BIM e VR

In questo capitolo verranno approfonditi i software utilizzati per la realizzazione del modello virtuale: Revit, 3Ds Max e Unity 2018.4.0f1. Questi programmi hanno permesso la realizzazione del modello BIM (Building Information Modeling). Per una più chiara interpretazione dei processi e dei vantaggi, si fornisce una descrizione generale di che cosa rappresenti il BIM: il National Institutes of Building Science definisce il BIM come una rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto raccolte all'interno di unico modello tridimensionale della struttura.

L'applicativo realizzato è costituito da tre differenti scenari con inizio dell'esperienza che parte con il percorrere il corridoio del reparto di geriatria dell'ospedale Molinette. Al fine di rendere tale scena la più verosimile possibile, si è utilizzato il lavoro di tesi del collega Ricardo Carvajal, che ha realizzato una stanza multisensoriale reale.

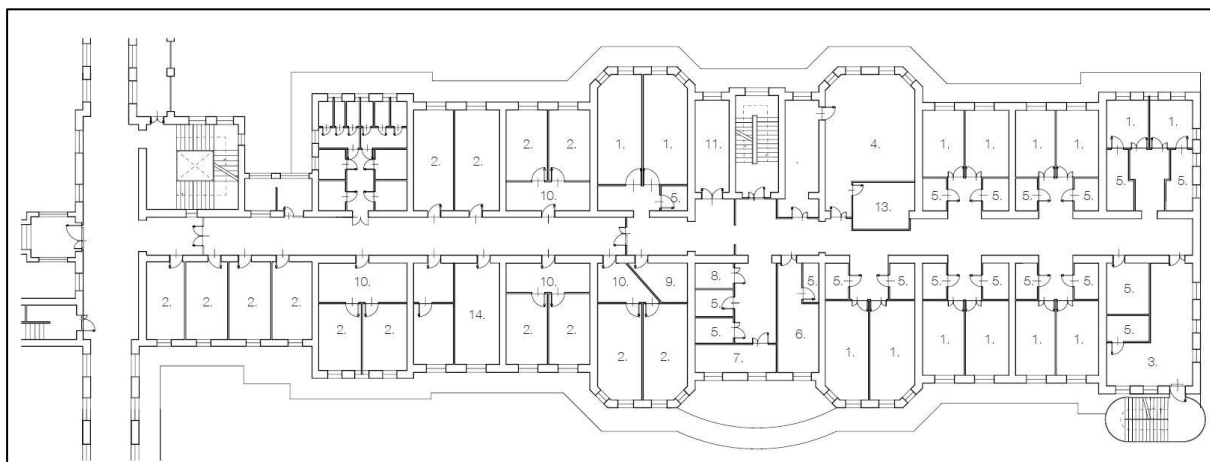


Figura 3.8: Planimetria primo piano, reparto di geriatria, ospedale Molinette, Ricardo Carvajal

Attraverso il software Revit di Autodesk, è possibile modellare e realizzare gli spazi architettonici. Una volta che il progetto raggiunge livelli di realismo soddisfacenti, viene eseguita un'esportazione in 3Ds Max. Da ricerche effettuate, è emerso come esistano differenti formati d'esportazione, ma quello più indicato presenta l'estensione .fbx.

Successivamente, vi è un'operazione di importazione ed esportazione di tutto il file sempre nel formato citato precedentemente, permettendo, in questo modo, di identificare tutte le superfici in maniera separata e distinta quando poi verranno importate nel software Unity.

Per la realizzazione delle scene, si è cercato di raggiungere un livello dei dettagli sufficientemente elevato aiutandosi con la disposizione di oggetti ed elementi d'illuminazione tali da indurre un effetto più che realistico dell'ambiente. Tale aspetto rappresenta uno dei vantaggi principali della modellazione tridimensionale: il paziente si troverà a percorrere un corridoio virtuale che riprodurrà fedelmente – dalle dimensioni alle proporzioni, dai colori alla disposizione degli oggetti – l'ambiente esistente nella realtà, garantendo così un realismo che, ricercando nella letteratura di riferimento, non si era ancora raggiunto nei pochi casi studio con obiettivi simili a quelli dichiarati in questa tesi.

Entrando più nel dettaglio, la possibilità di realizzare il modello attraverso il software Revit consente di apportare facilmente modifiche ad eventuali errori relativi alla modellazione o alla disposizione della struttura. Inoltre, l'esportazione del modello in formato .fbx determina una comunicazione agevole tra i software, mantenendo inalterate le caratteristiche geometriche.

Alla base di questi processi realizzativi, vi è un importante concetto di interoperabilità: la possibilità di far interagire informazioni, modelli e applicativi fra differenti piattaforme software. Sfruttando questa caratteristica, il passaggio successivo prevede l'invio del modello da Revit a 3Ds Max, sempre di casa produttrice Autodesk, nel quale è possibile constatare come tutti gli elementi precedentemente definiti vengano letti correttamente, ma si rende necessario una duplice azione di esportazione e importazione sempre nell'estensione .fbx tale da permettere un'identificazione netta delle superfici, effettuando, inoltre, una mappatura degli elementi in un unico volume tridimensionale. Lo step successivo prevede l'utilizzo del software Unity con importazione del modello appena realizzato, azione che si verifica senza registrare perdita di informazioni o di qualità.

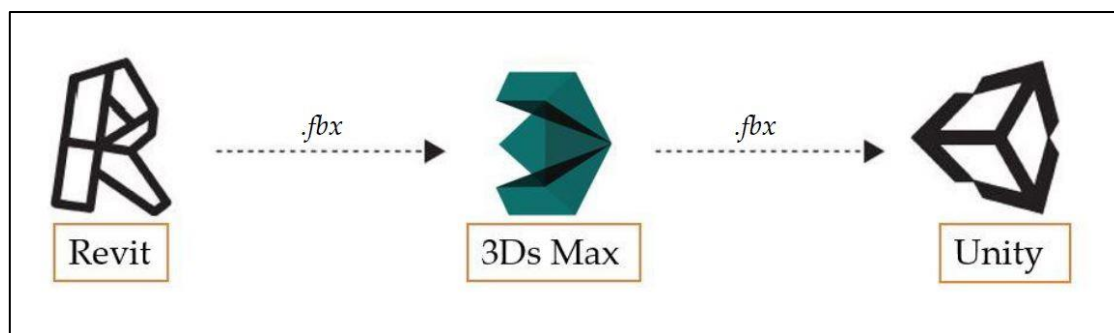


Figura 3.9: Sequenza software utilizzati per la realizzazione dell'applicativo all'interno del progetto CANP

Una delle caratteristiche principali di Unity è la compatibilità con la realtà virtuale. Questo aspetto consente ai modelli importati di esser utilizzati direttamente all'interno delle simulazioni virtuali mettendo a disposizione degli scenari che, di fatto, riproducono fedelmente stanze, luoghi o ambienti reali. Il raggiungimento di un livello di dettaglio così verosimile ed elevato costituisce uno dei maggiori vantaggi dell'interoperabilità fra software per la modellazione BIM, qualità che riveste maggiore importanza se si considera il caso studio CAnP, dove il realismo delle scene presentate nel trial risulta esser fondamentale per lo stato d'animo del paziente geriatrico.

3.3 – Creazione applicativo

Unity è il programma utilizzato per la realizzazione dell'applicativo in realtà virtuale; si tratta di un software che richiede sia capacità relative alla modellazione sia conoscenze di programmazione informatica. Infatti, per poter eseguire determinate tipologie di azioni è stato necessario implementare all'interno del progetto degli script in linguaggio C#, ovvero dei file di testo realizzati mediante il software Visual Studio Code contenuti righe di codice informatico capaci di modificare o impostare determinati effetti sugli oggetti d'interesse.

L'interfaccia principale di Unity è visualizzabile nella figura 3.10 ed è possibile distinguere differenti finestre interattive: nella sezione (1) si ha una visione generale della scena che si sta costruendo; i molteplici elementi inseriti, vengono organizzati in cartelle e sottocartelle visualizzabili nella finestra (2); i livelli che compongono la scena vengono gestiti nella sezione Hierarchy (3) dove è possibile aggiungere tutti gli elementi 2D e 3D presenti nella scena; nel pannello Inspector (4) vi è la possibilità di eseguire una variazione di tutti i parametri che compongono un elemento, aggiungendo anche componenti specifici come gli script; attraverso la sezione Game (5) è possibile avere una preview dell'applicativo virtuale finale.

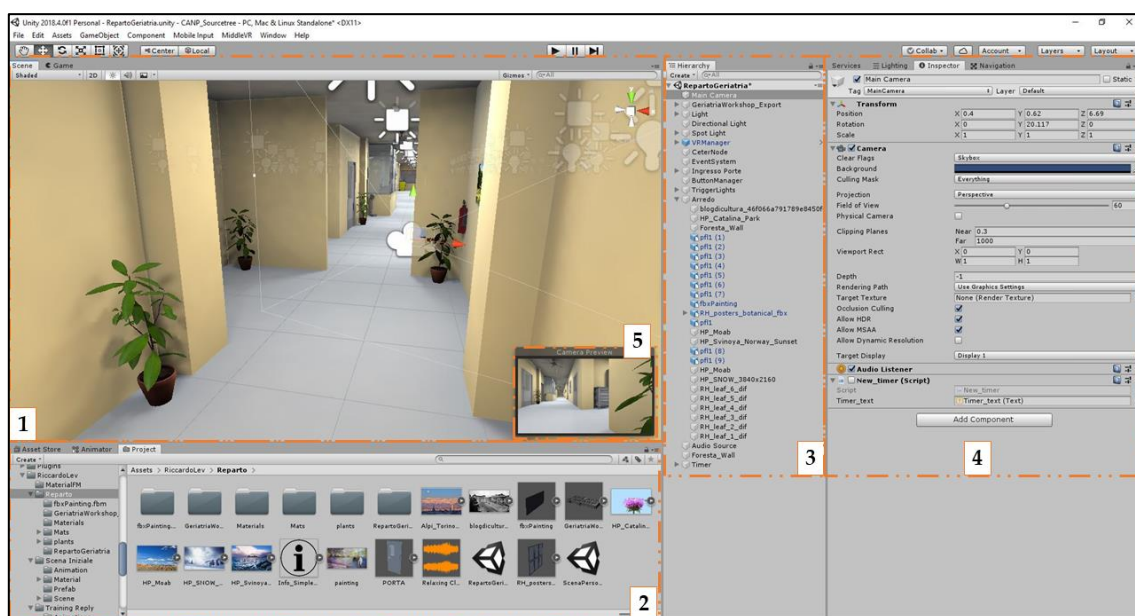


Figura 3.10: Interfaccia Unity 2018.4.0f1

Il lavoro svolto con tale software ha comportato una conoscenza preliminare degli aspetti principali ottenuta grazie alla visione di tutorial online. In particolare, una volta importato il modello in Unity, per muoversi all'interno degli spazi creati, è stato necessario apportare una serie di accorgimenti che ne validassero l'utilizzo nell'esperienze virtuali. In particolare, si è reso necessario inserire all'interno di ogni singola scena un player, ovvero un vero e proprio giocatore che simuli la presenza dell'utente all'interno dell'ambiente virtuale. Innanzitutto, vi è la necessità sia di inserire, all'interno di ogni Hierarchy, la componente VR Manager, elemento essenziale per trasporre il movimento dei device tracciati con la motion capture all'interno della scena virtuale sia una MainCamera per visionare tutto ciò che avviene durante la simulazione virtuale. La MainCamera viene associata ad una capsula tridimensionale e, a seconda della posizione relativa tra questi due oggetti è possibile variare il punto di vista della scena.

In relazione a questo, per rendere l'esperienza maggiormente immersiva e infondere un grado di realismo maggiore negli utenti, si è montata la videocamera sopra la capsula stessa facendo così vivere l'esperienza in prima persona, proprio come se si trovasse veramente all'interno dell'ambiente. Successivamente, si sono apportate delle modifiche ai parametri relativi alla gestione della figura del player con particolare attenzione alle impostazioni del campo visivo, della velocità e dei gradi di libertà di movimento del player. Come già accennato, lo spostamento all'interno dell'ambiente virtuale avviene per mezzo di un joystick. Al fine di rendere l'esperienza più agevole per l'operatore, son stati semplificati sia gli spostamenti che le rotazioni ammissibili, concedendo solamente movimenti avanti e indietro; la variazione della posizione degli occhialini tridimensionali nella realtà consente di modificare la prospettiva nella scena e in questo modo, combinando le due azioni, è possibile avanzare all'interno dell'ambiente virtuale. Sempre all'interno della piattaforma Unity son stati inseriti i collider a tutti gli elementi, compreso il player, procedura che rende i volumi non attraversabili. Tale opzione è richiesta sia per poter camminare sui pavimenti senza sprofondare all'interno sia per non attraversare da parte a parte né i muri né gli oggetti che compongono la scena.

Si fornisce una descrizione più dettagliata degli scenari realizzati, evidenziando le caratteristiche principali e gli aspetti tecnici che hanno portato ad una determinata configurazione.

L'esperienza virtuale sarà avviata tramite una prima ambientazione indoor, dove il paziente geriatrico sarà condotto a percorrere, con un andamento piuttosto lento, il corridoio che riproduce il reparto di Geriatria. Questa prima fase è stata studiata per consentire un'esplorazione lineare degli spazi, dall'ingresso all'uscita del reparto, con il posizionamento di determinati elementi caratteristici come quadri, sedie, piante, segreteria informativa, porte e oggettistica ospedaliera varia, tale da conferire alla scena una certa somiglianza migliore della realtà.

Il percorso lungo il corridoio, accompagnato da un sottofondo musicale, avrà la durata di circa un minuto e consente al paziente geriatrico di avvicinarsi e prender confidenza con la tecnologia virtuale.



Figura 3.11: Ambientazione indoor, Unity 2018.4.0f1

Si arriverà al fondo del corridoio dove sarà presente una grande finestra che fornisce una vista su Torino e lungo la parete di destra vi è la collocazione della stanza multisensoriale, la seconda ambientazione del trial.



Figura 3.12: Parte finale del corridoio e utilizzo di VR Manager per accedere alla stanza multisensoriale, Unity 2018.4.0f1

Nel momento in cui si vuole passare da uno scenario all'altro sarà necessario puntare il pulsante attraverso il quadratino bianco, come è visibile nella figura 3.13, che rappresenta la componente di VR Manager. Se il puntamento risulterà esser corretto, il pulsante cambierà tonalità di colore e sarà possibile lasciare il corridoio e spostarsi all'interno della stanza multisensoriale.

La seconda fase si svolgerà all'interno della stanza virtuale in cui verranno fornite stimolazioni sensoriali di tipo passivo e rilassanti tipiche di una snoezelen room di cui se ne fornisce un esempio nella Figura 3.14: si tratta di un termine olandese che deriva dalla contrazione dei verbi "sniffen" (esplorare) e "doezelen" (rilassarsi) e indica una terapia rivolta a persone con autismo e altre forme di disabilità dello sviluppo. A seconda degli stimoli che vengono incentivati, è possibile distinguere due differenti sale: sala bianca improntata sul rilassamento e sul relax; sala d'esplorazione motoria ideata per stimolare movimenti e interazioni. Nel caso studio in esame, la stanza multisensoriale è stata progettata inserendo elementi comuni ad entrambe le sale: ambiente calmante e allo stesso tempo stimolante, dove il paziente geriatrico sarà condotto nell'esplorazione evitandogli situazioni caotiche con l'obiettivo di incentivargli le funzioni sensoriali.

Generalmente una stanza snoezelen racchiude differenti elementi chiave necessari per fornire stimoli ai vari sensi. Si compongono di tende oscillanti colorate e tubi luminosi che incentivano la stimolazione visiva e tattile, pannelli a parete utilizzati in maniera passiva come semplice interazione visiva, proiettori d'immagini e di basilari luci che richiedono poca concentrazione intellettuale dell'utente il quale può rilassarsi con le figure senza cercare di decifrarne le forme.



Figura 3.13: Esempio di snoezelen room. Immagine tratta da: <https://www.snoezelen.info/room-designs/>

Gli aspetti fondamentali appena descritti sono stati alla base della progettazione della stanza multisensoriale virtuale. All'interno della scena, il paziente si ritroverà in un luogo accogliente e rilassante con una visione su sedute confortevoli, tubi di acqua e bolle che scorrono verticalmente con velocità lenta e costante, fibre ottiche in grado di fornire differenti tonalità di colore capaci di spaziare da toni freddi del blu e del viola fino ai toni caldi dell'arancione. Questa prima fase d'esplorazione ha una durata di circa tre minuti ed è accompagnata da un sottofondo musicale con ritmi lenti tali da incentivare il rilassamento del soggetto che viene promosso anche dalla visione di un acquario attraversato da pesci che disegnano traiettorie ripetitive. Al di sotto dell'acquario è posizionato un controller circolare attraverso il quale è possibile regolare le tonalità di colore della stanza.

All'interno della scena son presenti anche due finestre che consentono di avere una visione sulla Mole Antonelliana e su Superga permettendo al paziente di avere un riferimento geografico e, di conseguenza, di non ritrovarsi in un luogo totalmente chiuso che avrebbe potuto innescare sensazioni di paura e/o disagio.

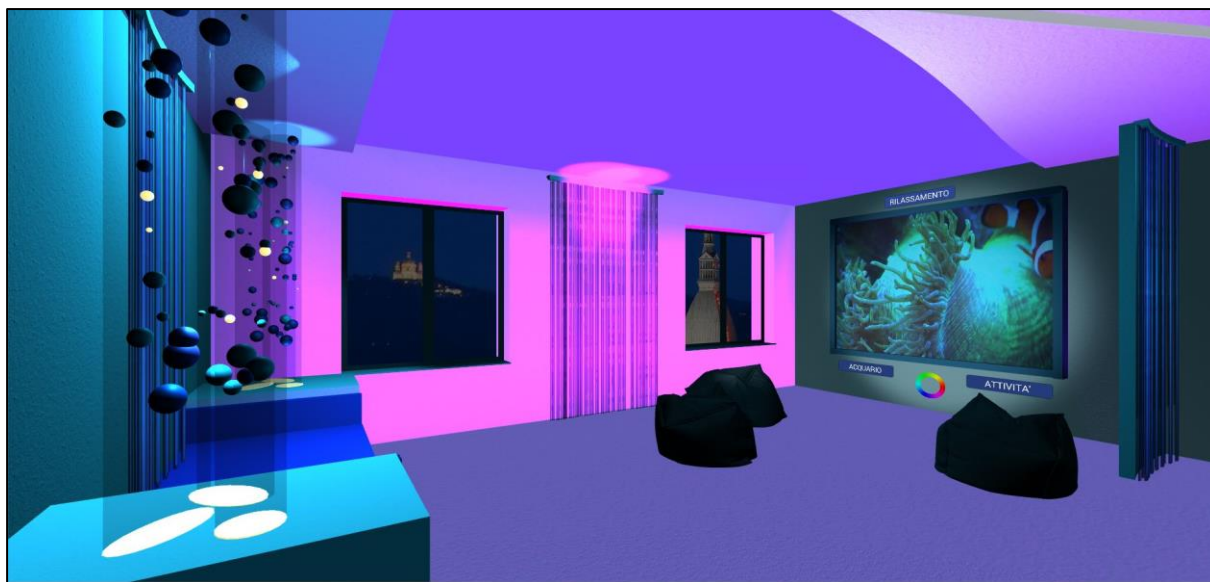


Figura 3.14: Stanza multisensoriale, area rilassamento, Unity 2018.4.0f1

La presenza dello schermo dove viene trasmesso l'acquario, permette di utilizzare tale spazio per poter riprodurre qualsiasi multimedia. Trascorso il tempo dell'esplorazione dove il focus principale è il rilassamento, sarà possibile premere il pulsante "attività" situato al di sotto dell'acquario facendo così partire un secondo stadio legato alla stanza multisensoriale.

In questa nuova fase, dalla durata di circa quattro minuti, il focus è incentrato sull'interazione del paziente geriatrico cercando di stimolarlo mediante differenti input, con lo scopo principale di distrarlo ed interrompere il loop "agitato". Attraverso il pulsante "attività", sullo schermo apparirà un "treno della memoria", ovvero una sequenza d'immagini 2D evocative degli anni in cui il soggetto era adulto, personaggi famosi, luoghi noti e slogan pubblicitari degli anni '70. Inoltre, sarà possibile spostarsi in un'altra area dove sarà sempre sollecitata la sfera cognitiva ma verrà proposto l'ascolto sia di differenti strumenti musicali (saxofono, chitarra elettrica, batteria e violino) sia di una cover di canzone relativa agli anni '60, selezionabile direttamente dal tasto "play" del pannello collocato sul muro.

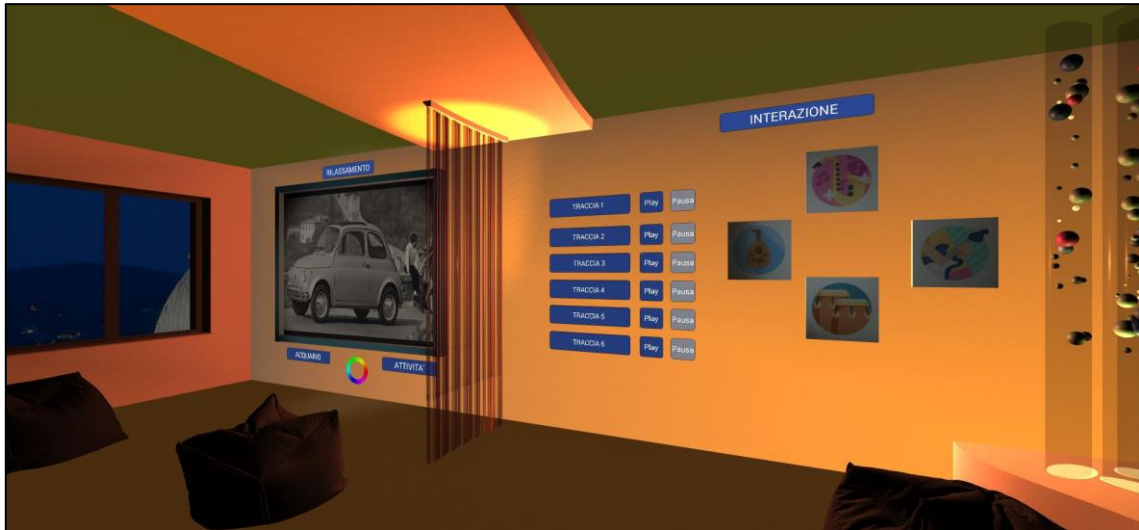


Figura 3.15: Stanza multisensoriale, area interazione, Unity 2018.4.0f1

Sempre all'interno della stanza multisensoriale, è presente un quadro con pulsante relativo ad una "passeggiata nella natura". L'interazione con tale input, riportato nella Figura 3.17, consente di effettuare lo spostamento verso l'ultima parte del trial, caratterizzata dal senso della scoperta.



Figura 3.16: Stanza multisensoriale, area scoperta, Unity 2018.4.0f1

In questa ultima scena, vi è uno spostamento virtuale da un luogo chiuso ad un luogo aperto; infatti, l'ambiente realizzato riproduce un set outdoor tridimensionale caratterizzato dalla presenza di elementi naturali come alberi, sentieri, foglie, ruscelli e piccoli arbusti. Nella scena è stato pensato di inserire animali sia canonici come un cane, un gatto, una mucca e un cavallo sia meno pertinenti come un elefante, una giraffa o un leone. Questa scelta è stata dettata dal fatto di voler, in un qualche modo, stupire il paziente geriatrico innescandogli ricordi di animali classici in ambientazione a loro consona sia di animali meno inerenti all'ambiente boschivo, giocando quindi sul fornire sia un qualcosa di tradizionale che inaspettato a cui il paziente può rivolgere la sua attenzione.

Il lavoro richiesto all'interno dell'ambiente naturale ha previsto l'implementazione di alcuni elementi dinamici che, difatti, ampliassero il senso d'immersione e il senso di somiglianza con la realtà. Per tale ragione, si è inserito il vento, elemento tanto basilare quanto fondamentale, per creare un movimento armonico sia delle foglie che dell'erba. Vi è stato l'aggiunta anche di piccoli scoiattoli animati, posizionati in differenti punti al di sotto degli alberi e di uccelli che si muovono all'interno dell'ambiente naturale. Inoltre, vi è stata anche la creazione di una cascata posizionata nel punto più alto di una serie di rocce con il flusso d'acqua che casca nel laghetto sottostante; per poterla realizzare è stato necessario implementare una serie di texture che rivestissero nella maniera corretta delle particelle d'acqua create attraverso la sezione Hierarchy, selezionando la voce "Particle system" dal menu "Effect".

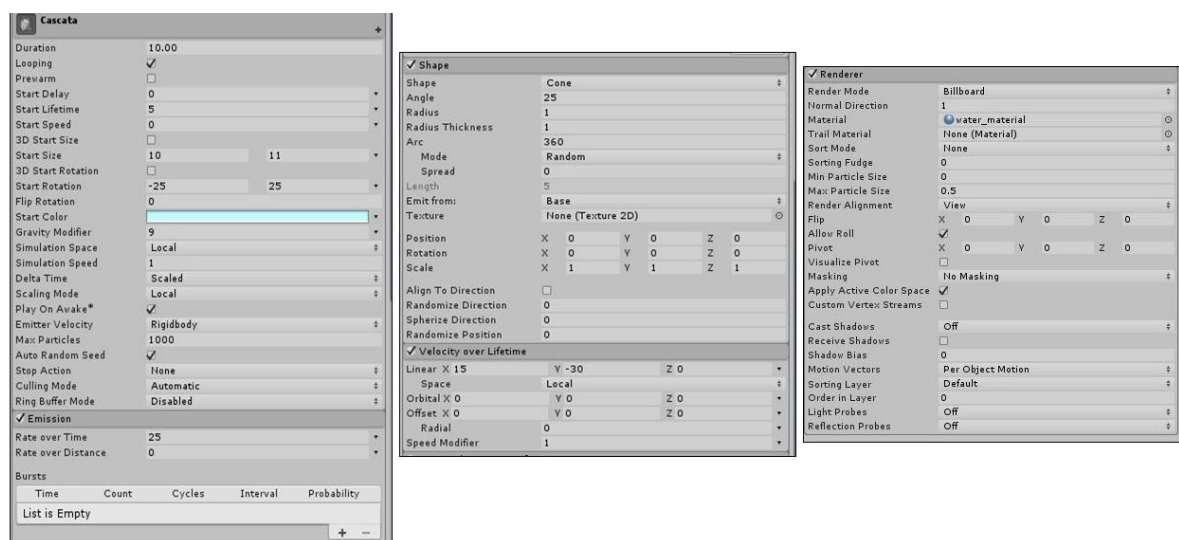


Figura 3.17: Particle system dell'elemento cascata, ambiente naturale, Unity 2018.4.0f1

Attraverso il pannello dedicato, si è reso necessario variare e trovare le giuste combinazioni di valori nei sottomenù che al meglio offrissero una visione della cascata virtuale il più simile possibile alla realtà con particolare attenzione ai parametri “Emission”, “Shape” e “Renderer” ottenendo alla fine un’ambientazione finale visibile, in parte, dalla Figura 3.18. All’interno dell’elemento cascata è stato inserito anche una sorgente musicale tridimensionale capace di riprodurre il suono del movimento dell’acqua con la caratteristica di avere una percezione del volume del suono variabile: a mano a mano che il player si avvicinerà alla cascata si percepirà un volume maggiore del suono prodotto dall’acqua.



Figura 3.18: Ambiente naturale, Unity 2018.4.0f1

Come già accennato precedentemente, all’interno dell’ambiente naturale il paziente verrà condotto lungo dei sentieri facendogli scoprire la presenza sia di animali che di fonti d’acqua privilegiando, quindi, la scoperta e il senso d’esplorazione per una durata di circa tre minuti.

Risulta evidente come sia importante cercare di mantenere una durata del trial più o meno fissa per ogni seduta, in modo da sottoporre al paziente geriatrico lo stesso intervallo d’esperienza all’interno delle scene. Per questo motivo, all’interno dell’applicativo si è implementato un timer con la possibilità di attivarlo, stopparlo e resettarlo mediante input provenienti da tastiera.


```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine.UI;
using UnityEngine;
using MiddleVR.Unity3D;
public class New_timer_2 : MonoBehaviour
{
    public Text timer_text;
    private float startTime;
    private bool pressed_button = false;
    private string type = "";
    string minutes = "";
    string seconds = "";
    float t = 0f;
    //bool y = MiddleVR.VRDeviceMgr.IsWandButtonPressed(3);
    //bool x = MiddleVR.VRDeviceMgr.IsWandButtonPressed(4);

    void Start()
    {
    }
    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        if (Input.GetKeyDown("space") && !pressed_button)
        {
            type = "start";
            pressed_button = true;
        }
        if (Input.GetKeyDown("a"))
        {
            pressed_button = false;
            timer_text.text = minutes + ":" + seconds;
            type = "pause";
        }
        if (Input.GetKeyDown("space") && type == "pause")
        {
            type = "start";
            pressed_button = true;
        }

        if (pressed_button)
        {
            timerManager();
        }
        if (Input.GetKeyDown("c"))
        {
            timer_text.text = "00:00";
            pressed_button = false;
            t = 0f;
        }
    }
    public void timerManager()
    {
        if (type == "start")
        {
            t = t + Time.deltaTime;
            Debug.Log("time is " + t);

            minutes = ((int)t / 60).ToString();
            seconds = (t % 60).ToString("f0");

            if (minutes.Length == 1)
            {
                minutes = "0" + minutes;
            }
            if (seconds.Length == 1)
            {
                seconds = "0" + seconds;
            }
            timer_text.text = minutes + ":" + seconds;
        }
        else if (type == "pause")
        {
            timer_text.text = minutes + ":" + seconds;
        }
    }
}

```

Figura 3.19: Script per la creazione del timer all'interno dell'applicativo, Visual Studio 2019

Una problematica sorta mediante il primo utilizzo del timer all'interno dell'iter sperimentale è stata quella relativa al fatto che, una volta startato e volendo passare ad un ambiente successivo, la nuova scena caricata non presentava il timer. Si è reso necessario aggiungere, quindi, un ulteriore script del tipo "DontDestroyOnLoad" sul timer stesso in modo tale da non eliminarlo durante la fase di caricamento della nuova scena.

3.4 – Monitoraggio parametri fisiologici

Le scene appena descritte son state realizzate ognuna con uno specifico obiettivo: l'esplorazione del corridoio iniziale nasce dall'idea di inserire il soggetto all'interno di un ambiente a lui conosciuto incentivando, in questo modo, l'ambientazione e l'avvicinamento con la realtà virtuale; la stanza multisensoriale presenta tutte le caratteristiche e gli elementi capaci di promuovere situazioni rilassanti ma allo stesso tempo stimolanti; infine, nell'ambiente outdoor viene promosso il senso della scoperta e dell'interazione con gli elementi naturali presenti.

Risulta evidente come ci si aspetti che il paziente geriatrico per tutta la durata del trial provi emozioni e stati d'animo, anche contrastanti, che possono sicuramente esser interpretati non solo dall'analisi visiva effettuata dal personale medico presente durante la sperimentazione ma anche attraverso rilevazioni dei parametri fisiologici caratteristici. In altre parole, può essere di particolare interesse monitorare determinati indici tali da fornire un quadro completo delle risposte psicofisiche del corpo umano a seguito di stimoli e/o particolari condizioni. Per tali ragioni, si fornisce una visione generale di tali valori, cercando di indagare su eventuali relazioni con la realtà virtuale.

Molteplici parametri ordinari sono interconnessi gli uni con altri attraverso specifici processi interni al corpo umano: ad esempio il compiere uno sforzo intenso comporta un aumento sia del battito cardiaco che della frequenza respiratoria. Tale azione combinata avviene poiché il cuore, per sostenere lo sforzo, ha la necessità di pompare nel torrente ematico una quantità maggiore di sangue ricco di ossigeno e un aumento degli atti respiratori garantisce un apporto di ossigeno sufficiente a tale scopo. In relazione al battito cardiaco, in un soggetto sano a riposo si registrano circa 70 battiti per minuto (bpm); tale valore spesso viene assunto come indice di riferimento per diagnosticare una frequenza cardiaca patologica; in realtà bisogna comunque tenere in considerazione la storia clinica e le eventuali patologie pregresse del paziente: soggetti con un peso corporeo maggiore dei valori standard presenteranno un battito cardiaco a riposo accelerato se confrontato con i valori cardiaci di persone normopeso.

È possibile affermare, comunque, che tutte le persone durante un'attività fisica o anche solamente se sottoposte ad un forte stimolo presentino un aumento relativo alla frequenza cardiaca di una quantità direttamente proporzionale all'intensità dello sforzo eseguito o dell'emozione provata.

All'interno della realtà virtuale è stato dimostrato che, durante delle esperienze in cui l'utente sia solamente spettatore della scena e non vengano implementati stimoli emotivi rilevanti, si registra un leggero aumento del battito cardiaco (Darragh Egan, 2016). Inoltre, da tali studi è emerso come vi sia una differenza della frequenza cardiaca di circa un battito per minuto tra un soggetto che guarda una scena con l'ausilio di un visore VR e lo stesso soggetto che guarda la scena attraverso un semplice monitor. Si potrebbe così pensare che l'utilizzo di una realtà virtuale troppo immersiva possa, in un qualche modo, accentuare le variazioni dei parametri fisiologici; in realtà, attraverso ulteriori studi condotti da Blankendaal (R. Blankendaal, 2015) si è confermato come nel momento in cui al soggetto viene fornito un input verbale, sonoro o uditivo di grande intensità la frequenza cardiaca aumentava in maniera più apprezzabile nel caso reale rispetto alla situazione simulata per mezzo di visore VR, che comunque faceva registrare un leggero aumento dei battiti cardiaci medi.

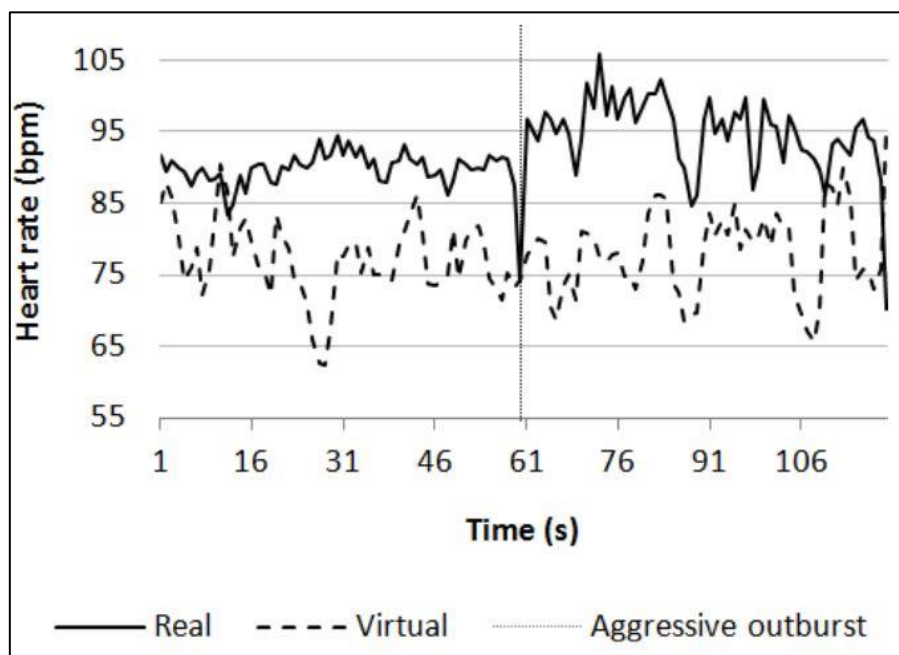


Figura 3.20: Confronto battito cardiaco prima e dopo dell'input.
Immagine tratta da (R. Blankendaal, 2015)

Come è possibile notare dalla Figura 3.20, la variazione percentuale del battito cardiaco di soggetti con visori VR è davvero minima e tale fattore spesso viene identificato come un limite per la realtà virtuale, soprattutto in ambito medico. Una spiegazione plausibile di tale fatto può esser ricercata in un livello di immersione ancora poco realistica e ricercata con la possibilità concreta che gli utenti vedano tale tecnologia più come una specie di gioco che come un'esperienza virtuale simile a quella reale, facendo registrare così variazioni minime della frequenza cardiaca se confrontata con quella che si registrerebbe nei soggetti se sottoposti alla medesima scena del mondo reale. Per tali ragioni, negli anni a venire sarà sempre più importante riuscire a creare ambienti virtuali altamente immersivi con la possibilità di continuare ad effettuare analisi sull'andamento cardiaco per meglio comprenderne le variazioni delle quali, comunque, si è già riscontrato una minima tendenza di fluttuazione più o meno rilevante a seconda degli stimoli che vengono forniti all'utente.

Nonostante le problematiche evidenziate, la frequenza cardiaca rappresenta il parametro fisiologico principale da monitorare durante il trial sperimentale, con la caratteristica di poterne registrare l'andamento in maniera semplice, utilizzando dei cardiofrequenzimetri ovvero dispositivi di dimensioni ridottissime, spesso presenti all'interno dei più comuni smartwatch in grado di restituire misurazioni rapide, precise e continuative. Inoltre, il battito cardiaco rappresenta il dato fisiologico che fa registrare le maggiori variazioni percentuali a parità di sforzo richiesto o di stimolo sensoriale fornito senza trascurare il fatto che stati d'agitazione elevati comportano livelli cardiaci più alti del normale.

La pressione del sangue rappresenta un ulteriore parametro da prendere in considerazione durante la fase sperimentale del trial e viene rilevata direttamente dal personale medico attraverso lo sfigmomanometro, strumento capace di restituire in pochi secondi il valore relativo alla pressione espressa in millimetri di mercurio (mmHg), sia un'istante prima dell'inizio dell'esperienza virtuale che al termine della seduta in modo da poter valutare eventuali variazioni. La pressione arteriosa si compone di due valori unici: pressione sistolica, identificatrice del valore raggiunto durante la contrazione del miocardio, e diastolica, rappresentatrice della pressione registrata nella fase di rilassamento del muscolo cardiaco. Anche in questo caso, valgono le considerazioni effettuate precedentemente ovvero valori che si discostano di molto dai valori basali potrebbero esser stati superati sia per un fattore d'agitazione ma anche per eventuali patologie cardiache.

In questo senso, valori al di sopra della norma potrebbero esser indice di ipertensione patologica soprattutto se prolungati nel tempo; in verità, se si registrano picchi sporadici seguiti da un ritorno ai valori standard della pressione questa situazione è possibile collegarla ad uno stato emotivo alterato in concomitanza con livelli d'agitazione elevati. È evidente come tale parametro sia fortemente influenzato da molteplici variabili legate anche alla storia clinica pregressa del soggetto e il più delle volte, negli studi relativi alla realtà virtuale, la pressione arteriosa non viene monitorata. Nel progetto di tesi qui riportato, si è voluto comunque registrare tale indice anche in considerazione del fatto che vi è una stretta relazione tra frequenza cardiaca e pressione arteriosa: un aumento del battito cardiaco comporta sempre un innalzamento del valore pressorio, caratteristica che può esser sfruttata per l'analisi delle fluttuazioni di tali parametri.

Ulteriore misura determinante è la frequenza respiratoria, ovvero il numero di atti respiratori compiuti dal soggetto in un minuto (apm), misurata direttamente dal personale medico. La respirazione rappresenta un processo fisiologico di importanza vitale destinato ad assicurare un ragionevole apporto di ossigeno ai tessuti e lo smaltimento dell'anidride carbonica prodotta per mezzo del metabolismo cellulare. Ogni respiro è composto da due differenti fasi: inspiratoria, generata dalla contrazione dei muscoli respiratori con conseguente espansione della gabbia toracica, e espiratoria, accompagnata dal graduale recupero passivo da parte della gabbia toracica fino alle dimensioni iniziali. In un soggetto sano, le fasi inspiratorie durano la metà delle fasi espiratorie e come già descritto in precedenza vi è una stretta relazione con la frequenza cardiaca. In questo senso, valutare la frequenza respiratoria consente di poter avere informazioni correlate riguardanti gli stati d'animo del paziente e poterne valutare l'evoluzione durante il trial.

Inoltre, per poter meglio identificare gli stati d'agitazione associabili a movimenti non controllati e repentini da parte del paziente, il quale inizialmente si troverà in uno stato alterato, un ulteriore indice preso in considerazione è l'accelerazione, misurata sempre mediante braccialetto. In questo modo, risulta più semplice poter effettuare delle analisi sui risultati in quanto ci si aspetta che un aumento significativo dell'accelerazione comporti un graduale aumento di tutti i parametri cardiorespiratori.

CAPITOLO IV

Piattaforma per registrazione e consultazione dati

4.1 – Architettura del sistema

Nei capitoli precedenti, si sono esposti gli obiettivi principali dello studio CAnP focalizzato alla gestione dell'agitazione del paziente affetto da demenza, evidenziando come vi siano una moltitudine di parametri da monitorare per poter effettuare analisi e successive valutazioni sul grado di efficacia della realtà virtuale per il trattamento non farmacologico dei disturbi del comportamento associati a demenza. In tal senso, risulta determinante studiare un opportuno sistema di inserimento e raccolta dati che possa svolgere entrambe le azioni in maniera relativamente semplice. La scelta è ricaduta sulla realizzazione di una piattaforma locale che potesse interagire direttamente con un database esterno costruito in maniera specifica per poter conservare in determinati "comparti" i differenti parametri.

L'architettura alla base di tutta la piattaforma è visibile nella Figura 4.1. Il soggetto geriatrico, rappresentato nello schema dall'utente, risulta esser il punto d'inizio in quanto da lui verranno rilevati tutti i parametri. L'operatore interagisce direttamente sia con il paziente che con il client dove verranno inseriti tutti i dati per il popolamento del database. Prima della realizzazione vera e propria della piattaforma, resa accessibile mediante client, si son dovuti scegliere gli strumenti principali come editor di testo, tool per l'implementazione di specifici elementi e browser.

L'editor di testo rappresenta il software tramite il quale vengono scritti gli script e nello specifico si è deciso di utilizzare Visual Studio Code in quanto rispondeva a delle esigenze generali come la capacità di evidenziare la sintassi del linguaggio, rendendo il codice sorgente più leggibile, e l'auto completamento di comandi che si stanno digitando.

In riferimento al client, esso rappresenta il canale attraverso il quale riusciamo a visionare tutte le azioni indicate tramite l'editor con particolare attenzione ad alcuni aspetti come tempi di caricamento e rendering della pagina (fase in cui il browser interpreta i documenti HTML e visualizza a schermo testo, impaginazione, stile e immagini), processi da minimizzare per far sì che l'applicazione risulti il più gradevole possibile.

Ad oggi esistono molteplici browser che garantiscono performance ottimali con la possibilità di proporre i contenuti su differenti tipologie di device (ad esempio: mobile, large screen, desktop). Nel caso in esame, si è deciso di utilizzare il browser web Google Chrome finalizzato alla visualizzazione del lavoro su desktop tramite l'indirizzo in locale "http://localhost/progetti/CAnP_2.php".

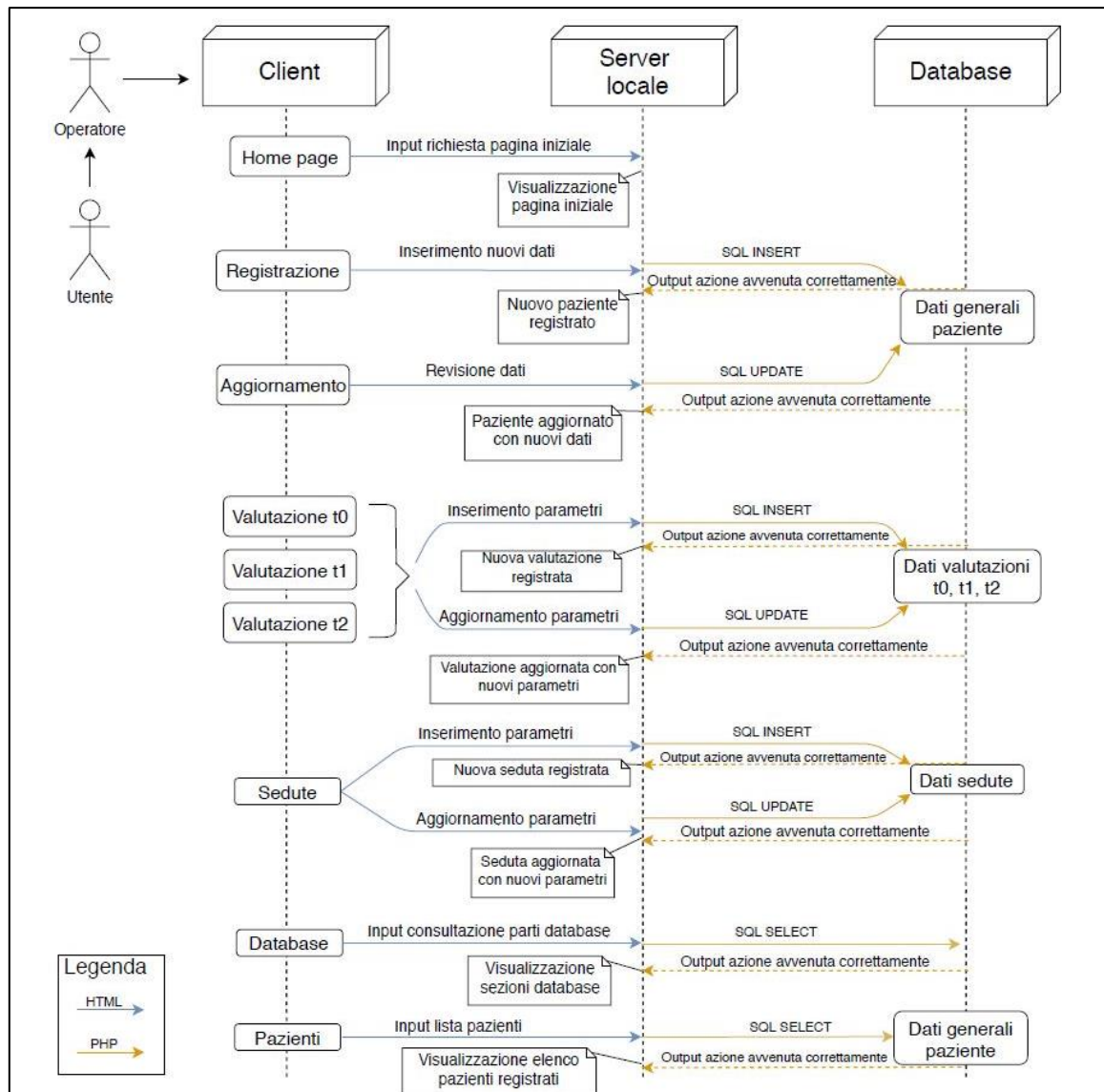


Figura 4.1: Architettura del sistema

Si è accennato come il client rappresenti l'elemento iniziale e fondamentale attraverso il quale l'operatore si interfaccia con tutta la piattaforma. Infatti, attraverso questo canale, suddiviso in differenti parti relative alle sezioni di cui si compone il trial sperimentale, si ha la possibilità di interagire ed effettuare azioni attraverso specifici input consentendo non solo l'inserimento diretto di dati ma anche la revisione e la consultazione di specifiche voci direttamente attraverso la pagina del client locale senza doversi relazionare con la banca dati.

Dalla Figura 4.1 è possibile visionare le differenti parti di cui si compone il trial. Ogni sezione è stata realizzata attraverso un documento del tipo HTML: acronimo di HyperText Markup Language, rappresenta un linguaggio di markup attraverso il quale si indica la disposizione di elementi all'interno di una pagina.

Ogni file HTML si compone essenzialmente di due parti distinte: una parte superiore definita "head" e una parte più centrale denominata "body". All'interno del tag *head* sono contenuti tutte le informazioni utili alla gestione e all'intestazione della pagina, comprendendo le informazioni di controllo che non sono direttamente visualizzate dal browser ma che, comunque, consentono la corretta visione dell'interfaccia; nel *body*, invece, sono inseriti tutti i contenuti e le relative targhette (ad esempio testi, immagini, menu a tendina) che saranno poi resi disponibili a video. A loro volta, questi tag appena descritti sono contenuti all'interno di un tag più generale del tipo *html* attraverso il quale si definisce la lingua della pagina. Attraverso gli input presenti nella pagina verranno comunicate differenti azioni, le quali saranno gestite da un lavoro combinato sia da parte del server locale che interpreta le richieste e le rivolge direttamente alla banca dati, apportando le istruzioni impartite. In altre parole, il server rappresenta il luogo dove risiedono effettivamente i dati ma per poterci accedere è necessario richiederli attraverso input situati nel client.

4.2 – Struttura del database

L’inserimento dei dati rappresenta un punto fondamentale per la validazione del trial stesso considerando che la perdita di un dato potrebbe compromettere l’analisi e le valutazioni finali circa gli obiettivi principali e secondari prefissati inizialmente. In questo senso, si è già discusso all’inizio di questo lavoro la necessità di doversi affidare ad opportuni software per la gestione di database che possano preservare l’integrità dei dati e allo stesso tempo fornirli in maniera organizzata, azione resa disponibile, in questo progetto, mediante l’utilizzo di XAMPP con la possibilità di avere un application server capace di interpretare pagine web dinamiche.

Attraverso il pannello di controllo del software XAMPP, sarà possibile avviare i due moduli di riferimento per procedere alla creazione vera e propria del database: Apache, web server capace di gestire le richieste comunicategli dal client, e MySQL, sistema open source utilizzato per la manipolazione delle banche dati attraverso linguaggio d’interrogazione SQL.

Una volta avviati i moduli tramite il pulsante “Actions”, essi compariranno di colore verde e verranno assegnati automaticamente delle porte d’accesso necessarie per una corretta comunicazione tra le differenti parti.

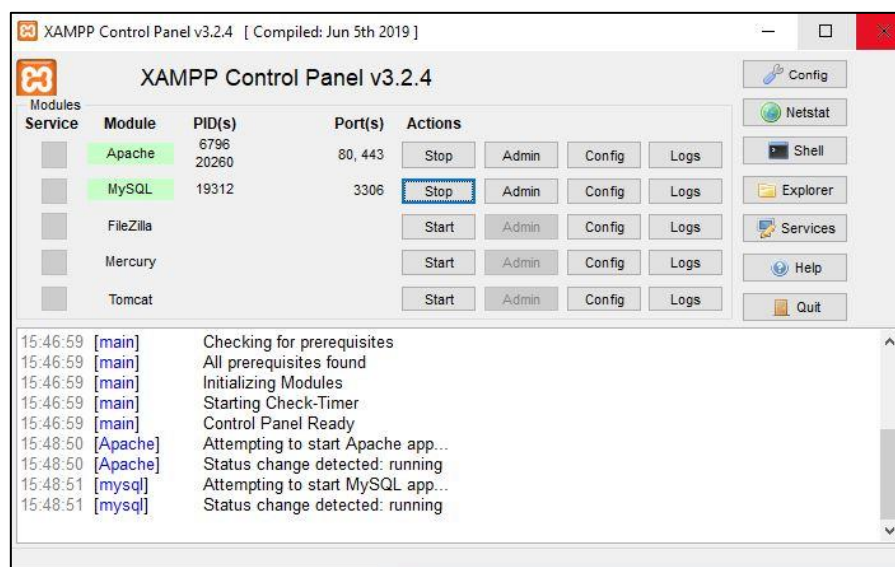


Figura 4.2: Pannello di controllo XAMPP, attivazione moduli Apache e MySQL

Attraverso il pulsante “Admin” ci si sposta direttamente nella pagina phpMyAdmin dove è possibile gestire ed effettuare azioni sul database.

La pagina si apre fornendo subito la possibilità di creare una nuova banca dati inserendo un nome specifico il quale dovrà esser sempre tenuto in considerazione nel linguaggio d'interrogazione SQL per poter creare la giusta connessione tra client-server-database. Successivamente, si è reso necessario suddividere la banca dati in relative parti destinate ognuna a contenere le informazioni derivanti dalle differenti sezioni del trial sperimentale, promuovendo, quindi, una consultazione più agevole e strutturata evitando che tutte le voci comunicate venissero inserite nel medesimo comparto.

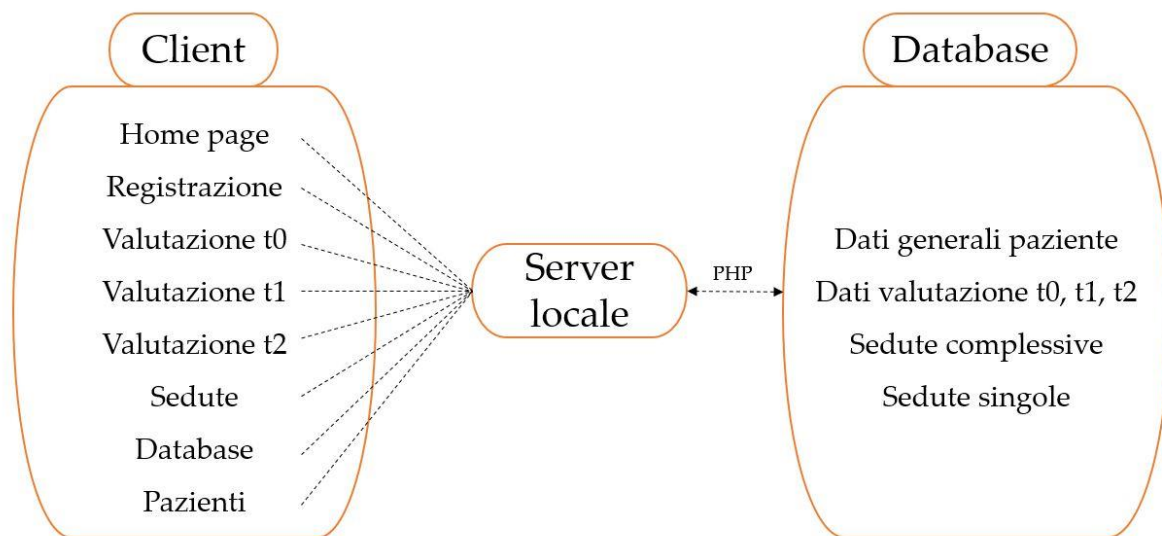


Figura 4.3: Processo logico d'interazione tra client e database attraverso server locale

Come è possibile notare sia dalla Figura 4.1 che dalla Figura 4.3, la comunicazione vera e propria tra server locale e banca dati avviene mediante un linguaggio specifico di tipo php. Con tale estensione si intende un linguaggio atto allo scripting server-side, ovvero un codice capace di eseguire le informazioni contenute nello script, elaborarle e restituire un risultato al client che ha effettuato l'input. In generale, ogni azione che viene eseguita sul web coinvolge sia un client che un server; con il termine client si indica un dispositivo (nello studio qui riportato: Google Chrome) capace di effettuare richieste ad un server. Il server locale, attraverso codici impartiti mediante script php, interpreta le differenti richieste comunicando con il database nelle differenti parti di cui si compone ed invia una risposta al client, capace a sua volta di interpretare le risposte ricevute e di trasmetterle all'utente mediante pagina HTML.

All'interno della pagina phpMyAdmin citata precedentemente si ha la possibilità di poter organizzare ogni database in maniera differente a seconda del numero e della tipologia di dati che si vogliono archiviare. Ogni "sotto database" può esser paragonato ad una vera e propria tabella dove le colonne identificano i parametri dei quali si è interessati, mentre ciascuna riga corrisponde ad un paziente specifico. Ciascuna parte può esser settata in maniera differente potendo contare tra molteplici tipologie di dati come numero intero, numero decimale, numero reale, semplice data oppure data e ora, binario, stringa di caratteri a lunghezza variabile o fissa con il vantaggio, quindi, di specificare preventivamente la tipologia di dato che si vuole inserire all'interno del database evitando, così, che una voce venga mal gestita dal sistema.

Caratteristiche	Definizione
<i>Nome dato</i>	Attribuzione di uno specifico nome al dato. Elemento fondamentale per distinguere le differenti colonne all'interno del database
<i>Tipologia</i>	Possibilità di poter selezionare la tipologia di dato scegliendo tra numerico, stringa, data-ora o spaziale
<i>Lunghezza valori</i>	Definizione di un numero massimo di caratteri attribuibile al dato
<i>Codifica caratteri</i>	Componente fondamentale per poter inserire specifici caratteri e per poter ottimizzare la lettura su memoria
<i>Indice</i>	Possibilità di poter decretare la priorità di un dato potendo scegliere tra parametro unico oppure primario
<i>Nulla</i>	Opzione che consente alla voce selezionata di poter acquisire il valore nullo
<i>Incremento automatico</i>	Generalmente utilizzato per gli ID, indica un aumento automatico del valore attribuito alla voce nel momento in cui avviene la registrazione

Tabella 2: Proprietà specifiche attribuibili ai parametri all'interno della struttura del database

Ulteriore aspetto rilevante da non sottovalutare è la codifica dei caratteri ovvero l'attribuzione di un determinato codice che associa un insieme di caratteri ad un insieme di altri elementi. Nello specifico, si è deciso di implementare la codifica di tipo "utf8_general_ci" in grado di utilizzare da uno fino a quattro byte per rappresentare un carattere Unicode con la caratteristica di esser relativamente più veloce, soprattutto su sistemi non molto performanti, occupando meno spazio in memoria rispetto ad altri sistemi di codifica.

4.3 – Dataset

Il dover suddividere il database generale in più componenti risponde ad una necessità di raccolta dati molto ampia. Infatti, ogni scena di cui si compone lo studio richiede una considerazione di molteplici parametri di natura differente tra di loro i quali combinati, confrontati ed analizzati permettono di poter effettuare delle valutazioni circa la fattibilità di intervento della realtà virtuale per la gestione non farmacologica del paziente affetto da demenza. La raccolta dati sarà destinata al personale medico e avverrà in maniera strutturata mediante semplice intervista e compilazione di specifiche scale validate. In generale, il dataset comprenderà valutazioni inerenti sia la sfera cognitiva che funzionale del paziente geriatrico, considerando anche aspetti indiretti come qualità della vita, la farmacoterapia, il carico assistenziale da parte del caregiver senza trascurare misurazioni atte a quantificare il livello d'agitazione del soggetto.

Criteri di inclusione

Prima di poter sottoporre il paziente geriatrico al trial sperimentale, è opportuno rilevare dei criteri che consentano in maniera del tutto oggettiva l'ammissione o meno del soggetto al progetto. In riferimento ai criteri d'inclusione si sono considerati fattori come:

- *Età*: rappresenta uno dei primi parametri d'interesse tenendo presente che, lo studio proposto si basa su disturbi neuro cognitivi che si verificano in maniera apprezzabile con l'avanzamento dell'età. Per questo motivo, risulta rilevante che il soggetto presenti un'età superiore ai 75 anni;
- *MMSE*: acronimo del termine inglese Mini-Mental State Examination (Folstein M.F, 1975), consiste in un test neuropsicologico per la valutazione dei disturbi dell'efficienza intellettuale e del deterioramento cognitivo. Si compone di circa trenta item che il medico sottopone al paziente svariando su sette aree cognitive differenti come: orientamento temporo-spaziale, memoria, attenzione e calcolo, rievocazione, linguaggio, capacità di svolgere correttamente azioni su comando (Tombaugh TN, 1992). Al fine del test viene attribuito un punteggio compreso tra un minimo di 0 e un massimo di 30: una valutazione inferiore a 18 indica una grave compromissione delle abilità cognitive, tra 18 e 24 una compromissione da moderata a lieve, un punteggio di 25 è considerato borderline, da 26 a

30 indica una abilità cognitiva normale. Nel caso studio in esame, si è deciso di reclutare pazienti che presentassero un punteggio minore di venti, in modo da valutare l'efficacia del trial direttamente con soggetti che presentino disturbi moderati/severi;

- *CDR*: parametro utilizzato per quantificare la gravità della demenza. La Clinical Dementia Rating (C. P. Hughes, 1982) consiste in una valutazione delle performance cognitive e funzionali in aree specifiche come la memoria, l'orientamento, il giudizio, attività sociali, tempo libero e cura della persona. A ciascuna di queste aree viene attribuito un punteggio che viene ulteriormente combinato per ottenere una valutazione finale che può variare da 0 (paziente normale) a 3 (demenza grave). Il criterio d'inclusione accettabile per il trial prevede che il CDR sia almeno maggiore di 1 (demenza lieve);
- *CMAI*: definito anche come mappa di Cohen, la Cohen-Mansfield Agitation Inventory (J. Cohen-Mansfield, 1986) ha lo scopo di individuare i sintomi dell'agitazione e di stabilirne la frequenza. Risulta esser un parametro fondamentale poiché da studi è emerso come vi sia una stretta correlazione tra i disturbi comportamentali (spesso identificati col termine BPSD: Behavioral and Psychological Symptoms in Dementia) e il grado di deficit funzionale (J. Cerejeira, 2012). Il questionario si compone di 29 item valutati su di una scala a sette punti (da "mai" fino a "diverse volte all'ora") dove la condizione minima accettabile per il trial è una valutazione maggiore di 14;
- *Capacità di risposta*: ultimo parametro richiesto come criterio d'inclusione. Al paziente vengono rivolte semplici domande di carattere generale al fine di testare la capacità di fornire informazioni adeguate. Nel caso in cui il paziente mostri difficoltà d'espressione, le domande verranno rivolte al caregiver cercando, laddove sia possibile, di coinvolgere comunque il paziente nelle risposte.

Criteri di esclusione

Affinché il soggetto possa vivere nel migliore dei modi l'esperienza e salvaguardare la sua salute, è opportuno monitorare alcuni aspetti patologici che potrebbero alterare o, nel peggiore dei casi, compromettere lo stato fisiologico del paziente. Per tale ragione, son stati scelti alcuni delle disfunzioni più frequenti e disabilitanti e la sola presenza di una di queste voci esclude la partecipazione del soggetto al trial sperimentale. I criteri d'esclusione comprendono stati di:

- *Psicosi*: si intende una severa alterazione dell'equilibrio psichico dell'individuo con grave disturbo della salute mentale con possibilità di perdita di ogni contatto con la realtà amplificata dall'insorgenza di illusioni e allucinazioni;
- *LBD*: generalmente definita come demenza a corpi di Lewy (Lewy Body Dementia) (Hans Föörstl, 1991) rappresenta la terza forma di demenza più diffusa al mondo. Come la maggior parte di queste malattie, si verifica una degenerazione a livello neurologico dell'encefalo con la perdita progressiva delle funzioni esecutive, della capacità di ragionamento, di concentrazione e disturbi severi a livello motorio;
- *Ipovisus*: parametro che è strettamente legato all'età e rappresenta una condizione di acutezza visiva molto limitata con l'impossibilità, quindi, di poter avere una visione pulita e nitida dell'esperienza virtuale;
- *Ipoacusia*: molto simile alla voce precedente, ma in questo caso ad esser coinvolto è il sistema uditivo. Infatti, l'ipoacusia consiste in un progressivo abbassamento dell'udito che può arrivare fino alla perdita completa e può interessare un solo orecchio (ipoacusia monolaterale) oppure tutte e due (ipoacusia bilaterale). Risulta facile comprendere come anche questo aspetto sia un elemento altamente invalidante non permettendo al soggetto di poter udire i suoni provenienti dall'applicativo limitando fortemente l'esperienza virtuale;
- *Sindrome vertiginosa*: rappresenta una distorsione della percezione sensoriale dell'individuo capace di influire negativamente sul movimento con conseguente perdita dell'equilibrio.

Una volta definita la possibilità di partecipazione del soggetto al progetto CAnP, seguirà una fase di intervista da parte del personale medico sia al paziente geriatrico che al caregiver in modo tale da raccogliere informazioni anagrafiche generali.

Parametri valutazioni t0, t1, t2

Come già descritto in precedenza, risulta fondamentale monitorare la variazione di alcuni parametri precedentemente descritti e inserirne di nuovi per poter valutare il grado d'efficacia della sperimentazione nel corso del tempo. Per tale ragione, nella valutazione iniziale (t0), al termine del trattamento non farmacologico (t1) e ad un mese di distanza dalla fine del trial (t2) si è deciso di effettuare delle valutazioni inerenti allo stato cognitivo, allo stato funzionale, all'agitazione, alla qualità della vita del paziente e alla situazione clinica.

Per quanto concerne la quantificazione dello stato cognitivo i parametri presi in considerazione sono gli stessi precedentemente trattati (MMSE, CDR) e per questo non verranno ulteriormente approfonditi.

Una definizione canonica dello stato funzionale del paziente è rappresentata dal grado di autonomia fisica, intesa sia in termini fisiologici di mantenimento delle funzioni biologiche vitali sia in termini di semplici azioni atte alla cura della propria persona. Per poter avere un quadro generale relativo alle capacità funzionali residue, vengono considerate due scale:

- *ADL*: le attività di vita quotidiana (Activities of Daily Life) vengono spesso utilizzate come metro di misurazione delle condizioni funzionali. La scala di valutazione (S. Katz, 1963) si compone di sei attività quotidiane che spaziano dal vestirsi, al lavarsi fino allo spostamento motorio e al nutrirsi; a seconda dell'autonomia con il quale il soggetto è capace di compiere le differenti azioni, viene attribuito un punteggio da 0 a 1 che concorre alla formazione della valutazione finale che può avere un valore massimo pari a 6;
- *IADL*: acronimo del termine inglese Instrumental Activities Daily Living (M. P. Lawton, 1969), rappresenta una scala dove vengono presi in considerazione otto parametri relativi a differenti attività come la capacità di usare un telefono, di fare la spesa, di prendere mezzi di trasporto o di saper utilizzare il denaro. Per ognuna di queste azioni viene attribuito un punteggio in relazione al grado di autonomia considerando anche la

possibilità di non applicabilità. Al termine della valutazione, viene effettuata la somma totale dei singoli punteggi definendo una dipendenza totale se il valore finale è pari a zero oppure un'autonomia totale se il valore finale è pari a 8.

In riferimento alla sfera dell'agitazione, si è scelto di considerare tre parametri che restituiscano una valutazione più generale dello stato d'agitazione e della frequenza con cui gli scompensi comportamentali si verificano. Uno dei tre parametri è rappresentato dall'indice CMAI precedentemente trattato; il secondo dato fa riferimento alla possibilità di quantificare, in termini di ore al giorno, la persistenza dell'agitazione ovvero nell'arco di una giornata quante ore il paziente presenta stati d'agitazione più marcati. La terza valutazione è inerente all'indice:

- *PSQI*: sigla di Pittsburgh Sleep Quality Index (DJ Buysse, 1989), definisce una scala di autovalutazione con lo scopo di fornire una valutazione affidabile, valida e soprattutto standardizzata della qualità del sonno individuando le differenti tipologie di sonno e i relativi fattori che possono comprometterne la qualità. Il test si compone di 19 item raggruppati in sezioni inerenti alla qualità soggettiva del sonno, alla latenza di sonno, alla durata del sonno, ai disturbi del sonno e all'uso di farmaci ipnotici. Alla fine della valutazione, un punteggio relativamente alto indica una maggiore compromissione del sonno con frequenti disturbi specifico di cattivi dormitori.

Un ulteriore parametro utilizzato per il monitoraggio della qualità della vita è rappresentato dalla scala:

- *EQ-5D-5L*: costituisce uno strumento capace di misurare la qualità della vita attraverso un questionario standardizzato per la misura della Health-Related Quality of Life (HRQL). Si compone di due differenti sezioni: la prima è una valutazione soggettiva riguardante cinque differenti campi (movimento, cura personale, attività quotidiane, dolore/fastidio e ansia/depressione) con la possibilità di scegliere risposte graduate da un minimo di uno (nessun problema) fino ad un massimo di tre (estrema limitazione). L'aggregazione delle risposte identifica un numero a cinque cifre che rappresenta lo stato di salute del paziente. La seconda sezione, invece, include una valutazione grafica mediante una scala graduata che parte da zero (peggior stato di salute) fino ad un massimo di cento (miglior stato di salute).

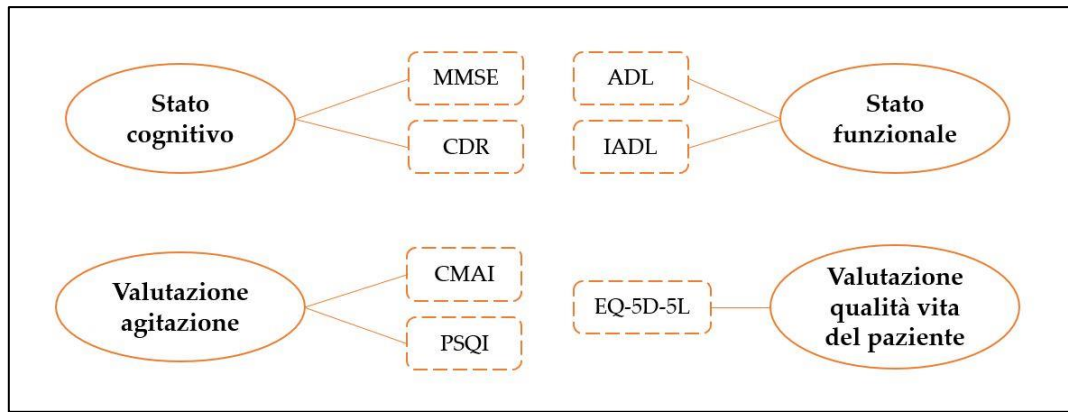


Figura 4.4: Scale di valutazione riferite alle differenti sfere di valutazione

Per poter valutare la storia clinica del paziente, è necessario basarsi sull'uso o meno di farmaci e le dosi che eventualmente vengono somministrate con la possibilità, così, di poter monitorare eventuali modifiche. In questo modo, all'interno delle singole valutazioni vi è una sezione dedicata al trattamento farmacologico del soggetto geriatrico focalizzandosi sulle classi di farmaci maggiormente utilizzati (esempio: antidepressivi, anticolinesterasici, antipsicotici, sedativo-ipnotici, benzodiazepine oppure analgesici) individuando, in maniera specifica, il relativo principio attivo e la posologia somministrata.

Infine, vi è un'ultima sezione destinata al caregiver, termine anglosassone che identifica un soggetto che si prende cura di una persona con patologie tali da renderla non più in grado di soddisfare i propri bisogni in maniera autonoma. Risulta fondamentale, quindi, inserire all'interno delle valutazioni dei parametri che riflettano sia sulla qualità della vita e del benessere psicologico del caregiver sia considerare la percentuale di tempo, nell'arco della giornata, che il professionista deve dedicare al paziente geriatrico. Nel caso in cui il trial sperimentale presenti una certa validità ed efficacia nel trattamento degli stati d'agitazione, è plausibile supporre di riscontrare dei risultati positivi anche in termini di minor fatica nella gestione giornaliera del paziente patologico. Il carico assistenziale viene quantificato attraverso la scala:

- **CBI:** la scala Caregiver Burden Inventory (M. Novak, 1989) rappresenta una valutazione multidimensionale capace di offrire una visione completa del carico assistenziale percepito dal caregiver con la possibilità di indagare differenti aspetti della propria vita. Il questionario è composto da una serie di domande suddivise in cinque sezioni relative

al carico oggettivo, evolutivo, fisico, sociale ed emozionale. Ad ogni domanda è possibile attribuire un punteggio minimo di zero fino ad un massimo di quattro; la valutazione finale può variare da un minimo di zero, identificando assenza di stress, fino ad un massimo di 100, evidenziando un livello di stress elevato.

Parametri seduta

Le scale appena descritte risultano esser utili per studiare le variazioni dei punteggi attribuiti alle differenti scale al variare degli stage temporali. Nella sezione precedente dedicata al monitoraggio dei parametri fisiologici durante la seduta, si è descritto come risulti determinante valutare le fluttuazioni di tali indici per poter effettuare delle considerazioni del tutto oggettive basandosi su analisi statistiche coinvolgendo funzioni in grado di rilevare massimo, minimo, deviazione standard, media e mediana.

Oltre a tali informazioni, vi è però la necessità di considerare ulteriori dati soprattutto in relazione alle sedute che il paziente geriatrico deve effettuare per un numero totale pari a sedici. Anche in questo caso, vengono trascritti alcune informazioni generali come l'accompagnatore presente, la durata complessiva della seduta, la fattibilità dell'intervento in termini di compliance. All'interno di ogni singola seduta, la consultazione e la rilevazione dei dati corporei non possono esser considerati del tutto esaustivi. Infatti, risulta determinante considerare ulteriori voci che dessero spazio e interpretazione alla comunicazione non tradizionale del paziente geriatrico durante le sedute, con la possibilità di evidenziare la comparsa di potenziali effetti collaterali derivanti dall'uso delle realtà virtuale.

Di particolare interesse è valutare la comunicazione di tipo non verbale soprattutto nelle scene relative alla stanza multisensoriale e all'ambiente naturale; infatti, è proprio all'interno di queste scene che il paziente riceve degli stimoli che potrebbero incentivare aspetti come il rilassamento o aumentare l'interazione derivante dal virtual wall.



Figura 4.5: Tipologie di comunicazione non verbale prese in considerazione all'interno della seduta

Nello specifico, si è deciso di valutare all'interno del dataset il grado di rilassamento monitorando il comportamento del soggetto e attribuendo stati d'agitazione e irrequietezza se il soggetto continua a muoversi e a tentare di alzarsi dalla sedia; viceversa, la tendenza a socchiudere gli occhi o, semplicemente, ad accavallare le gambe saranno indici di un elevato livello di rilassamento.

Il coinvolgimento personale rappresenta un ulteriore parametro non verbale rilevante e identifica come i differenti input vengono ricevuti e ricollegati dal paziente ad esperienze personali: ci si ritroverà nel caso in cui il soggetto pare sia completamente assente oppure la visione e/o l'ascolto di un elemento all'interno dell'esperienza virtuale gli fornisca l'input per poter iniziare a parlare e a raccontare qualcosa del proprio passato. Infine, le interazioni derivanti dall'input sonoro e visivo rappresentano l'interesse che questi canali riescono a suscitare nel soggetto geriatrico, inducendo comportamenti del tutto passivi nel peggiore dei casi oppure atteggiamenti propositivi come chiedere informazioni, fischiettare o commentare le immagini se il grado di interazione è massimo.

Per poter al meglio comprendere come il paziente geriatrico percepisca la tecnologia innovativa fino a qui presentata, alla fine di ogni seduta vengono valutati alcuni indici inerenti a potenziali effetti collaterali come nausea, vertigini, confusione, paura, tristezza generale e il livello di gradimento dello strumento.

In particolare, l'approvazione verso la realtà virtuale non immersiva viene valutata mediante la costruzione di una scala di Likert (A. Joshi, 2015): ideata dallo psicometrico americano Rensis Likert nel 1932, rappresenta uno strumento atto alla misurazione di opinioni e atteggiamenti e si basa su una serie di item finalizzati ad attribuire un punteggio maggiore ad alti livelli di gradimento.

Gradibilità dello strumento (scala di Likert)			
4	3	2	1
Molto	Discretamente	Poco	Per nulla

Figura 4.6: Esempio scala di Likert relativa all'approvazione della VR

4.4 – Interfaccia grafica

L'interfaccia grafica rappresenta lo strumento principale attraverso il quale l'operatore esegue le differenti azioni operando indirettamente con la banca dati. Infatti, come è stato illustrato nell'architettura del sistema il client, suddiviso nelle differenti sezioni, è in grado di ricevere i dati assegnati dall'utente mediante tastiera e comunicarli, attraverso specifici codici, alle differenti parti di cui si compone il database. Nella figura sottostante, invece, si fornisce una visione generale del processo logico ed operativo dell'interfaccia con particolare attenzione ai protagonisti e alle parti con la quale possono relazionarsi. È possibile notare come gran parte delle azioni vengono effettuate direttamente dall'operatore tecnico il quale è responsabile prevalentemente dell'utilizzo della piattaforma nelle differenti parti e dell'inserimento dei dati. Quest'ultimi sono comunicati dal personale medico il quale, inizialmente, esegue un'analisi pre-trial per informarsi circa sui dati anagrafici generali del paziente e successivamente effettua valutazioni della sfera cognitiva e funzionale ricorrendo a scale diagnostiche specifiche. Il paziente, invece, non entrerà mai a contatto con la piattaforma ma sarà soltanto destinato alla visione dell'applicativo.

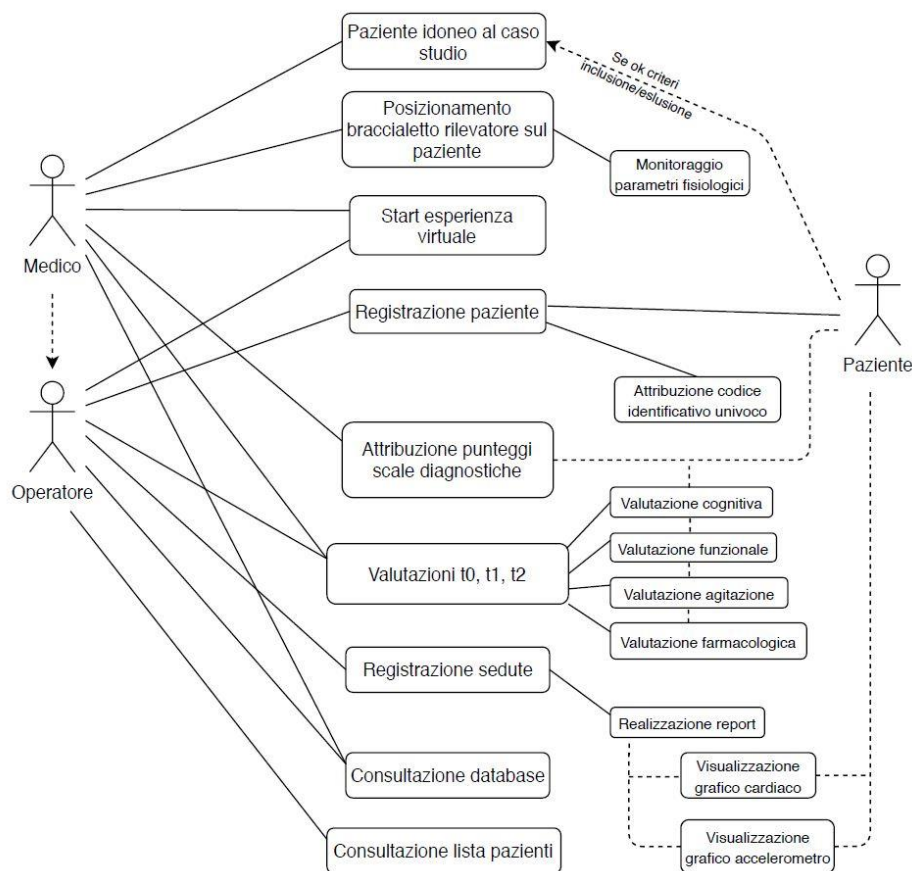


Figura 4.7: Processo logico e operativo dell'interfaccia

Per conferire un aspetto migliore all'interfaccia con una struttura capace di differenziarsi a seconda degli input, è stato necessario utilizzare un tema che potesse personalizzare l'intera piattaforma realizzata mediante codici HTML, discussi in parte precedentemente. All'interno del file HTML si sono andati a definire la tipologia di elementi in gioco identificabili attraverso tag specifiche (contenute tra i segni < >), stabilendo eventuali legami con ulteriori documenti. Per la fase di personalizzazione si è deciso di utilizzare Bootstrap: sito composto da una raccolta di strumenti liberi sia per la tipografia che per differenti componenti dell'interfaccia (pulsanti, moduli, elementi per la navigazione).

Una volta definito il tema da utilizzare che fosse il più adatto possibile alle differenti istruzioni ("<https://startbootstrap.com/themes/resume/>") si è reso necessario importare nelle sezioni head e body gli script e i link relativi al template, ottenendo in questo modo uno scheletro di base su cui progettare le differenti parti.

La pagina principale della piattaforma, visibile nella Figura 4.6, si presenta sulla sinistra con un menu comprendente sia le fasi principali di cui si compone il trial che altre due voci relative al database e alla lista pazienti. Una caratteristica principale del menu è quella di esser dinamico, ovvero nel momento in cui si clicca sulla relativa voce automaticamente vi è lo scorrimento della pagina fino alla sezione desiderata, azione resa possibile poiché ad ogni item presente sul client viene attribuito un nome identificativo specifico e attraverso opportuni tag di richiamo vi è la possibilità di effettuare dei collegamenti tra le differenti parti.

Un elemento finora non menzionato ma di fondamentale importanza è lo style in cui risiede la funzione di accogliere il codice CSS (Cascading Style Sheets), ovvero un foglio di stile dove vengono stabilite le regole di formattazione relative al font, ai colori e alle dimensioni del testo. Tale tag viene incluso all'interno dell'header della pagina e nello specifico è stato implementato per poter inserire in maniera corretta con opportune istruzioni sia il logo relativo al progetto CAnP che uno sfondo raffigurante una scena del trial sperimentale riportante, per intero, il titolo dello studio accettato dal comitato tecnico interaziendale.



Figura 4.8: Home page piattaforma per la raccolta ed inserimento dati Progetto CAnP

Sezione registrazione e aggiornamento dati generali

La parte iniziale del trial prevede la registrazione del paziente, interazione resa possibile mediante la voce “Registrazione” del menu. Volendo entrare più nel dettaglio, la pagina relativa all’inserimento di un nuovo paziente all’interno del trial è stata progettata come una vera e propria compilazione di un form. Infatti, il tag di riferimento *form* è quello che ha permesso una configurazione e una disposizione organizzata dei differenti oggetti, garantendo una suddivisione all’interno della stessa pagina delle zone riferite ai criteri di inclusione, esclusione, dati generali riferiti al paziente e quelli relativi al caregiver. È proprio in questa prima pagina che risulta necessario richiamare i criteri d’inclusione ed esclusione precedentemente trattati affinché si abbia la certezza che la registrazione del paziente avvenga a seguito di un’attenta analisi su eventuali criticità patologiche e che rispetti determinati requisiti d’ammissione.

Per poter eseguire una configurazione strutturata dei diversi item, è necessario richiamare degli specifici tag che consentano di ritagliare all’interno della pagina uno spazio nel quale inserire differenti input. Il più diffuso è il *div* che consente di raggruppare i contenuti con la caratteristica di poterli facilmente collocare attraverso l’attributo *class*, predisponendoli sulla stessa riga oppure su righe differenti a seconda del layout.

Nella figura 4.7 si è riportato una porzione di script e la visualizzazione a video del form inerente alle informazioni preliminari del paziente.


```

<!-- Sezione dati PAZIENTE -->

<div class="mb-3">
  <div class="resume-content">

    <u><div class="text-secondary mb-3">Dati generali relativi al paziente:</div></u>

    <div class="form-inline mb-3 bg-white text-dark font-weight-bold justify-content-between">
      <p class="">Cognome:
        <span class="">
          <input type="text" name="Cognome_box" placeholder=" Cognome" class="">
        </span>
      </p>

      <p class="">Nome:
        <span class="">
          <input type="text" name="Nome_box" placeholder=" Nome" class="col-sm-9">
        </span>
      </p>

      <p class="col-sm-3">Età:
        <span class="">
          <input type="number" name="Età_box" placeholder="Età" class="col-sm-7">
        </span>
      </p>
    </div>
  </div>
</div>

```

Dati generali relativi al paziente:

Cognome: **Nome:** **Età:**

Figura 4.9: Parte di script relativo alla composizione del form per la registrazione del paziente e relativa visualizzazione sul client

Nella stesura del form ogni item sarà caratterizzato da una tipologia di risposta differente che potrà svariare dall’inserimento di un semplice testo o di un numero fino alla scelta di una risposta da un classico menu a tendina. Questo aspetto si ricollega alla definizione dei dati all’interno del database discusso nel paragrafo 4.2, dove vi è la necessità che ci sia una congruenza tra la tipologia di parametro scelto nella costruzione della banca dati con la tipologia di input inserita nel file HTML.

Una volta compilati tutti i campi relativi alla registrazione, si dovranno inviare tali informazioni al database in modo che, ad esempio, la stringa inserita nel box del cognome del soggetto venga comunicata e trascritta nella colonna specifica della tabella relativa ai dati generali del paziente. Per mettere in atto tale azione, è richiesto l’inserimento di un pulsante con istruzione di invio dati tale da poter trasmettere le informazioni acquisite mediante la compilazione del form e comunicare l’apertura di un’ulteriore pagina di tipo php, responsabile della connessione diretta con il database.

Il ragionamento logico alla base della comunicazione tra client-server-database è stato già trattato nel paragrafo 4.2 e inoltre si è già descritto come l'inizio della comunicazione avvenga nel momento in cui si clicchi sul pulsante posizionato alla fine del form. Volendo entrare più nel dettaglio, lo step successivo coinvolge direttamente il codice php dove, anche in questo caso, è necessario utilizzare specifici tag di apertura (`<?php`) e chiusura (`?>`) senza i quali l'interprete del codice php non è in grado di eseguire lo script contenuto all'interno di questi simboli. La presenza di tale segnaletica non è da sottovalutare in quanto consente di poter implementare le richieste in php direttamente all'interno della pagina HTML, rendendo la pagina web dinamica.

Prima di poter comunicare direttamente con il database, è necessario che tutti i box compilati tramite form vengano salvati in variabili all'interno del codice php. Per poter eseguire tale azione vengono utilizzate le *filter function* riportate in parte nella Figura 4.10, ovvero delle funzioni capaci di filtrare le informazioni provenienti dall'elemento racchiuso tra semplici virgolette (") richiamando direttamente il nome specifico dell'item inserito all'interno del tag *div* della pagina HTML precedentemente trattato, salvando il parametro filtrato in una variabile contrassegnata mediante il simbolo del dollaro.

Codice PHP

```
$cognome = filter_input(INPUT_POST, 'Cognome_box');  
$nome = filter_input(INPUT_POST, 'Nome_box');  
$età = filter_input(INPUT_POST, 'Età_box');
```

Figura 4.10: Salvataggio variabili tramite filter function in script php

Successivamente, si ha la necessità di creare la connessione diretta tra client e database passando attraverso il server locale. Tale azione viene realizzata mediante brevi linee di codice riportate in Figura 4.11. L'operazione prevede la definizione di alcune variabili: l'host rappresenta l'indirizzo della macchina dove viene installato il database e può contenere l'indirizzo IP oppure, come nel caso qui trattato, il nome del server locale; l'username indica il nome dell'utente alla quale vengono concessi tutti i privilegi relativi ai comandi e di default viene impostato su root; per poter proteggere le connessioni è possibile impostare una

password d'accesso, opzione qui non adottata poiché l'interazione viene gestita direttamente da locale; infine, si rende necessario definire una variabile con il nome del database con la quale si desidera interagire.

La vera e propria connessione avviene attraverso la funzione *new mysqli* con il richiamo delle variabili definite precedentemente; nel caso in cui la connessione per un qualche motivo non avviene, la funzione restituisce *false* come output ed è possibile eseguire un controllo sull'esito della comunicazione tramite le ultime righe di codice riportate sempre in Figura 4.11, permettendo di poter evidenziare a video le motivazioni per la quale la connessione ha dato esito negativo.

```
$host = "localhost";
$dbusername = "root";
$dbpassword = "";
$dbname= "progetto_camp";

// Creazione connessione
$conn = new mysqli ($host, $dbusername, $dbpassword, $dbname);

if (mysqli_connect_error()){
    die('Errore di connessione ('. mysqli_connect_errno() .') '
        . mysqli_connect_error());
}
```

Figura 4.11: Script php utilizzato per la creazione della connessione con il database locale

Una volta instaurata la comunicazione sarà possibile effettuare delle operazioni sul database in uso attraverso il metodo query utilizzato nell'ambito informatico per interrogare la banca dati attraverso determinate operazioni.

Generalmente una query utilizza una tipologia di linguaggio interpretato rappresentato dallo standard SQL (Structured Query Language), vale a dire un linguaggio strutturato di interrogazione. È facile comprendere come esistano differenti tipologie di istruzioni riassumibili in: *query di selezione* attraverso il quale si ha la possibilità di selezionare specifici dati all'interno del database ed estrarli per visualizzarli in una nuova tabella; *query di accodamento* dove si consente l'aggiunta di elementi a tabelle già esistenti; *query di eliminazione* caratterizzata dalla cancellazione di uno o più record a seconda dei criteri che vengono inseriti

all'interno della query stessa; *query di creazione* dove è possibile alimentare i record di una nuova tabella direttamente tramite tale istruzione.

Nel caso relativo alla fase di registrazione del paziente al trial, si rende necessario comunicare i dati compilati attraverso il form al database specifico usufruendo di una query che si compone di una prima parte dove vengono identificate le colonne del database inerenti alla registrazione del paziente (*dati_generali_pazienti*) e di una seconda parte caratterizzata dal richiamo delle variabili con il simbolo del dollaro precedentemente dichiarate.

Nella figura sottostante si riporta, a titolo di esempio, una query parziale caratterizzata dall'invio dei soli dati del cognome, nome ed età del paziente alle rispettive colonne del database responsabile dell'archiviazione dei dati generali.

```
$sql = "INSERT INTO dati_generali_pazienti(Cognome, Nome, Età)
values ('$cognome', '$nome', '$età')";
if ($conn->query($sql)){
    echo "Dati registrati.";
}
else{
    echo "Errore: ". $sql ."<br>". $conn->error;
}
```

Figura 4.12: Script parziale riportante una query di accodamento e controllo sulla formattazione

A seguito del processo SQL visibile nella Figura 4.12, son state inserite poche righe di codice atte a verificare la corretta formattazione dello script con la possibilità di visionare direttamente su schermo la stringa riportante "Dati registrati." laddove tutto il processo abbia avuto esito positivo; viceversa, verrà visualizzata una stringa riportante il codice errore.

Nel momento in cui avviene la fase di registrazione, ad ogni singolo paziente viene attribuito automaticamente uno specifico codice identificativo (ID) che lo rappresenterà per tutto il processo di cura. A tale parametro viene attribuito un ruolo fondamentale poiché attraverso la selezione di un solo dato, per appunto l'ID, vi è la possibilità di richiamare specifici parametri ad esso collegati.

Questo ragionamento logico è alla base della sezione dedicata all'aggiornamento dei dati generali, presente come sottosezione della fase di registrazione accessibile mediante menu. Questa azione di aggiornamento dati è stata presa in considerazione valutando l'eventualità che, durante il colloquio preliminare, alcune informazioni potrebbero esser trascritte soltanto parzialmente. La sezione d'aggiornamento si presenta esattamente come quella relativa alla registrazione del soggetto con la possibilità in più di poter scegliere, attraverso un select a tendina, l'ID corrispondente al paziente del quale effettuare la revisione dei parametri. Automaticamente, grazie ad un codice Javascript implementato che verrà approfondito successivamente, tutti i box che compongono il form riporteranno i dati dell'ID selezionato inseriti nella fase di registrazione, con la possibilità sia di visionare quali voci siano state già inserite sia di apportare eventuali modifiche.

Con il termine Javascript si indica un linguaggio di programmazione Web lato client per la realizzazione di contenuti dinamici e interattivi mediante l'utilizzo di specifiche funzioni di script, richiamate direttamente dall'utente tramite azioni eseguite sulla pagina web. Uno degli aspetti sicuramente vantaggiosi risiede sia nella possibilità di poter implementare tale linguaggio direttamente all'interno del codice HTML, inserendo semplicemente una linea di codice all'interno del body, sia di esser un codice interpretato, ovvero un linguaggio che non richiede la compilazione ma l'esecuzione diretta. Con l'intento di fornire una visione più semplificata e riassuntiva del processo logico ed applicativo del linguaggio Javascript utilizzato per la creazione di componenti dinamiche all'interno della piattaforma, si è creata una tabella riassuntiva contenente le principali funzioni utilizzate.

	<i>windows.onload</i>	<i>.onchange</i>
Descrizione	Funzione disposta a eseguire il contenuto ogni qualvolta si esegue un ricaricamento della pagina	Funzione atta ad eseguire il contenuto a seguito di un cambiamento dell'item alla quale viene associata
Contenuto	Apertura documento php in cui si è inserito un codice SQL realizzato per selezionare tutti gli ID già registrati	Verifica che l'elemento selezionato non sia nullo, salvataggio dell'ID scelto e invio del parametro a documento php
Output	Vettore contenente i codici identificativi dei pazienti che hanno già sostenuto la fase di registrazione	Visualizzazione tramite console del codice identificativo

- Ricezione dell'ID selezionato e salvataggio in specifica variabile;
- Creazione connessione database;
- SQL con *select* di tutti gli elementi provenienti da database dati generali con ID uguale al dato salvato precedentemente;
- Ciclo *while* con funzione *fetch_assoc* per prelevare le voci selezionate all'interno di un array associativo richiesto per la trascrizione vera e propria delle stringhe selezionate nelle relative voci del form.

Tabella 3: Tabella riassuntiva delle funzioni Javascript utilizzate con focus sul processo pratico utilizzato

Volendo entrare più nel particolare, una delle componenti principali utilizzate è la *window.onload* capace di far eseguire tutte le istruzioni contenute all'interno di tale funzione ogni qualvolta che la pagina web viene caricata. All'interno di tale funzione, avviene uno dei primi collegamenti diretti con un documento php responsabile in questo caso di restituire come output un vettore contenente il numero di ID già presenti all'interno del database, azione resa possibile mediante una semplice query di selezione visibile nella Figura sottostante.

```
<?php

$host = "localhost";
$dbusername = "root";
$dbpassword = "";
$dbname= "progetto_camp";

// Creazione connessione
$conection = new mysqli ($host, $dbusername, $dbpassword, $dbname);

$sql = mysqli_query($conection, "SELECT ID_paziente FROM dati_generali_pazienti");

while ($row = $sql->fetch_assoc()){
    echo $row['ID_paziente']. "- ";
}
```

Figura 4.13: Query di selezione contenuta all'interno della funzione Javascript *windows.onload*

Come descritto in precedenza, la pagina relativa all'aggiornamento dei dati generali consente di poter selezionare, da un menu a tendina, il codice identificato che si vuole revisionare. A questa azione viene associata un'ulteriore funzione Javascript di tipo *onchange*: prevede che ogni volta vi sia una variazione dell'elemento ID alla quale tale funzione viene associata, automaticamente tale valore selezionato viene salvato in una specifica costante e inviato ad un ulteriore documento php. Tale documento si compone di un unico codice php dove, oltre alla creazione della connessione con il database già ampiamente discussa in precedenza, si ha il salvataggio del codice identificativo in una variabile e la realizzazione di un'istruzione SQL in grado di selezionare in maniera specifica tramite comando *where* tutti i parametri provenienti dalla tabella dei dati generali con ID uguale al dato precedentemente comunicato e salvato. Infine, attraverso un ciclo *while* vi è un processo di associazione tra elementi appena selezionati e un'ulteriore variabile richiamata nella funzione finale atta alla trascrizione vera e propria dei dati nei campi del form.

Una volta definite queste azioni di richiamo voci, si ha la possibilità di modificare qualsiasi dato; la fase di aggiornamento vera e propria avviene sempre mediante relativo pulsante situato alla fine del form di riferimento con la possibilità, quindi, di poter ripercorrere lo stesso procedimento logico descritto precedentemente. Infatti, anche in questo caso, attraverso il pulsante d'interazione si ha l'apertura di un nuovo documento php composto da un codice iniziale finalizzato al salvataggio dei nuovi dati in opportune variabili le quali verranno richiamate attraverso il codice SQL. Lo script prevede un cambio di funzione dettato dal fatto che in questa sezione sono già presenti dei parametri e quindi il processo di accodamento, precedentemente discusso, porterebbe a degli errori; per tale ragione si è implementato il comando *update* che richiede come primo step l'identificazione del database nel quale effettuare l'inserimento dei nuovi dati attraverso l'istruzione *set* nel quale impostare l'aggiornamento delle rispettive colonne del database d'interesse con le costanti salvate a inizio documento. Il codice identificativo comunicato mediante codice Javascript viene anche esso salvato in una costante e svolge un ruolo importante nel codice di revisione in quanto attraverso comando *where* è possibile apportare modifiche solamente a quel soggetto identificato nella rispettiva colonna della banca dati.

Sezione valutazione t0, t1, t2

Contestualmente alle valutazioni, si è descritto come si compongono di tre step temporali differenti e successivi nella quale vengono rilevati parametri inerenti alle sfere cognitive e funzionali, valutando mediante opportune scale gli stati d'agitazione. A livello grafico, le tre sezioni trovano spazio in maniera distinta nel menù a sinistra dell'home page privilegiando in questo modo un input rapido che consente di relazionarsi direttamente con la valutazione d'interesse. Le tre differenti parti si compongono del medesimo layout replicato con la caratteristica di avere, per ogni valutazione, un titolo che identifica la sfera alla quale le voci fanno riferimento avendo avuto l'accortezza di riportare anche la valutazione massima associabile a quel parametro.

Figura 4.14: Interfaccia Progetto CANP, layout valutazione t0

Di particolare interesse è la valutazione clinica che viene effettuata all'interno di ogni valutazione nel quale non solo viene richiesto se il paziente presenta la necessità di dover ricorrere a medicinali per il trattamento dell'agitazione, ma vi è la presenza di una parte dedicata per il monitoraggio specifico dei farmaci.

Tale settore è stato strutturato come una vera e propria tabella composta da differenti input quali select, testi e selezione di date mediante opportuno calendario inserito con un tool dedicato. Si fornisce una tabella rappresentativa delle voci e degli elementi con relativa descrizione inseriti mediante codice HTML.

<i>Valutazione clinica</i>	<i>Descrizione</i>
<i>Farmaci</i>	Attraverso una selezione viene data la possibilità di identificare la tipologia di farmaco somministrata al paziente
<i>Principio attivo</i>	Campo costituito da una semplice stringa nel quale riportare il principio attivo principale presente nel farmaco selezionato
<i>Dose</i>	Input di tipo numerico dove riportare la quantità di farmaco somministrata al paziente
<i>Posologia</i>	Possibilità di scegliere attraverso un select la frequenza con la quale il soggetto assume la dose
<i>Data inizio</i>	Attraverso calendario viene indicata la data nel quale il farmaco è stato assunto dal paziente. Parametro sempre presente laddove sia stato selezionato un farmaco
<i>Data sospensione</i>	Campo riportante la data di fine assunzione del farmaco. Elemento che può risultare anche vuoto se il soggetto fa uso ancora del farmaco

Tabella 4: Descrizione generale degli elementi presenti per la valutazione clinica

La possibilità di poter monitorare l'andamento dell'assunzione farmaceutica da parte del paziente geriatrico in maniera così rapida e semplice consente di poter valutare l'efficacia effettiva dello studio qui presentato rispondendo in questo modo a uno degli obiettivi secondari prefissati all'inizio di questo progetto. Infatti, se all'inizio del trial sperimentale, ovvero alla valutazione t0, il soggetto ha necessità di dover ricorrere ad una serie di medicinali per placare stati d'agitazione più o meno severi l'aspettativa è che, se lo studio clinico produce degli effetti benefici per il paziente, vi sia una iniziale diminuzione di posologia e dose dei farmaci arrivando ad escludere, nel migliore dei casi, l'uso di un principio attivo nelle valutazioni successive. Inoltre, all'interno delle medesime viene posta l'attenzione anche su aspetti inerenti al caregiver coinvolgendolo in una quantificazione del carico assistenziale.

A livello di linguaggio informatico, il codice è stato realizzato seguendo le linee guida descritte per la sezione “Registrazione” mantenendo il medesimo layout HTML per tutte e tre le valutazioni avendo l’accortezza, però, di variare semplicemente il nome che viene attribuito ad ogni item che compone il rispettivo form, semplificando di molto il richiamo di specifiche variabili per la comunicazione con la sezione d’interesse del database.

All’inizio del form vi è la possibilità di poter selezionare l’ID associando la valutazione specifica a quel determinato paziente scelto; anche in questo caso, per comprendere situazioni in cui parte dei parametri debbano esser inseriti in un secondo momento è stata implementata sia la possibilità d’inserimento che d’aggiornamento dei dati. Il processo funziona in maniera simile a quello presentato precedentemente con la differenza che, nel caso in cui si selezioni un codice identificativo al quale non è stata attribuita nessuna valutazione, tutti i campi del form risulteranno esser vuoti e si potranno inserire le differenti informazioni.

Viceversa, se si seleziona un ID che presenta già una valutazione, automaticamente i campi del form si ripopoleranno con le stringhe salvate nella banca dati di riferimento. Anche in questo caso per poter eseguire l’input di registrazione e/o aggiornamento della valutazione si è optato per l’aggiunta di un pulsante destinato all’apertura di un file php differente per ogni valutazione ma dal contenuto simile.

L’elemento che consente di poter distinguere la fase di inserimento da quella di aggiornamento è, ancora una volta, l’ID: infatti, all’inizio dello script viene effettuato un controllo tra gli i codici identificativi che hanno già svolto la valutazione con l’ID selezionato. Dalla Figura 4.15 è possibile vedere il ragionamento logico: se il confronto risulta esser positivo automaticamente si procede ad un codice SQL improntato sull’aggiornamento dei dati; altrimenti verrà eseguito un semplice inserimento dei parametri.

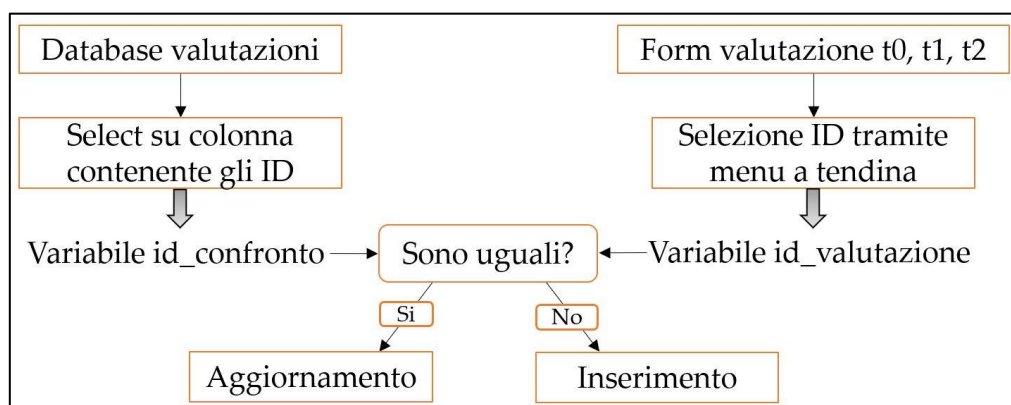


Figura 4.15: Schema del ragionamento logico per la gestione dell’inserimento o aggiornamento dati nelle valutazioni

Infine, in questa sezione vi è stata l'aggiunta di un ulteriore controllo specifico destinato ad evitare che inavvertitamente ad un soggetto venga registrata una valutazione successiva senza che abbia avuto l'inserimento dei dati derivanti da una valutazione precedente. Nel caso in cui avvenga tale situazione, a schermo verrà visualizzato un messaggio di errore riportante che l'ID selezionato per tale valutazione non ha ancora eseguito la valutazione precedente, evitando in questo modo errori all'interno della banca dati.

Sezione sedute

Una delle parti maggiormente rilevanti nel trial è la sezione dedicata alle sedute. Infatti, come trattato nel capitolo precedente, all'interno di tale sezione viene posta l'attenzione su come i parametri fisiologici e altri indici varino tra le sedute con la possibilità, quindi, di poter interpretare il coinvolgimento e lo stato emotivo che l'ambiente virtuale suscita nel paziente geriatrico. La scheda raccolta dati si compone di un unico form dove inizialmente viene richiesta la selezione dell'ID che deve effettuare la sessione; nel campo relativo al numero della seduta, con degli script Javascript simili a quelli già ampiamente discussi in precedenza, automaticamente vi è la comparsa del numero della seduta che il soggetto deve effettuare. In questo modo, tutti i campi risulteranno esser vuoti e pronti per l'inserimento di nuove stringhe. Anche in questo caso vi è stata l'implementazione del processo di aggiornamento dei dati: azione resa possibile nel momento in cui si seleziona una sessione differente da quella che viene selezionata automaticamente dal sistema. Infatti, nel select relativo al numero della seduta vi è la possibilità di selezionare tutte le sessioni del trial che il paziente geriatrico ha già sostenuto innescando l'auto completamento delle voci della scheda raccolta dati con le relative stringhe contenute nel corrispettivo database.

In questo modo è facile comprendere come il processo d'inserimento o d'aggiornamento dati riprenda lo stesso procedimento logico utilizzato nella sezione delle valutazioni. Infatti, anche in questo caso se l'ID e il numero della seduta selezionati son già presenti all'interno del database allora il sistema procederà con una fase di aggiornamento caratterizzata da un codice SQL con istruzione di *update*; viceversa, se il codice identificativo e il numero della seduta risultano esser dei nuovi parametri non presenti quindi nella banca dati, allora si verificherà un'azione d'inserimento tramite codice SQL con una semplice istruzione di *insert*.

La pagina è strutturata in maniera simile a quelle già trattate precedentemente con la particolarità che i campi relativi alle misure di variabilità e di tendenza centrale della frequenza cardiaca e della misura accelerometrica non possono esser compilati direttamente dall'utente. Infatti, tali box son stati strutturati in maniera specifica per esser completati automaticamente dal sistema attraverso un'analisi dei grafici derivanti dalle rilevazioni del braccialetto. Alla fine di ogni seduta è fondamentale rilevare alcuni aspetti legati alla comunicazione non verbale, trattati nel paragrafo 4.3, in modo tale da capire come sensazioni, stati d'animo, gradibilità dello strumento ed eventuali disturbi inerenti alla tecnologia possano evolvere nel tempo.

Si è già sottolineato più volte l'importanza dei dati scaturiti da ogni singola seduta per monitorare non solo l'andamento dei parametri fisiologici ma anche per rilevare le emozioni che la stanza multisensoriale e l'ambiente naturale suscitano nel paziente geriatrico ad ogni seduta. Queste sono le motivazioni che hanno portato alla realizzazione di un vero e proprio report generato alla fine di ogni sessione.

Il report inizia a generarsi e a comporsi di alcune voci solo nel momento in cui, nella pagina relativa alla scheda raccolta dati delle sedute, viene premuto l'input destinato alla registrazione della sessione. Quando questo avviene, si verificano alcuni passaggi già discussi precedentemente come l'invio dei dati inseriti nel form all'interno della sezione destinata alla raccolta dei parametri relativi alle sedute. Inoltre, l'input è responsabile anche dell'apertura di un'ulteriore pagina, visibile nella figura sottostante.



Figura 4.16: Visualizzazione report iniziale

Il report inizialmente si presenta completamente vuoto se non per la presenza di alcuni pulsanti interattivi attraverso i quali è possibile comporre il report nelle sue differenti parti.

C'è da sottolineare come la configurazione del report possa avvenire in maniera esaustiva solamente a seguito del download su personal computer dei dati rilevati tramite braccialetto. Il file accelerometrico e cardiaco, entrambi in formato CSV, verrà caricato nel report attraverso i primi due pulsanti in modo tale da inserire i relativi dati all'interno del sistema. Successivamente a video comparirà una serie di informazioni riportanti l'ID del paziente, l'ID della seduta che si sta registrando e l'orario di inizio monitoraggio. Infatti, c'è da tener in considerazione che possono passare un paio di minuti da quando inizia l'esplorazione attraverso gli ambienti virtuali con il far indossare al paziente lo strumento di rilevazione e risulta importante, quindi, poter settare in maniera opportuna l'inizio vero e proprio dell'esperienza virtuale con l'orario delle rilevazioni effettuate dal braccialetto. Tale azione avviene cliccando semplicemente sull'input riportante "Inserisci ora e minuti" attraverso la comparsa a video di un orologio nel quale indicare in maniera più o meno precisa l'inizio della sperimentazione.

Una volta effettuate queste semplici azioni, sarà possibile interagire con il pulsante destinato all'elaborazione dei file caricati per la realizzazione del report.

Essenzialmente è possibile suddividere il report in tre sezioni differenti.

La prima è destinata alla realizzazione di un grafico radar nella quale vengono convogliate le informazioni relative alla sfera non comunicativa del soggetto in riferimento sia alla stanza multisensoriale che all'ambiente naturale. Il radar a quattro punte è di tipo dinamico ovvero è possibile interagire sia con la legenda, permettendo la visualizzazione di uno specifico ambiente, che con ogni singolo punto rappresentato all'interno del radar effettuando un focus specifico sull'elemento e sul relativo valore attribuitogli nella pagina raccolta dati della seduta. In questo modo, attraverso una semplice e rapida visualizzazione del radar sarà possibile effettuare una prima analisi superficiale determinando quale ambiente sia stato più rilassante e abbia suscitato maggiori interazioni nel paziente geriatrico.

La parte centrale del report permette la visualizzazione delle fluttuazioni relative all'andamento cardiaco e all'accelerometro. Entrambi i grafici presentano sull'asse delle ascisse i valori temporali, ovvero gli istanti di tempo in cui son state effettuate le rilevazioni, mentre sull'asse delle ordinate viene riportato l'unità di misura relativa al dato monitorato. Sempre all'interno di entrambi i grafici si è deciso di implementare ulteriori linee verticali in corrispondenza di determinati atti temporali.

Tali segmenti vengono collocati automaticamente dal sistema e identificano, a livello visivo, il passaggio non solo tra un ambiente virtuale e l'altro ma anche la transizione tra input considerevoli d'attenzione in quanto ci si aspetta di innescare nel paziente degli stati d'animo e/o emozioni che potrebbero suscitare variazioni, più o meno significative, nei parametri riportati nei grafici.

Da questi grafici ha origine poi l'ultima parte di cui si compone il report. Infatti, attraverso script che verranno approfonditi successivamente, verranno calcolati automaticamente alcuni dati statistici quali media, mediana, deviazione standard, massimo e minimo di entrambi i grafici. Una volta calcolati verranno inseriti all'interno di una tabella strutturata in maniera tale da rendere più chiara e veloce la lettura di tali parametri.

Fino ad ora si è offerta una visione generale del report e delle parti di cui si compone senza entrare nel dettaglio dei codici informatici utilizzati. La realizzazione di tutto il report è stata eseguita mediante codici in linguaggio Javascript richiamati attraverso l'input destinato alla registrazione della seduta collocato all'interno della scheda raccolta dati della medesima sezione. Il primo step è stato caratterizzato dall'invio di alcune variabili dalla pagina HTML del form delle sedute al file Javascript responsabile della generazione del report. I parametri appena citati coinvolgono sia quelli più generali come l'ID del paziente e della seduta utili per poter eseguire in maniera precisa l'inserimento di tutte le voci all'interno del database che quelli più specifici inerenti alla comunicazione non verbale. Attraverso script Javascript vi è la possibilità di poter inserire, attraverso specifiche funzioni, tipologie di grafici differenti; nel caso in esame è stato necessario specificare la tipologia di grafico radar e richiamare all'interno delle opzioni le variabili inerenti alla comunicazione non verbale. Per poter implementare, invece, la legenda dinamica e il focus sui rispettivi punti del radar è stato richiesto l'implementazione di ulteriori opzioni collocate sempre all'interno della funzione atta alla generazione del radar. Più nel particolare, si è richiesto la realizzazione di una funzione che restituisse come output un duplice vettore contenente i nomi e gli indici attribuiti alle sfere della comunicazione non verbale; successivamente, attraverso sistemi di confronto si è riusciti ad impostare, attraverso stringhe, la visualizzazione corretta della legenda relativa al punto selezionato all'interno del grafico radar.

Discorso leggermente diverso, invece, per quanto riguarda la realizzazione dei grafici inerenti ai parametri fisiologici. Si è già visto come ad inizio del report vi sia la possibilità, attraverso pulsanti implementati sempre con script Javascript, di poter caricare all'interno del sistema i record relativi all'accelerometro e al cardiofrequenzimetro. Su questi dati vengono effettuati differenti azioni a catena che permettono di sistemare i dati tali da poterli manipolare in maniera più efficiente all'interno delle diverse funzioni. Le operazioni sono state eseguite in maniera speculare sia per i parametri cardiaci che quelli dell'accelerometro: una volta salvati i differenti dati in opportuni vettori, vengono fatti dei controlli in modo tale da individuare l'orario selezionato nel report con gli orari inerenti ai dati cosicché vengano eliminati record non necessari poiché sfiorano oltre i range temporali di cui si ha bisogno. Successivamente, tali record vengono presi e inseriti all'interno di una specifica funzione atta alla realizzazione dei grafici. In più, si è descritto come all'interno di tali grafici vi siano delle linee verticali responsabili di individuare gli istanti temporali in cui si verificano determinate azioni all'interno del trial sperimentale. Tali situazioni vengono calcolate basandosi sull'inizio del trial sperimentale essendo consapevoli che ogni azione all'interno dell'iter progettuale presenta una durata più o meno nota, considerazione che semplifica di molto la collocazione delle linee verticali che avviene per mezzo di specifiche opzioni all'interno della medesima funzione. Lo step conclusivo coinvolge direttamente delle funzioni matematiche utili per calcolare i parametri statistici precedentemente citati; tali record vengono salvati in specifiche variabili e verranno richiamati nella parte finale del codice per la creazione della tabella statistica, visibile in Figura 4.17, che avviene per mezzo della funzione *createtable* dove vengono definite variabili orizzontali e verticali ognuna delle quali è in grado di richiamare gli output generati dalle funzioni matematiche.

	Frequenza Cardiaca	Sensore Accelerometrico
Deviazione Standard	7.22	2.40
Massimo	93.00	10.00
Media	77.53	2.90
Mediana	78.00	2.40
Minimo	62.00	0.00

Figura 4.17: Immagine rappresentativa della tabella statistica inserita nel report

Alla fine del report viene data la possibilità di poter stampare la pagina così realizzata direttamente tramite un pulsante realizzato in codice Javascript con azione *window.print*.

Sezione database e lista pazienti

Una delle sezioni finali di cui si compone l'interfaccia è rappresentata dalla possibilità di poter visualizzare direttamente su client la banca dati nella quale vengono salvati tutti i parametri inseriti nei differenti form. In questo modo, si permette all'utente di visualizzare tutte le informazioni del trial di cui necessita evitando di fornirgli le chiavi d'accesso dirette al database, evitando modifiche accidentali compromettendo parte dei dati. La sezione, nella quale si può accedere tramite pulsante dedicato nel menu a sinistra dell'interfaccia, si compone di tre differenti input ognuno dei quali consente di poter indagare una parte differente della banca dati: dati generali, valutazioni t0, t1, t2 e sedute. Il linguaggio informatico alla base di questa sezione si compone essenzialmente di un codice SQL con istruzione di tipo select: infatti, il processo consta di una serie di selezione di dati relativi alle differenti parti del database per poi inserirle in opportune tabelle costruite combinando linguaggio HTML e PHP.

Per favorire al meglio la visualizzazione dei dati generali, in questo campo si sono andati a selezionare solamente le voci maggiormente rappresentative tralasciando, ad esempio, i criteri d'inclusione, esclusione, nome e cognome del soggetto garantendo in questo senso la privacy.

Analogo discorso viene rivolto anche al database inerente alle valutazioni con la differenza di avere una prima pagina riportante per ogni ID una lunga riga riportante tutte le voci che compongono le tre valutazioni. Per far sì che la lettura e l'interpretazione dei dati risulti migliore si è realizzata una seconda pagina, accessibile mediante opportuno input situato nella sezione appena descritta, nella quale vengono raggruppate le voci di maggior interesse a livello medico (MMSE, CMAI, PSQI, carico assistenziale, CBI) potendo in questo modo valutare, in maniera rapida, l'evolversi dei punteggi attribuiti alle scale diagnostiche descritte nel paragrafo 4.3.

Infine, vi è la possibilità di consultare il database inerente alla raccolta dati delle sedute. Tale sezione si compone di due pagine: nella prima si ha la realizzazione di una tabella riportante tutti i dati inerenti alle sedute elencati per ID e numero di sedute. Risulta chiaro come in questa prima pagina, la consultazione non sia poi così ottimale; per tale ragione è stato implementato

un pulsante di filtraggio all'interno del quale viene richiesto di quale codice identificato visualizzare le informazioni. Con questo input sarà possibile spostarsi automaticamente in una nuova pagina che riprenderà il layout di quella precedente con la particolarità di visualizzare i record solamente relativi all'ID precedentemente inserito. Per poter consultare e stampare le relative tabelle inerenti alle sezioni appena descritte in ognuna di esse vi è stata l'aggiunta di un pulsante capace di effettuare il download delle tabelle in formato CSV.

La sezione finale dell'interfaccia si compone della voce destinata alla consultazione della lista pazienti. All'interno di tutto il progetto CAnP, solamente nella fase di registrazione iniziale viene richiesto il nome e il cognome del paziente geriatrico per l'attribuzione automatica da parte del sistema di un codice identificativo specifico, il quale viene utilizzato in tutte le sezioni dell'interfaccia per inserire, revisionare o consultare i dati inerenti a quell'ID.

In questo modo, non comparendo mai una vera e propria associazione diretta tra codice e cognome viene tutelata la privacy del soggetto. Considerato questo, risulta però necessario che vi sia all'interno del progetto almeno una sezione capace di raggruppare in maniera sintetica l'ID, il cognome e il nome del soggetto in modo tale da poter risalire all'identità del paziente alla quale viene attribuito il codice. A livello di linguaggio informatico, tale processo viene realizzato mediante un semplice select dei campi inerenti ai dati generali dei pazienti, inserendoli poi all'interno di una tabella.

CAPITOLO V

Risultati e sviluppi futuri

5.1 – Elaborazione ed interpretazione dati

Il trial sperimentale presentato in tutte le sue differenti parti sarebbe dovuto iniziare con la prima fase di reclutamento dei soggetti geriatrici, evento che non si è realizzato per un problema sanitario mondiale causato dal Covid-19. Le poche considerazioni che comunque è possibile riportare, sono frutto di un lavoro di consultazione iniziale avvenuta con l'equipe medica dalla quale sono scaturite alcune considerazioni preliminari circa quello che ci si può aspettare dal trial.

Dalla trattazione dei criteri d'inclusione si è sottolineato come il progetto sia destinato al coinvolgimento di soggetti che presentino disturbi neuro cognitivi e livelli d'agitazione piuttosto elevati. Questo consente di poter effettuare una prima considerazione circa i parametri fisiologici registrati nelle prime sedute: infatti, ci si aspetta che nelle fasi iniziali il paziente continui a preservare il suo stato d'agitazione dettato dal fatto che comunque si troverà di fronte ad una serie di elementi mai visti prima che potrebbero d'infatti infastidirlo. A mano a mano che il numero di sedute effettuate dal soggetto aumenterà, si ipotizza che il suo livello d'agitazione iniziale di fronte a questa nuova esperienza risulti esser leggermente minore con livelli di pulsazione cardiaca e frequenza respiratoria inferiori rispetto a quelli rilevati alla seduta numero uno; in realtà, è emerso come questa ipotesi non sia del tutto plausibile in quanto vi è la concreta possibilità che l'utente non abbia memoria del trial virtuale affrontato e di conseguenza ogni seduta per lui è come se fosse la prima volta. È evidente sicuramente come questo aspetto debba esser affrontato solamente attraverso un numero piuttosto elevato di sedute in modo tale da poter confermare tale supposizione con la possibilità di evidenziare altri aspetti che preliminarmente non è possibile prendere in considerazione.

Inoltre, siccome il numero di sedute progressivamente aumenterà sarà plausibile attendersi che le differenti scene, presenti all'interno del trial sperimentali, suscitino emozioni sempre differenti nel paziente. Infatti, ci si può aspettare che il soggetto debba assistere ad un certo numero di scene ripetute affinché realmente si registrino delle variazioni significative sia nella comunicazione non verbale che nelle fluttuazioni dei parametri fisiologici senza dimenticare che molto probabilmente nelle prime sedute il paziente potrà presentare un atteggiamento non propositivo ed attento all'ambientazione virtuale con la reale possibilità che la sessione non venga portata nemmeno a termine.

Per fornire una visione più generale sui risultati ottenibili e sulle eventuali analisi che verranno effettuate, si riportano a titolo di esempio i grafici inerenti ad un primo test preliminare dell'applicativo effettuato su un paziente.

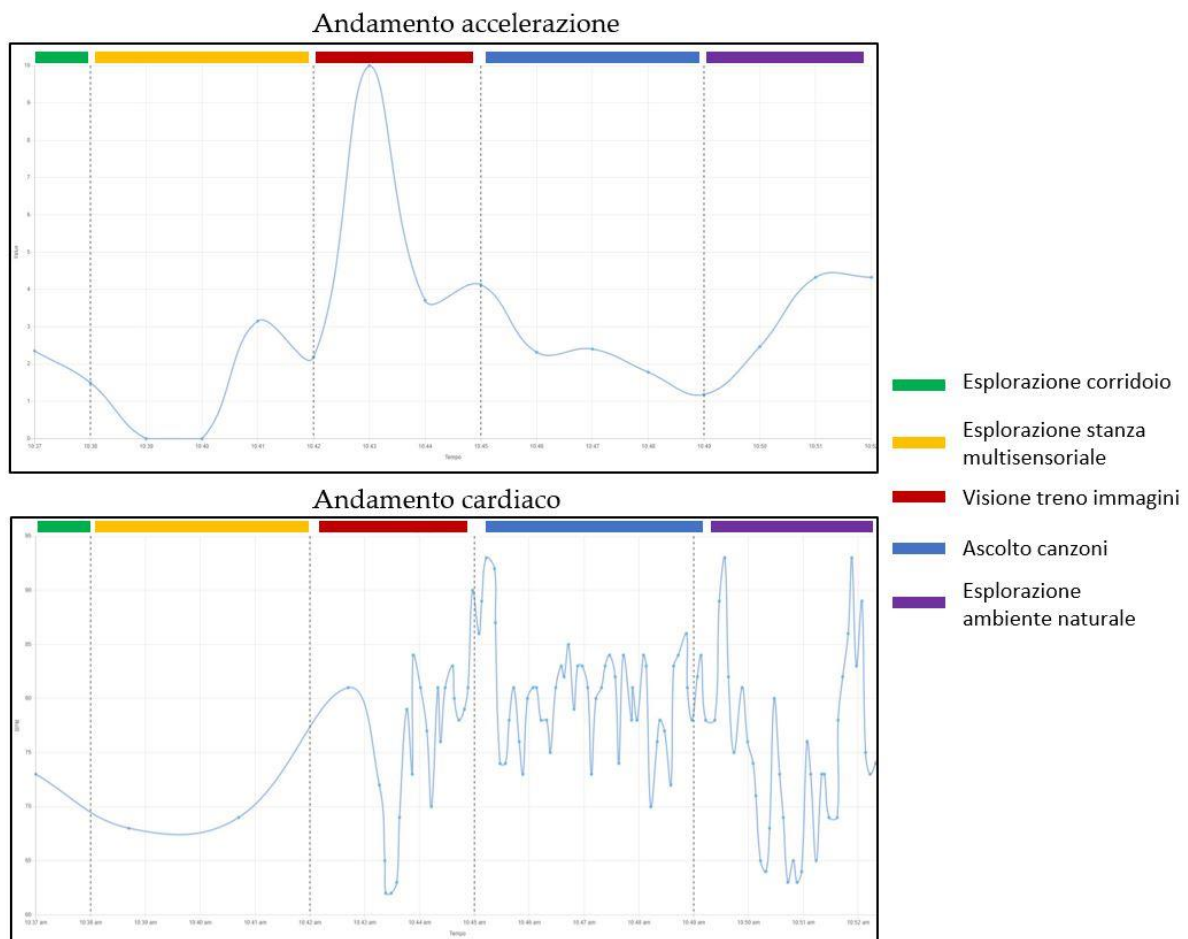


Figura 5.1: Grafici in funzione del tempo inerenti al test preliminare

Come è possibile notare, l'andamento accelerometrico dal quale è possibile eseguire analisi circa l'agitazione del paziente presenta un picco marcato in corrispondenza della visione di immagini rievocative degli anni passati con un successivo stato di maggior tranquillità nel momento in cui viene fatta partire una canzone risalente agli anni '60. Questo potrebbe portare a successive analisi, confermando circa la miglior efficacia da parte della musica di poter interrompere il loop d'agitazione nel paziente (richiamando i principi base relativi alla musicoterapia già ampiamente utilizzata e riconosciuta). Inoltre, è possibile constatare come la fase finale del trial comporti un leggero aumento del movimento ma senza eccedere in comportamenti bruschi e potrebbe esser rappresentativo di un atteggiamento per lo più partecipe all'esplorazione naturale.

L'andamento cardiaco risulta esser molto più frastagliato e variabile e per tale ragione potrebbe esser indice di molteplici fattori intrinseci allo stato emozionale del soggetto. Infatti, se nella fase iniziale d'esplorazione il battito cardiaco presenta un andamento fisiologico a mano a mano che il trial sperimentale prosegue è possibile riscontrare fluttuazioni molto più marcate a testimonianza del fatto che il paziente sicuramente si trova in uno stato emotivo alterato. Tale supposizione ha la necessità, però, di dover esser confrontata e rapportata ad ulteriori grafici cardiaci inerenti alle successive sedute per poter eseguire delle analisi più accreditate. Quello che sicuramente è possibile asserire è come la scena inerente alla visione delle immagini, all'ascolto delle canzoni e all'esplorazione dell'ambiente naturale risultino essere gli elementi che suscitano maggiori variazioni all'interno dei parametri fisiologici registrati.

Inoltre, ulteriori considerazioni possono esser fatte a livello generale: nel caso in cui tale progetto risulti esser valido è più che plausibile riuscire a registrare delle variazioni significative soprattutto nelle voci riportante le scale diagnostiche e l'assunzione dei farmaci senza dimenticare il carico assistenziale. Infatti, progressivamente che il soggetto geriatrico viene sottoposto al trial virtuale ci si aspetta che gli stati d'agitazione risultino esser maggiormente controllabili con la possibilità che tale effetto benefico non si manifesti esclusivamente durante la sessione ma si protragga anche durante l'arco delle giornate e che quindi il lavoro assistenziale svolto da parte del caregiver risulti esser leggermente facilitato.

5.2 – Sviluppi futuri

Le difficoltà maggiormente rilevanti per quanto riguarda l'interpretazione dei risultati futuri si presenteranno in quanto non esiste nessun metro di confronto, ovvero non vi è nessun altro studio inerente alla realtà virtuale con la quale confrontare e validare i futuri dati. Sicuramente, inerente a tale progetto sarà possibile pensare di ampliare il dataset, andando a considerare ulteriori parametri in grado di valutare non solo la sfera cognitiva e funzionale ma anche monitorare ulteriori dati fisiologici che potrebbero in qualche fornire una chiave di lettura differente. Ad esempio, potrebbe risultare rilevante poter registrare il paziente durante le sessioni in modo tale da facilitare il processo di lettura dei dati cardiaci e accelerometri oppure poter implementare uno strumento capace di seguire lo sguardo del paziente, valutando quale tipologie di elementi inseriti all'interno delle scene sono in grado di catturare maggiormente l'attenzione dell'utente.

La particolarità dello studio qui proposto, ma più in generale dell'applicazione della realtà virtuale in ambito medico, consente di poter modificare l'applicativo e utilizzare differenti strumenti hardware che meglio si possono sposare con il paziente. Tale particolarità permetterà, quindi, di sviluppare in maniera del tutto libera ambienti virtuali e nuove piattaforme mettendo a disposizione del personale medico nuove metodiche atte al trattamento di malattie neurodegenerative. È facile comprendere come a seconda della tipologia di pazienti alla quale la realtà virtuale viene sottoposta sarà necessario studiare i limiti presenti nel soggetto in modo tale da potergli adattare le tecnologie ed aiutarlo durante le fasi di trattamento. In altre parole, ogni soggetto geriatrico deve essere studiato come singolo caso specifico in quanto il livello di deficit generale influisce direttamente con lo sviluppo della tecnologia di realtà virtuale, determinando la tipologia di VR da adottare, il livello di dettaglio e complessità, le varianti sensoriali da utilizzare per meglio progettare lo studio e il trattamento del paziente.

Nel progetto CAnP, si è deciso che la gestione del movimento del personaggio all'interno delle scene venga destinato ad un operatore; nel caso in cui il soggetto, però, presenti ancora delle abilità residue nella movimentazione controllata delle mani, nulla vieta di destinare il joystick direttamente al soggetto o addirittura implementare ulteriori strumenti di comando come può

esser rappresentato da un guanto che viene semplicemente indossato dal soggetto e ogni movimento da esso svolto viene “trasferito” all’interno dell’ambiente virtuale.

In questo modo, gli ambienti applicativi risultano esser molteplici sconfinando anche nella riabilitazione sia cognitiva che funzionale: infatti, sarà possibile realizzare opportune scene virtuali dove all’interno il soggetto sarà guidato per compiere alcuni task che possono richiedere sia minime capacità di manovra che minime abilità cognitive andando a stimolare, attraverso la ripetizione delle azioni, sfere funzionali e/o cognitive differenti. Inoltre, le scene virtuali potrebbero esser protagoniste principali di sviluppi futuri potendo contare su un miglioramento degli spazi artificiali destinati sia al rilassamento e alla riduzione degli stati d’agitazione che all’inserimento di specifici elementi in grado di coinvolgere e/o stimolare maggiormente la comunicazione. Di conseguenza, ulteriori studi e ricerche in questo settore comporteranno sviluppi in grado di migliorare la comprensione delle persone affette da demenza, di come possono agire e interfacciarsi con questa nuova tecnologia che potrebbe diventare di facile utilizzo anche all’interno dell’ambiente domestico qualora si riuscisse ad adattare la tecnologia direttamente su tablet, televisori o cellulari.

Si è analizzato come l’interoperabilità tra di differenti software svolge un ruolo fondamentale per la realizzazione di scene altamente realistiche capaci di riprodurre ambienti reali all’interno di quelli virtuali. In riferimento a tale concetto, l’interazione tra i differenti programmi di sviluppo per realtà virtuale è in costante progresso e nei prossimi anni l’offerta presenterà una vasta gamma di soluzioni, componenti e miglioramenti grafici necessari per migliorare l’immersione e la resa grafica degli strumenti hardware.

In conclusione, negli anni a venire molte saranno ancora le incertezze da superare per far sì che la realtà virtuale possa essere usata in ambito medico ma, considerando gli incoraggianti risultati proposti dalla ricerca in un lasso di tempo relativamente breve, è prevedibile che con una serie di investimenti mirati alla ricerca e allo sviluppo dei dispositivi di VR si possa, in un futuro prossimo, approfondire campi fino ad ora impensabili da analizzare e migliorare notevolmente le tecnologie di diagnostica e/o di terapia medica.

RINGRAZIAMENTI

Giunto alla fine di questo elaborato vorrei spendere qualche riga per tutti coloro che mi sono stati vicini, nonostante le distanze, in questo percorso di crescita professionale e personale.

Ringrazio tutte le persone che hanno collaborato alla realizzazione di questo elaborato in particolare la Professoressa Osello e l' Ing. Francesca Ugliotti per avermi dato la possibilità di intraprendere questo percorso e di avermi fornito tutti gli strumenti necessari per intraprendere la strada giusta e portare a compimento la mia Tesi.

Un doveroso ringraziamento a Francesco Alotto per i suoi preziosi consigli informatici, il cui supporto non è mai venuto meno.

Un ringraziamento a tutti i colleghi incontrati all'interno del laboratorio "Drawing to the future" e all'equipe medica del reparto di geriatria dell'Ospedale Molinette di Torino per avermi descritto con passione le caratteristiche dei pazienti e la malattia contro la quale stavano combattendo.

Alla mia famiglia un doveroso e immenso Grazie per avermi sempre supportato sia economicamente ma soprattutto moralmente, per avermi sempre spronato a far di più, senza mai far mancare parole di conforto ed insegnamenti.

Un grazie di cuore a tutti i colleghi incontrati nel corso degli anni all'interno del Politecnico, a Filippo e a Rosario per esser stati degli ottimi compagni d'avventura e di risata.

Un grazie alla mia fidanzata Valentina che mi è sempre stata accanto lungo questo lungo percorso di studi e di tesi, di avermi sempre dato la forza laddove me ne veniva meno, di aver avuto infinita pazienza quando per mesi e mesi non ci vedevamo, di aver sempre creduto in me, senza mai dubitare delle mie capacità e possibilità. Senza il tuo sostegno non sarei la persona che sono.

Un grazie a tutti voi, perché il panorama dalla cima è meraviglioso ma se in vetta ci arrivi in compagnia, lo spettacolo è ineguagliabile.

Ce l'hai fatta Mario.

BIBLIOGRAFIA

- A. Cappello, A. C. (2007). *Bioingegneria della postura e del movimento*. Bologna: Patron Editore.
- A. Joshi, S. K. (2015). *Likert Scale: Explored and Explained*. British Journal of Applied Science & Technology, 7(4): 396-403.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*. American Psychiatric Publishing.
- Baños, R. M., Riva, G., Botella, C., Mantovani, F., & Gaggioli, A. (2005). *The third pole of the sense of presence: comparing virtual and imagery spaces*. PsychNol J, 3(1):90–100.
- Bohil CJ, A. B. (2011). *Virtual reality in neuroscience research and therapy*. Nat Rev Neurosci, 12(12):752-62.
- Brenda Kay Wiederhold, M. D. (2008). *Virtual reality for posttraumatic stress disorder and stress inoculation training*. Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation, 1(1):23-36.
- Brooks, R. (2003). *The Measurement and valuation of healthstatus using EQ-5D: a European prospective*. London: Kluwer Academic Publishers Dordrecht.
- C. P. Hughes, L. B. (1982). *A New Clinical Scale for the Staging of Dementia*. The British Journal of Psychiatry, 140, 566–572.
- Camillo Padoa Schioppa, C.-S. R. (2002). *Neuronal Correlates of Kinematics-to-Dynamics*. Neuron, Vol. 36, 751–765.
- Darragh Egan, S. B. (2016). *An evaluation of Heart Rate and ElectroDermal Activity as an objective QoE evaluation method for immersive virtual reality environments*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, pp. 1-6.
- Difede J, C. J. (2007). *Virtual reality exposure therapy for the treatment of posttraumatic stress disorder following September 11, 2001*. J Clin Psychiatry, 68(11):1639-47.
- DJ Buysse, C. R. (1989). *The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research*. Psychiatry Res, 28(2):193-213.

- Driscoll I, H. D. (2005). *Virtual navigation in humans: the impact of age, sex, and hormones on place learning*. *Hormones and Behavior*, 47(3):326-35.
- E. Tragni, F. S. (2014). *Il paziente anziano complesso: dati epidemiologici e di consumo dei farmaci*. *Giornale Italiano di Farmacoeconomia e Farmacoutilizzazione*, 6 (3): 5-16.
- Folstein M.F, F. S. (1975). *A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician*. *Journal of Psychiatric Research*, Vol. 12, pp. 189-198.
- G. Paolisso, V. B. (2014). *L'invecchiamento della popolazione: i dati dell'Osservatorio ARNO*. *G Gerontol*, 62:60-63.
- Hans Föörstl, R. L. (1991). *F. H. Lewy on Lewy bodies, parkinsonism and dementia*. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, Volume 6, Issue 11.
- J. Cerejeira, L. L.-L. (2012). *Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia*. *Front Neurol*, 3: 73.
- J. Cohen-Mansfield, N. B. (1986). *Agitated Behaviors in the Elderly: I. A Conceptual Review*. *Journal of the American Geriatrics*, Vol.34, n 10, pag 711–721.
- M. Novak, C. G. (1989). *Application of a Multidimensional Caregiver Burden Inventory*. *The Gerontologist*, Volume 29, Pages 798–803.
- M. P. Lawton, E. M. (1969). *Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of daily*. *Gerontologist*, 9:179-186.
- Ministero della Salute. (2013). *Criteri di appropriatezza clinica, tecnologica e strutturale nell'assistenza del paziente complesso*. Quaderni del Ministero della Salute, 23.
- Morley, J. E. (2009). *Developing novel therapeutic approaches to frailty*. *Current Pharmaceutical Design*, 15(29):3384-3395.
- Nicolas Garcia, J. M.-N. (2011). *Trends in rehabilitation robotics*. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 49(10):1089-91.
- Paul Milgram, H. T. (1995). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*.

- Prince M., B. R. (2013). *The global prevalence of dementia: a systematic review and metaanalysis*. Alzheimer & Dementia, 9(1):63-75.e2.
- R. Blankendaal, T. B. (2015). *Are Aggressive Agents as Scary as Aggressive Humans?* AAMAS '15: Proceedings of the 2015 International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 553–561.
- Riva, G. (2005). *Virtual Reality in Psychotherapy: Review*. CyberPsychology & Behavior, 8(3):220-30.
- S. Katz, A. B. (1963). *Studies of illness in the aged. The index of adl: a standardized measure of biological and psychosocial function*. JAMA, 185:914-9.
- Stephen J. Page, L. G. (2013). *Size Doesn't Matter: Cortical Stroke Lesion Volume is Not Associated with Upper Extremity Motor Impairment and Function in Mild, Chronic, Hemiparesis*. Arch Phys Med Rehabil, 94(5): 817–821.
- Swaab DF. (1991). *Brain aging and Alzheimer's disease, "wear and tear" versus "use it or lose it"*. Neurobiol Aging, 12(4):317-24.
- T. Cakmak, H. H. (2014). *Cyberith Virtualizer - A locomotion device for Virtual reality*. Vienna University of Technology, ACM, p. 1.
- Tombaugh TN, M. N. (1992). *The Mini-Mental State Examination: A Comprehensive Review*. J Am Geriatr Soc, 40(9):922-35.
- Yee Sien Ng, E. C. (2013). *Advances in rehabilitation medicine*. Singapore Med J, 54(10): 538-551.

SITOGRAFIA

<http://casanelparco-project.it/> [data di accesso: 14/01/2020].

<http://psychovirtualaugmentedreality.blogspot.com/2016/02/trattamenti-con-ar.html> [data di accesso: 05/12/2019].

<http://www.andreaminini.com/html/head-html> [data di accesso: 10/02/2020].

<http://www.labsquare.it/?p=4285> [data di accesso: 15/02/2020].

<http://www.openbiomedical.org/realta-virtuale-un-strumento-la-riabilitazione-del-corpo-della-mente/> [data di accesso: 17/12/2019].

<https://focustech.it/2017/05/29/realta-virtuale-la-nuova-terapia-per-curare-le-vittime-di-ictus-142206> [data di accesso: 20/12/2019].

<https://guidaphp.it/base/database/mysqli> [data di accesso: 17/02/2020].

https://it.wikipedia.org/wiki/Database_management_system [data di accesso: 15/02/2020].

<https://it.wikipedia.org/wiki/JavaScript> [data di accesso: 22/02/2020].

<https://it.wikipedia.org/wiki/Query> [data di accesso: 02/03/2020].

<https://it.wikipedia.org/wiki/UTF-8> [data di accesso: 11/04/2020].

<https://optitrack.com/> [data di accesso: 04/03/2020].

<https://www.albanesi.it/benessere/teorie-invecchiamento.htm> [data di accesso: 14/05/2020].

<https://www.alz.co.uk/research/WorldAlzheimerReport2015.pdf> [data di accesso: 12/06/2020].

<https://www.dmep.it/inboundmarketing/che-cose-il-css> [data di accesso: 10/04/2020].

<https://www.html.it/guide/guida-php-di-base/> [data di accesso: 04/04/2020].

<https://www.html.it/pag/16033/struttura-della-pagina/> [data di accesso: 27/02/2020].

<https://www.it-swarm.dev/it/mysql/qual-e-la-differenza-tra-utf8-general-ci-e-utf8-unicode-ci/957928853/> [data di accesso: 15/04/2020].

<https://www.luoghicura.it/operatori/strumenti-e-approcci/2018/06/lanziano-fragile-con-demenza-come-migliorare-lapproccio-riabilitativo/> [data di accesso: 16/05/2020].

https://www.mrwebmaster.it/html/style_8939.html [data di accesso: 14/04/2020].

https://www.mrwebmaster.it/php/connessione-selezione-database-mysqli_11903.html [data di accesso: 21/03/2020].

<https://www.researchgate.net/> [data di accesso: 04/06/2020].

<https://www.truenumbers.it/pensionati-vecchi-anziani-europa/> [data di accesso: 10/06/2020].