

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

**Analisi del movimento durante l'esperienza di
gioco in realtà virtuale**

RELATORE:

PROF.SSA FEDERICA BATTISTI

LAUREANDO:

FABIO MISTRORIGO

1216389

CORRELATORE:

SARA BALDONI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Abstract

Questo studio si propone di analizzare l'impatto dei movimenti in ambiente virtuale sull'esperienza di gioco. Un gruppo di volontari è stato coinvolto per raccogliere dati riguardanti lo spostamento, i punteggi ottenuti e i sintomi provati; Lo scopo era identificare un pattern che descrive le associazioni tra questi aspetti, al fine di migliorare l'esperienza di gioco e lavoro per gli utilizzatori di visori VR (Virtual Reality). I risultati ottenuti offrono importanti informazioni sulla relazione tra movimenti e rendimento, fornendo spunti per future implementazioni. Questo studio riveste un'importanza cruciale perché contribuisce al miglioramento di diversi aspetti della realtà virtuale, un ambito di crescente interesse al giorno d'oggi. L'ottimizzazione dell'esperienza utente può favorire un aumento dell'utilizzo dei visori VR, nonché un incremento del rendimento sia nel contesto lavorativo, che in quello ludico, senza dimenticare i numerosi altri campi di applicazione.

Acknowledgements

Desidero dedicare un momento per esprimere la mia sincera gratitudine a tutte le persone che hanno reso possibile la realizzazione di questa tesi.

Innanzitutto, vorrei ringraziare la professoressa Federica Battisti per avermi supportato e guidato lungo tutto il progetto di ricerca e stesura della tesi, aiutandomi a chiarire qualunque dubbio riscontrato.

Sono grato anche a tutti i componenti del progetto, Federico Chiariotti, Sara Baldoni, Paolo Testolina, Alessandro Traspadini e Alfi Baqiatu Shofi, i quali sono sempre stati presenti e disponibili.

Ringrazio Giulia per avermi aiutato nei momenti di difficoltà, tirandomi su di morale grazie anche solo alla sua presenza o a qualche parola di conforto.

Non posso fare a meno di ringraziare i miei amici e familiari per il loro costante sostegno, incoraggiamento e comprensione durante questo percorso accademico. Un ringraziamento speciale a Mirko e Thomas i quali, oltre ad essere stati ottimi compagni di corso mi hanno spronato a continuare ed impegnarmi.

Ai miei colleghi e compagni di corso, vi sono grato per le stimolanti discussioni, le idee condivise e gli indimenticabili momenti divertenti che hanno reso più rilassante il mio percorso all'interno dell'ambiente universitario.

Ringrazio infine tutti i partecipanti che hanno generosamente dedicato il loro tempo per prendere parte allo studio. La vostra partecipazione è stata fondamentale per la raccolta dei dati e il successo di questa ricerca.

Le vostre contribuzioni e il vostro sostegno sono stati fondamentali per il successo di questa tesi, e ne sono profondamente grato.

Indice

Abstract	III
Acknowledgements	V
1 Introduzione	1
1.1 Stato dell'arte	2
1.2 La Realtà Virtuale	3
1.3 I visori	5
1.4 Applicazioni	6
2 Esperimento	9
2.1 Giochi per il test	9
2.1.1 Cooking Simulator	9
2.1.2 Beat Saber	10
2.1.3 Forklift Simulator	11
2.1.4 Medal of Honor	12
2.2 Computer utilizzato	12
2.3 Visore utilizzato	13
2.4 Ambiente per i test	15
2.5 Raccolta dati	15
3 Analisi	19
3.1 Dati oggettivi	20
3.2 Dati soggettivi	21
4 Risultati	23
4.1 Analisi valutazioni degli utenti	23
4.1.1 Ricerca dei sintomi più frequenti	23

4.1.2	Studio dell'andamento del malessere	29
4.1.3	Valutazione dei giochi che comportano più malessere	33
4.1.4	Ricerca di pattern tra malessere e caratteristiche del partecipante . . .	35
4.2	Analisi del movimento	40
4.3	Analisi dell'inclinazione della testa	41
5	Conclusioni	47
	Acronyms	49
	Bibliography	49

Elenco delle figure

1.1	Sensorama	4
1.2	Sega VR	5
1.3	Virtual Boy	5
1.4	Oculus Rift	6
1.5	Apple Vision Pro	6
2.1	Gameplay di Cooking Simulator	10
2.2	Gameplay di Beat Saber	11
2.3	Gameplay di Forklift Simulator	11
2.4	Gameplay di Medal of Honor	12
2.5	Componenti principali del visore	13
2.6	Sensori e telecamere del Visore	14
2.7	Controllers	14
2.8	Stanza per la simulazione	15
2.9	Interfaccia Oculus Monitor	17
3.1	Risposte all'SSQ	21
3.2	Spostamento della testa all'interno dei bordi	21
4.1	Media totale dei sintomi	24
4.2	Media dei sintomi per ogni gioco	25
4.3	Media dei sintomi per gioco solo dopo il gameplay	26
4.4	Media dei sintomi con ordine gruppi originale	27
4.5	Media dei sintomi con ordine gruppi invertito	28
4.6	Andamento del malessere generale (ordine originale)	30
4.7	Andamento del malessere generale (ordine invertito)	30
4.8	Andamento del General Discomfort (ordine originale)	31
4.9	Andamento del General Discomfort (ordine invertito)	31

4.10	Andamento della Nausea (ordine originale)	32
4.11	Andamento della Nausea (ordine invertito)	32
4.12	Variazione della media dei sintomi (Ordine originale)	33
4.13	Variazione della media dei sintomi (Ordine invertito)	34
4.14	Valutazione della correlazione tra l'età e il grado di malessere	36
4.15	Valutazione della correlazione tra il genere e il grado di malessere	36
4.16	Valutazione della correlazione tra l'esperienza con visori VR e il grado di malessere	37
4.17	Valutazione della correlazione tra l'esperienza in campo gaming e il grado di malessere	38
4.18	Scatter Plot dell'influenza del movimento sul malessere	40
4.19	Valutazione della correlazione tra l'inclinazione della testa e il grado di malessere	41
4.20	Inclinazione della testa durante il gameplay di Cooking Simulator	43
4.21	Inclinazione della testa durante il gameplay di Beat Saber	44
4.22	Inclinazione della testa durante il gameplay di Forklift Simulator	44
4.23	Inclinazione della testa durante il gameplay di Medal of Honor	45

Capitolo 1

Introduzione

Negli ultimi anni si è sentito molto parlare di realtà virtuale e realtà aumentata, questi sistemi si stanno evolvendo in modo esponenziale permettendo di fondere ancor di più la tecnologia con la vita di tutti i giorni, sbloccando infinite potenzialità ad ora considerate solo parte di un sogno.

Dalle prime idee, sviluppate nella seconda metà del '900 ad oggi, l'evoluzione di questa tecnologia ha permesso di produrre dispositivi per la realtà virtuale sempre più complessi, ma allo stesso tempo leggeri, economici ed accessibili alla popolazione. La commercializzazione al pubblico ha avuto diversi problemi dovuti alla necessità delle persone di abituarsi ai nuovi dispositivi, non era improbabile infatti, che gli utenti che utilizzavano le prime versioni dei visori si sentissero male, ciò era dovuto soprattutto alla cosiddetta simulation sickness. Ma che cos'è la simulation sickness? La simulation sickness, nota anche come motion sickness virtuale o cybersickness, è un disturbo fisico e mentale che si verifica quando una persona sperimenta sintomi come nausea, vertigini, sudorazione e malessere durante l'uso di dispositivi di realtà virtuale VR o simulazioni immersive. Questi sintomi sono causati dalla discrepanza tra ciò che il cervello percepisce attraverso il sistema visivo e ciò che il sistema vestibolare e il corpo percepiscono, creando una sensazione di disorientamento e malessere. Trovare dei modi per contrastarla è fondamentale per non rallentare lo sviluppo di nuove tecnologie legate al mondo virtuale. In questo elaborato verranno valutati gli effetti dell'utilizzo del visore in realtà virtuale durante l'esperienza di gioco, con lo scopo di comprendere i motivi della comparsa di sintomi negativi e dare nuovi spunti allo sviluppo di tecniche utili a rendere l'esperienza utente migliore.

1.1 Stato dell'arte

Sono diversi gli studi che negli ultimi anni hanno cercato di dare una risposta alla comparsa di sintomi legati alla simulation sickness, uno dei primi riferimenti storici si trova nel libro "Motion Sickness" [23] di J. T. Reason e J. J. Brand, nel quale sono scritte le cause e le contro-misure attinenti ad ogni sintomo, fornendo già una prima ipotesi sulla possibile correlazione tra nausea e disparità degli input visivi con le sensazioni di movimento.

Agli inizi degli anni '90, diverse aziende iniziarono a interessarsi al campo dei visori e furono svolti numerosi studi per comprendere con maggiore precisione i sintomi associati all'utilizzo di queste tecnologie, formulando anche nuove ipotesi per spiegarne l'origine, come nell'articolo di G. E. Riccio e T. A. Stoffregen "An ecological Theory of Motion Sickness and Postural Instability" [24] nel quale si afferma che il malessere compaia in situazioni in cui non si possiedono strategie efficaci per il mantenimento della stabilità posturale.

In seguito a tali ricerche, alcuni studiosi si sono impegnati nel creare dei dataset, come quelli realizzati durante lo svolgimento della ricerca per [6], [16], [4], al fine di analizzare in modo approfondito le caratteristiche dei sintomi e acquisire una migliore comprensione del fenomeno cercando di trovare anche nuovi criteri di valutazione del malessere nelle persone. Per fare ciò sono stati utilizzati sondaggi e sono stati raccolti dati tramite sensori per comprendere meglio cosa accomuna i soggetti che provavano determinati sintomi.

Grazie all'aiuto fornito da queste ricerche è stato possibile trovare nuove relazioni tra movimenti e malessere, riscontrando una maggiore sensazione di malore nelle persone che compivano spostamenti troppo veloci e giravano o inclinavano molto la testa. La mancata corrispondenza degli stimoli di movimento nella realtà portava con molta probabilità le persone a sentirsi male come riportato da [18] e [25]. In alcune ricerche, come quella svolta da X. Dong, K. Yoshida e T. Stoffregen "Control of a Virtual Vehicle Influences Postural Activity and Motion Sickness" [10] è stato invece dimostrato che è la mancanza di controllo di ciò che si percepisce all'interno del visore che porta più frequentemente la comparsa di motion sickness.

Sono molti i ricercatori che, con le conoscenze acquisite negli anni, hanno tentato di trovare un modo per mitigare o eliminare gli effetti dei sintomi dovuti alla motion sickness. Tramite l'utilizzo di piattaforme mobili [14], stimolazioni galvaniche [13] o più semplicemente distrazioni di tipo tattile, uditivo o cognitivo [27], è stato possibile valutare quali fossero i metodi più efficaci per mitigare gli effetti negativi della realtà virtuale.

In tempi più recenti sono stati svolti studi simili a ciò che abbiamo fatto in questo elaborato, ad esempio [17] o [9] i quali valutano attraverso l'utilizzo di giochi la comparsa dei sintomi

su un gruppo di partecipanti esaminando possibili correlazioni con età, genere, esperienza pregressa nel campo dei videogiochi e traiettoria di movimento della testa.

Alcuni studi come quello di J. W. Kelly "Gender differences in cybersickness: Clarifying confusion and identifying paths forward" [15] oppure "Can Gender and Motion Sickness Susceptibility Predict Cybersickness in VR?" [22] di K. T. Pohlmann, si concentrano maggiormente sull'influenza del genere sui dati, affermando che non vi è alcuna correlazione tra i due.

Al momento sono ancora in corso diversi studi per trovare il modo di mitigare gli effetti negativi legati alla motion sickness, questo elaborato cerca di riprendere gli studi più importanti per poter creare un quadro generale della situazione attuale, ponendo nuove basi sulle possibili cause.

1.2 La Realtà Virtuale

“Con realtà virtuale si intende la simulazione di una situazione reale con la quale il soggetto umano può interagire, a volte per mezzo di interfacce non convenzionali, estremamente sofisticate, quali occhiali e caschi su cui viene rappresentata la scena e vengono riprodotti i suoni, e guanti (dataglove) dotati di sensori per simulare stimoli tattili e per tradurre i movimenti in istruzioni per il software. Simili tecniche sono usate, tra l'altro, nei videogiochi, nell'addestramento militare dei piloti e nella modellistica di sistemi microscopici.“

Enciclopedia Treccani [5].

Storicamente, l'idea di creare un ambiente simulato nel quale immergere i propri sensi, era già stata pensata e sperimentata da M. Heilig nel 1962 con il Sensorama, uno strumento creato per coinvolgere non solo il senso visivo e uditivo, ma anche quello tattile e olfattivo.

La realtà virtuale per come la conosciamo oggi vide il suo avvento solo in tempi più recenti grazie all'invenzione del computer, strumento necessario alla realizzazione di scenari tridimensionali nei quali, tramite appositi sensori, l'utente riusciva a vivere una realtà simulata.

Realizzare un ambiente virtuale rappresentato in maniera realistica richiede una potenza di calcolo molto elevata, per questo motivo sono state ottenute rappresentazioni verosimili solo grazie all'evoluzione della tecnologia, ma ancora oggi ricreare una realtà come quella che



Figura 1.1: Sensorama

viviamo è pressoché impossibile. L'obiettivo di moltissime aziende tech è quello di raggiungere una verosimiglianza tale da scambiarla per la realtà, in modo da detenere il monopolio su un'invenzione che potrebbe cambiare il modo in cui viviamo, lavoriamo o ci divertiamo.

Come anticipato, per interagire con questa realtà fittizia ci sono diversi sensori che permettono alla persona di percepire la simulazione, alcuni degli strumenti ad oggi più utilizzati sono i visori (di cui parleremo meglio nel capitolo 1.2), che permettono, attraverso la vista, di osservare con i propri occhi il mondo virtuale; Ma non è l'unico dei 5 sensi ad essere stimolato, l'udito attraverso delle cuffie (molto spesso integrate ai visori): le quali, tramite la tecnologia surround, permettono di percepire i suoni in maniera tridimensionale rendendo ancora più immersiva l'esperienza. Negli ultimi anni si stanno sviluppando molteplici tecnologie per rendere ancora più reali le simulazioni: dagli smart gloves, guanti per percepire tramite il tatto oggetti virtuali permettendo di capirne forma, consistenza e texture; a telecamere di posizione che permettono di mappare i movimenti in modo ancora più preciso; o addirittura a delle piattaforme simili a tapis roulant a 360 gradi che permettono al giocatore di muoversi in maniera libera e fluida.

1.3 I visori

I visori sono lo strumento più utile a comprendere il significato di realtà virtuale, proiettano chi li usa in un mondo totalmente nuovo.

La storia dell'ideazione del visore ha radici profonde, già nel 1962, come accennato precedentemente, venne creato il Sensorama, macchinario capace di stimolare tutti i sensi nella visione di un filmato, ma per raggiungere i livelli di compattezza comparabili ai giorni d'oggi si dovette aspettare il 1993 quando Sega progettò il Sega VR, un visore a realtà aumentata compatto e leggero pensato per le sue console. Il dispositivo era dotato di due piccoli display, delle cuffie e un sistema di tracciamento dei movimenti della testa, ma sfortunatamente non venne mai commercializzato.

L'ingresso dei visori nel mercato si ebbe grazie a Virtual Boy rilasciato da Nintendo nel 1995 capace di supportare diversi videogame. [7]



Figura 1.2: Sega VR



Figura 1.3: Virtual Boy

L'influenza dei giochi nello sviluppo dei visori fu fondamentale, grazie all'enorme mercato che crearono.

Dopo quasi 30 anni questa tecnologia si sta evolvendo in maniera esponenziale, grazie anche agli investimenti delle grandi aziende, tra cui, una delle più degne di nota è Oculus, che ha dimostrato l'enorme potenzialità di questi strumenti e ne ha accelerato l'evoluzione.

Ad oggi l'azienda è stata acquistata da Meta [19], la quale vuole creare un vero e proprio Metaverso, ovvero un mondo virtuale accessibile a tutti sotto forma di avatar. Il Metaverso non è più fantascienza ma una vera e propria realtà che prenderà ancora più forma negli anni



Figura 1.4: Oculus Rift

a venire. [8]

Altre aziende di importanza globale come Apple [2] hanno presentato i loro prodotti, il più atteso e rivoluzionario è il nuovissimo Vision Pro, un visore che punta a migliorare tutti gli aspetti negativi riscontrati nei visori fino ad oggi, portando ad un miglioramento importante nella qualità dell'esperienza di utilizzo sia in campo VR, che AR (Augmented Reality).



Figura 1.5: Apple Vision Pro

In un futuro non molto lontano, molti ricercatori e studiosi di questo campo, affermano che le percezioni sensoriali potranno essere ottenute stimolando direttamente particolari aree cerebrali. Un esempio potrebbe essere l'azienda NeuraLink [21] di Elon Musk, che svolge ricerche in ambito biomeccanico per permettere all'uomo di fondersi con la macchina attraverso un chip connesso al cervello. Questa tecnologia a detta di Elon Musk non è lontana dalla sperimentazione sull'uomo.

1.4 Applicazioni

Le applicazioni di questa tecnologia sono vastissime, una persona potrebbe pensare di utilizzare un visore solo per intrattenimento ma valutando più attentamente le possibilità che

offre noteremo che sono pressoché infinite.

Essendo uno strumento in grado di ricreare la realtà, tutto ciò che si può fare durante una normalissima giornata può essere replicato tramite l'utilizzo della simulazione. Ad oggi la realtà virtuale è utilizzata in diversi campi, tra questi possiamo contare:

- Quello **Ludico**, permettendo di giocare o guardare film e serie TV rimanendo completamente immersi nei loro contenuti.
- Quello **Medico**, permettendo di svolgere operazioni chirurgiche a grande distanza dalla sala operatoria, oppure fornire strumenti di realtà aumentata utili nelle operazioni delicate o molto difficili. Si potrà, per esempio, avere a disposizione un'interfaccia virtuale utile a conoscere le condizioni del paziente, aumentando di molto il successo delle operazioni.
- Quello **Lavorativo**, permettendo di seguire riunioni a distanza mantenendo realistiche le interazioni tra colleghi e permettendo una maggiore espressività.
- Quello di **Addestramento**, permettendo di insegnare un lavoro in completa sicurezza tramite la simulazione dell'ambiente di formazione, diminuendo il tempo e il denaro impiegati da parte delle aziende. Basti pensare a quanto fa risparmiare l'utilizzo di simulatori per addestrare piloti di aerei, permettendo loro di simulare senza rischi situazioni pericolose al fine di conoscere in che modo comportarsi se una circostanza analoga dovesse capitare nella realtà.

In futuro gli utilizzi saranno ancora più vasti, ci sono studi che puntano ad integrare l'intelligenza artificiale ai visori, in campo AR fornendo informazioni utili in tempo reale, in campo VR per creare ambientazioni con grafiche molto più realistiche diminuendo al contempo l'utilizzo di risorse.

Capitolo 2

Esperimento

L'esperimento è stato svolto basandosi sui dati raccolti da 68 partecipanti, i quali dovevano giocare a due giochi VR per circa 30 minuti l'uno, con una pausa di 15 minuti tra le sessioni. Ai partecipanti è stato chiesto di compilare un sondaggio che raccogliesse il genere, l'età, le esperienze pregresse con visori VR e le esperienze in campo gaming in generale. Un secondo sondaggio è stato fatto compilare prima e dopo ogni gioco, per capire l'effetto del gameplay sulla salute di una persona e i possibili sintomi manifestati. La pausa permette di capire il tempo di persistenza dei vari sintomi, inoltre è necessario valutare in che modo un breve periodo di riposo allievi il malessere del partecipante.

2.1 Giochi per il test

Per svolgere lo studio abbiamo utilizzato diversi giochi per visore VR, selezionati in modo da studiare vari aspetti del gameplay. I fattori da osservare nella scelta del gioco erano: i movimenti dell'utente, l'esperienza visiva e la difficoltà dei vari giochi. Sono stati scelti in modo tale che coprissero una varietà di questi aspetti per riuscire in seguito a capire gli effetti che ognuno aveva sull'esperienza dell'utente.

2.1.1 Cooking Simulator

Cooking Simulator [26] è un gioco di cucina di simulazione nel quale si affrontano diverse sfide. E' presente una modalità storia nella quale si scopriranno tutti gli aspetti nel gestire una cucina e una modalità libera nella quale verrà richiesto di completare una ricetta nella maniera migliore possibile e nel minor tempo,

con la possibilità di scegliere tra diversi piatti, da quelli con una preparazione più semplice a quelli più complessi.



Figura 2.1: Gameplay di Cooking Simulator

Il gioco è stato scelto soprattutto per la sua immersività in un ambiente simile alla realtà, è inoltre molto utile allo studio del movimento e gli effetti che ha sul giocatore.

Il partecipante aveva l'obiettivo di preparare una ricetta semplice nella modalità "Leaderboard Challenge" (Modalità libera), cercando di portarla a termine e di ottenere il punteggio più alto.

2.1.2 Beat Saber

Beat Saber [11] è un gioco musicale VR con lo scopo di tagliare dei cubi a ritmo di musica mentre volano verso di te. Sono presenti diverse modalità di gioco e diverse difficoltà per ogni canzone, permettendo a tutti di divertirsi ascoltando i loro brani preferiti.

Il gioco è stato scelto principalmente perché è uno dei pochi creati soltanto per essere giocati con un visore, ha inoltre una grafica non troppo complessa e il modo in cui va giocato permette di valutare meglio i movimenti delle mani.

Il soggetto aveva l'obiettivo di giocare ad alcuni livelli in diverse modalità e diverse difficoltà, portando a termine ogni livello o riprovandoci nel caso di fallimento.

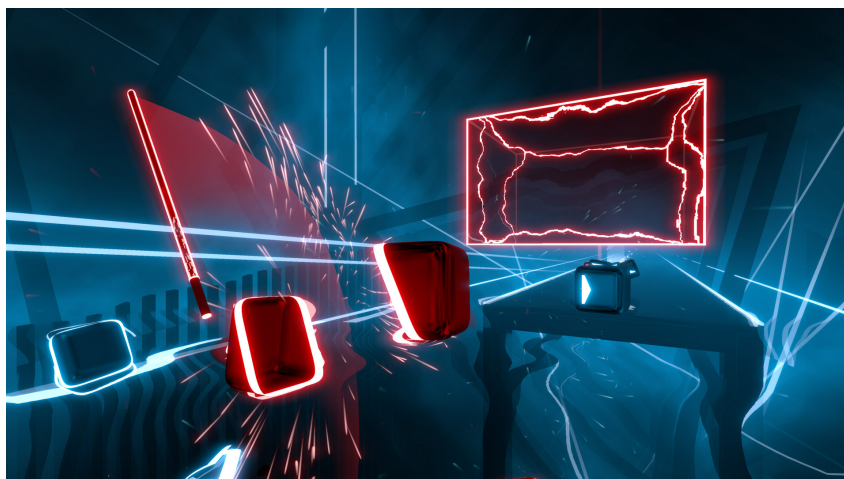


Figura 2.2: Gameplay di Beat Saber

2.1.3 Forklift Simulator

Forklift Simulator [12] è un gioco di guida realistico che insegna a gestire in modo sicuro vari tipi di carrelli elevatori. Sono presenti diversi livelli per poter migliorare nella guida in vari ambienti, questo gioco viene usato anche per formare nuove persone prima dell'uso vero e proprio di un muletto.



Figura 2.3: Gameplay di Forklift Simulator

Il gioco è stato scelto perché è possibile giocarci da seduti, permettendo di studiare gli effetti sui soggetti che si trovavano in posizione statica mentre si "muovevano" all'interno del livello. E' inoltre interessante analizzare i dati ottenuti dal gameplay di un gioco creato per l'addestramento di personale.

Il soggetto aveva l'obiettivo di affrontare in modo sequenziale i livelli del tutorial, cercando di completarne quanti più possibile evitando di compiere troppi errori.

2.1.4 Medal of Honor

Medal of Honor [3] è un gioco sparatutto ambientato nella seconda guerra mondiale, sono presenti diverse modalità tra cui, una campagna nella quale poter seguire una storia e una modalità sopravvivenza nella quale migliorare le proprie capacità in situazioni adrenaliniche.



Figura 2.4: Gameplay di Medal of Honor

Il gioco è stato scelto per il suo gameplay movimentato, permettendo di studiare gli effetti di giocare compiendo movimenti veloci e cambi di inquadratura repentini.

Il soggetto giocava nella modalità survival, in cui l'obiettivo è cercare di sopravvivere alle orde di nemici per 5 minuti, totalizzando il punteggio più alto possibile.

2.2 Computer utilizzato

Il computer impiegato per i test richiedeva una notevole potenza di calcolo, al fine di eseguire tutti i giochi con lo stesso frame rate e la medesima qualità, con lo scopo di garantire un'esperienza utente più omogenea tra i diversi titoli utilizzati.

I componenti più importanti sono:

- **Processore**, un i7-9700k 3,60GHz dotato di 8 core e 8 threads.
- **RAM**, 4 banchi di ram da 16GB di tipo DDR4 con frequenza 2400MHz.
- **Scheda Video**, una Nvidia Geforce RTX 2080Ti.

2.3 Visore utilizzato

Il visore utilizzato per raccogliere i dati è stato il Meta Quest 2 [20], un visore sviluppato da Reality Labs, una divisione di Meta Platforms.

Il visore è stato presentato il 16 settembre 2020 dalla casa madre, ed è rapidamente diventato uno dei modelli più diffusi grazie alla sua caratteristica di funzionamento wireless, supportata da una batteria da 3640mAh.

Grazie al processore veloce e al display ad alta risoluzione, l'esperienza offerta è fluida e senza interruzioni.

L'audio posizionale 3D, l'hand tracking e il feedback tattile contribuiscono a rendere i mondi virtuali più realistici.

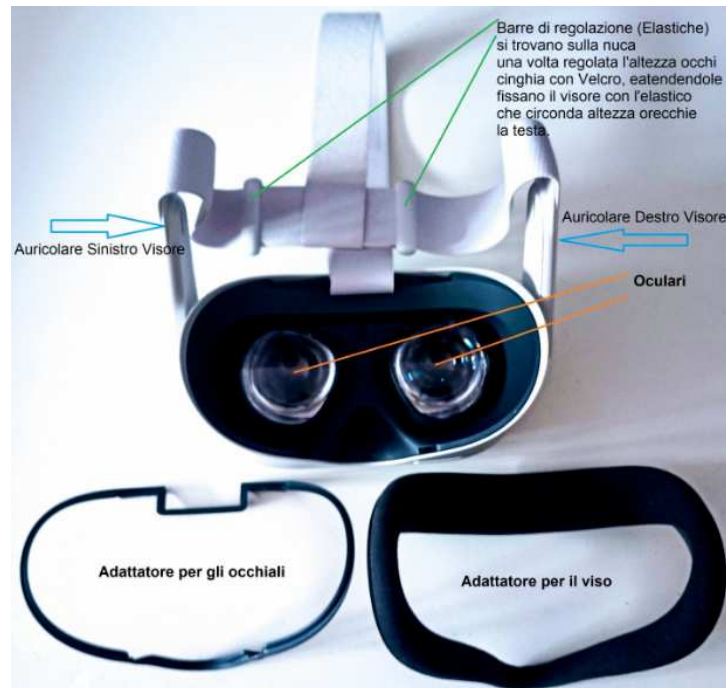


Figura 2.5: Componenti principali del visore

Durante la raccolta dei dati, il visore è stato configurato con specifiche impostazioni al fine di garantire l'omogeneità dei dati raccolti. Il refresh rate è stato impostato a 72Hz, mentre la risoluzione di rendering è stata fissata a 4128x2096.

Per garantire un'esperienza ottimale a ciascun partecipante, il visore è stato adeguatamente regolato utilizzando vari elastici. Inoltre, grazie all'adattatore per gli occhiali, anche coloro che li indossavano hanno potuto godere di un'esperienza completa e confortevole.

La sicurezza di tutti i partecipanti è stata garantita grazie alla presenza di telecamere e sensori presenti nel visore, che consentono di visualizzare il mondo circostante in presenza di ostacoli.

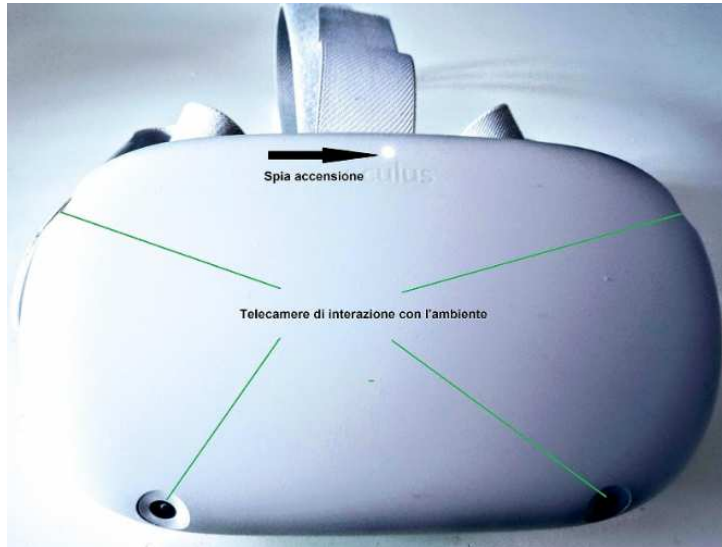


Figura 2.6: Sensori e telecamere del Visore

Ad ogni partecipante sono stati forniti i controller e spiegati i tasti, in modo da poter comprendere meglio i tutorial dei vari giochi. Sono stati utilizzati gli appositi laccetti di sicurezza per evitare di rompere i controller e garantire migliore stabilità e sicurezza durante il gameplay.



Figura 2.7: Controllers

2.4 Ambiente per i test

Abbiamo scelto di svolgere i test in un'ampia aula, impostando i bordi virtuali più piccoli rispetto alle dimensioni effettive della stanza per aumentare la sicurezza, specialmente per evitare movimenti avventati che potessero mettere a rischio i partecipanti.

Il visore ha la capacità di salvare automaticamente i bordi virtuali dell'aula in cui vengono svolti i test, ciò garantisce che ogni registrazione dei movimenti si svolga nello stesso ambiente, basandosi sulla mappatura dell'ambiente memorizzata.

Va notato che i dati raccolti sono stati influenzati dal periodo di registrazione, in quanto la temperatura dell'aula è variata. Questo cambiamento ha reso alcuni dati meno affidabili, ad esempio per quanto riguarda il sintomo "sudorazione".



Figura 2.8: Stanza per la simulazione

2.5 Raccolta dati

I dati raccolti sono di molteplici tipi:

- **Anagrafici**, per avere informazioni su genere ed età del partecipante.
- **Esperienze pregresse**, per sapere in che modo l'utilizzo abituale di visori VR o l'esperienza di gioco in generale influisce nelle prestazioni e nella salute dell'utente.
- **Sintomi**, per sapere in che modo il visore impattava sulla salute dei partecipanti e in quanto tempo i sintomi sparivano.

- **Spostamento**, per sapere in che modo un utente si muove all'interno di uno spazio virtuale, utile a capire se azioni troppo veloci o posizioni particolari influiscono sulla percezione dell'ambiente virtuale nel quale si è immersi.
- **Punteggi**, per sapere in che modo il giocatore ha svolto i compiti di ogni livello e capire se punteggi bassi nei primi livelli siano un campanello d'allarme per il malessere nei livelli successivi.
- **Tempi**, per sapere la velocità di ogni livello e quindi comprendere meglio i dati di spostamento, inoltre sono utili a valutare la correlazione tra velocità di svolgimento dei livelli e la motion sickness.

Per raccogliere i dati Anagrafici, delle esperienze pregresse e dei sintomi sono stati fatti dei sondaggi con Google moduli, ottenendo tutte le informazioni in modo facile e veloce.

Per raccogliere i dati di spostamento, abbiamo utilizzato l'applicazione Oculus Monitor [1]. Questo strumento ci ha consentito di registrare con precisione i dati relativi agli spostamenti del visore e dei controller, fornendo informazioni dettagliate sulla posizione e l'orientamento di ciascuno di essi.

Affinché la raccolta dati avvenisse in modo accurato, il visore doveva essere collegato tramite USB-C. In questo modo, i movimenti venivano visualizzati in tempo reale attraverso un'interfaccia grafica, e tutti i dati raccolti potevano essere esportati in un file CSV per ulteriori analisi e elaborazioni.

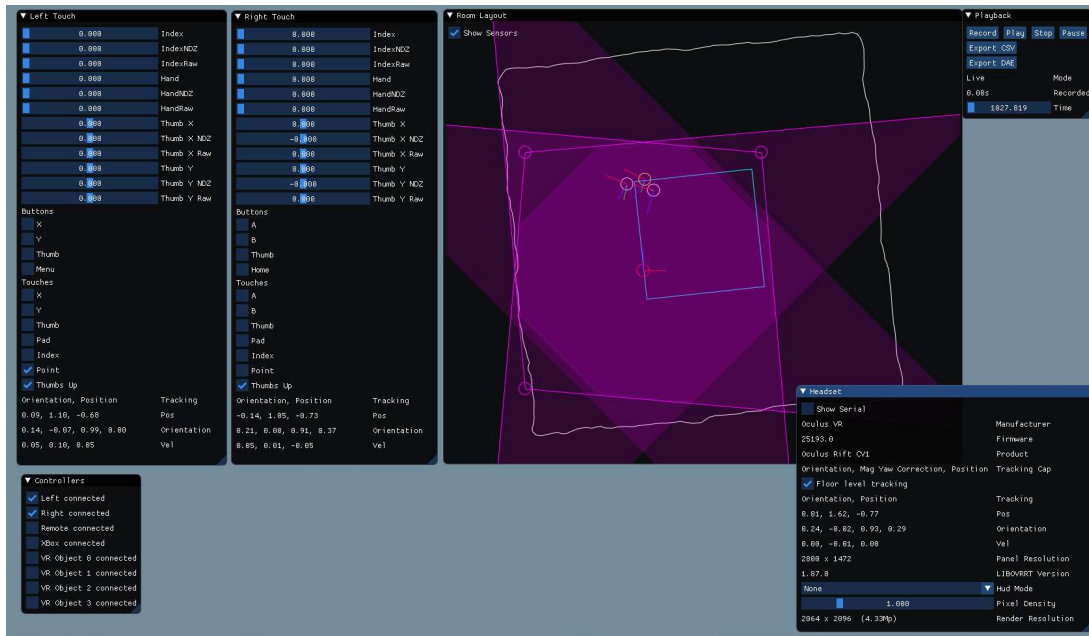


Figura 2.9: Interfaccia Oculus Monitor

Capitolo 3

Analisi

L'analisi dei dati mira a identificare potenziali correlazioni tra le caratteristiche dei partecipanti e il malessere sperimentato. Inoltre, attraverso l'analisi degli spostamenti, si cercano eventuali pattern associati ai sintomi provati.

Ogni partecipante ha giocato a due titoli selezionati mostrati nel capitolo 2.1, inizialmente nell'ordine originale formato da:

- **Gruppo 1**, nell'ordine: Cooking Simulator, Beat Saber.
- **Gruppo 2**, nell'ordine: Forklift Simulator, Medal of Honor.

ed in seguito in ordine invertito:

- **Gruppo 1**, nell'ordine: Beat Saber, Cooking Simulator.
- **Gruppo 2**, nell'ordine: Medal of Honor, Forklift Simulator.

In questo modo è possibile valutare con maggiore precisione l'influenza di ogni singolo gioco e non dell'intero gruppo.

Vengono valutati i seguenti sintomi:

- **General discomfort**, Disagio generale.
- **Fatigue**, Fatica sia fisica che mentale.
- **Headache**, Mal di testa.
- **Eyestrain**, Affaticamento degli occhi.
- **Difficulty focusing**, Difficoltà di messa a fuoco.

- **Increased salivation**, Aumento della salivazione.
- **Nausea**.
- **Difficulty concentrating**, Difficoltà a concentrarsi.
- **Fullness of the head**, Pienezza della testa o testa pesante.
- **Blurred vision**, Visione offuscata.
- **Dizziness (eyes closed)** , Vertigini (occhi chiusi).
- **Dizziness (eyes open)** , Vertigini (occhi aperti).
- **Vertigo** , Vertigini o sensazione di cadere.
- **Stomach awareness** , Mal di pancia o disturbi allo stomaco.
- **Burping** , Ruttare.
- **Sweating** , Sudorazione.

E' stato chiesto ad ogni partecipante di valutare il proprio livello di malessere utilizzando una scala formata da "Nessuno", "Lieve", "Moderato" e "Acuto". E' inoltre stato chiesto, in seguito ad ogni gioco, di indicare i sintomi provati durante il gioco o qualsiasi osservazione su ciò che secondo loro poteva essere migliorato per rendere il gameplay più piacevole.

3.1 Dati oggettivi

Basandosi sui dati raccolti dall'SSQ (Simulation Sickness Questionnaire), ed incrociandoli con i dati oggettivi si può valutare l'influenza dell'età, del genere, delle esperienze con visore e delle esperienze con i giochi, in modo da capire se queste informazioni riescono a fornirci una descrizione univoca di coloro che sono più predisposti a soffrire di simulation sickness.

Dal seguente grafico è possibile notare quali sono i sintomi più comuni tra le diverse persone che hanno partecipato.

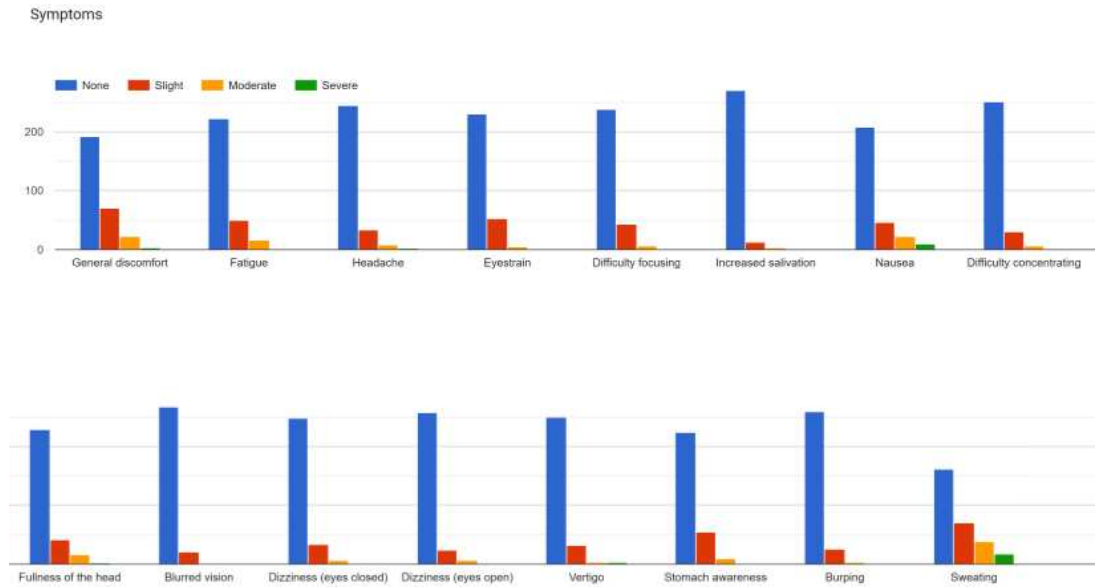


Figura 3.1: Risposte all'SSQ

3.2 Dati soggettivi

Valutando i dati raccolti dall'SSQ e i dati soggettivi degli spostamenti, si possono ipotizzare correlazioni tra particolari movimenti ed il malessere della persona, potendo in futuro prevedere la comparsa di sintomi ed evitarli completamente.

Dal seguente grafico è possibile notare lo spostamento della testa di un partecipante all'interno della stanza durante un gameplay.

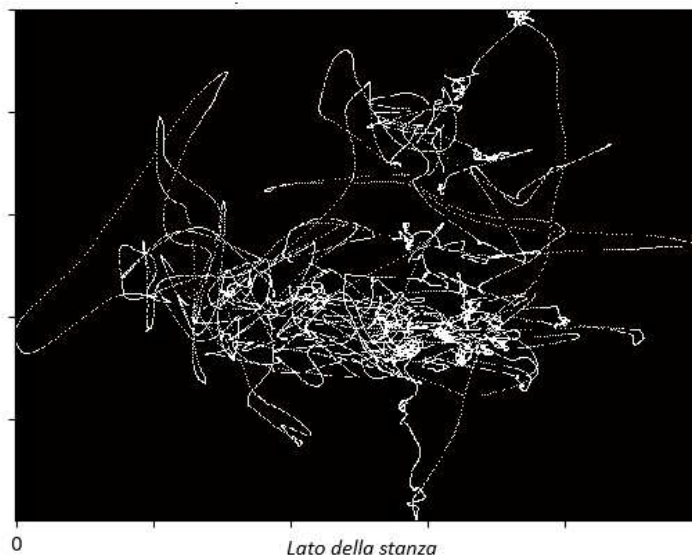


Figura 3.2: Spostamento della testa all'interno dei bordi

Capitolo 4

Risultati

4.1 Analisi valutazioni degli utenti

Per valutare le risposte ai questionari SSQ, è stata condotta un'analisi dettagliata utilizzando una varietà di tipi di grafici, al fine di evidenziare diversi aspetti rilevanti e contribuire a una migliore comprensione delle cause del malessere.

4.1.1 Ricerca dei sintomi più frequenti

L'utilizzo dei grafici a colonna è fondamentale per visualizzare la gravità dei sintomi riportati dai partecipanti e per comprendere quali sintomi sono più comuni, nonché quali giochi risultano più frequentemente associati a tali sintomi.

Nella figura 4.1, è presentato un grafico a barre che sintetizza la frequenza dei sintomi, basandosi sui dati raccolti da tutti i partecipanti che hanno completato entrambi i giochi dell'esperimento. Questo grafico offre una panoramica generale dei sintomi più comuni riscontrati durante lo studio.

Ciascuna colonna del grafico rappresenta un sintomo specifico, e l'altezza della colonna mostra la media totale della gravità di quel sintomo. Questo tipo di rappresentazione visiva è utile per identificare i sintomi che si manifestano con maggiore frequenza e con una gravità più elevata nella popolazione oggetto dell'analisi.

Inoltre, va notato che il grafico è stato migliorato attraverso l'uso di una gradazione cromatica delle colonne, in modo da agevolare ulteriormente la distinzione dei sintomi più gravi.

I valori sono compresi tra 0 e 1 ed indicano il livello di malessere del singolo sintomo.

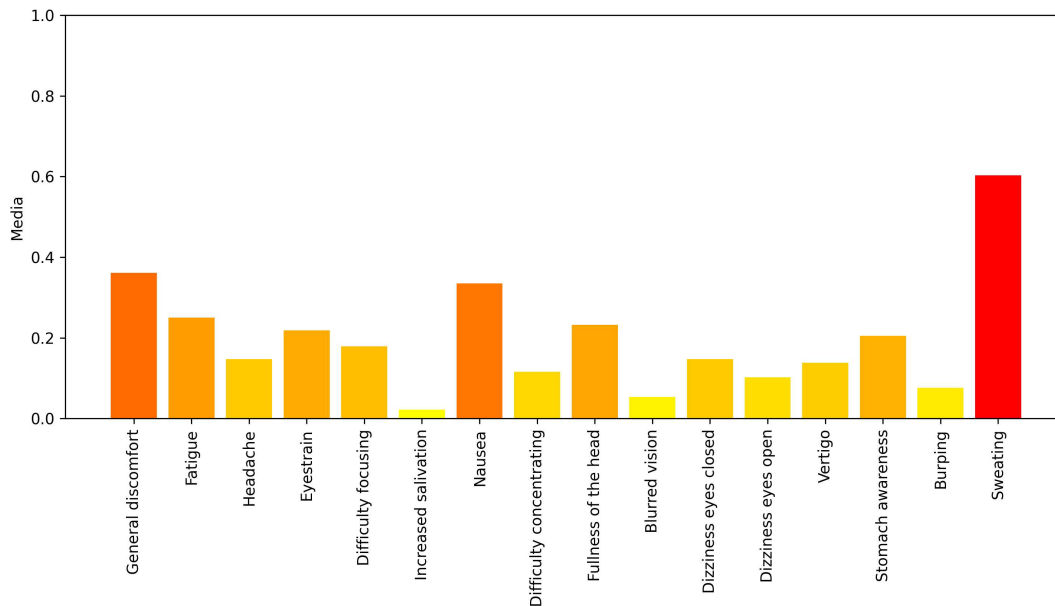


Figura 4.1: Media totale dei sintomi

Come si può vedere i sintomi più frequenti e di maggior rilevanza sono il disagio generale, la nausea e la sudorazione, mentre altri sintomi sono stati meno comuni o addirittura assenti nei partecipanti.

Nella figura 4.2, è presentato un grafico a colonne basato sugli stessi dati del grafico precedente, ma questa volta i dati sono suddivisi per i diversi giochi. L'obiettivo principale di questo grafico è analizzare se, in base al gioco specifico, alcuni sintomi mostrano una frequenza o una gravità maggiore rispetto ad altri.

Ciascuna colonna del grafico rappresenta un sintomo specifico, e l'altezza della colonna riflette la media totale della gravità di quel sintomo per ciascun gioco. Questa rappresentazione consente di individuare differenze significative nei sintomi riportati tra i diversi giochi, aiutando così a comprendere se un particolare gioco è associato a sintomi più frequenti o più gravi rispetto ad altri.

Anche in questo caso i valori delle colonne sono compresi tra 0 e 1 ed indicano il livello di malessere del singolo sintomo.

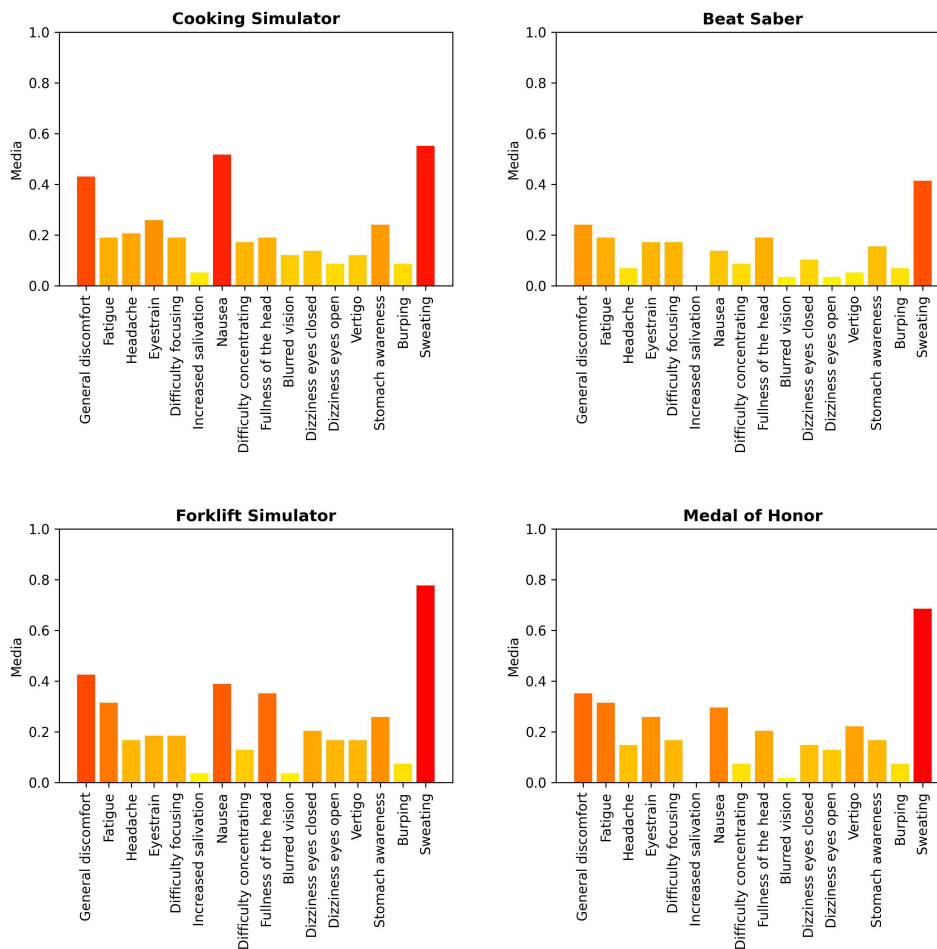


Figura 4.2: Media dei sintomi per ogni gioco

L'analisi dei dati relativi ai singoli giochi conferma che il disagio generale, la nausea e la sudorazione sono i sintomi più riscontrati tra i partecipanti.

E' interessante notare che in Beat Saber si osserva una minore incidenza dei sintomi, con valori medi inferiori rispetto agli altri giochi. Ciò potrebbe suggerire che Beat Saber provochi meno sintomi di malessere rispetto ad altri giochi.

Un ulteriore valore anomalo è il sintomo "testa pesante" nel grafico di Forklift Simulator. Questo potrebbe essere attribuito a diversi fattori, come la grafica del gioco, l'assenza di movimento durante il gameplay o la difficoltà dei comandi di gioco.

Infine si nota un valore molto alto nella sudorazione nel gioco Forklift Simulator. Dato che i partecipanti erano seduti durante il gioco, è

possibile supporre che questo aumento della sudorazione sia dovuto al malessere generato dalla "Simulation Sickness" e non alla temperatura della stanza in cui si sono svolti i test.

Nella figura 4.3, è presentato un grafico a colonne che utilizza esclusivamente i dati raccolti dopo aver giocato, allo scopo di identificare in modo più affidabile i sintomi che sono effettivamente comparsi a causa dell'esperienza di gioco.

I valori presenti in questo grafico variano da 0 a 1.8 e rappresentano il grado di malessere associato a ciascun sintomo. Questa rappresentazione fornisce un quadro più preciso dei sintomi che sono stati innescati direttamente dall'attività di gioco, aiutando così a distinguere in modo più accurato l'impatto di ciascun gioco sui partecipanti.

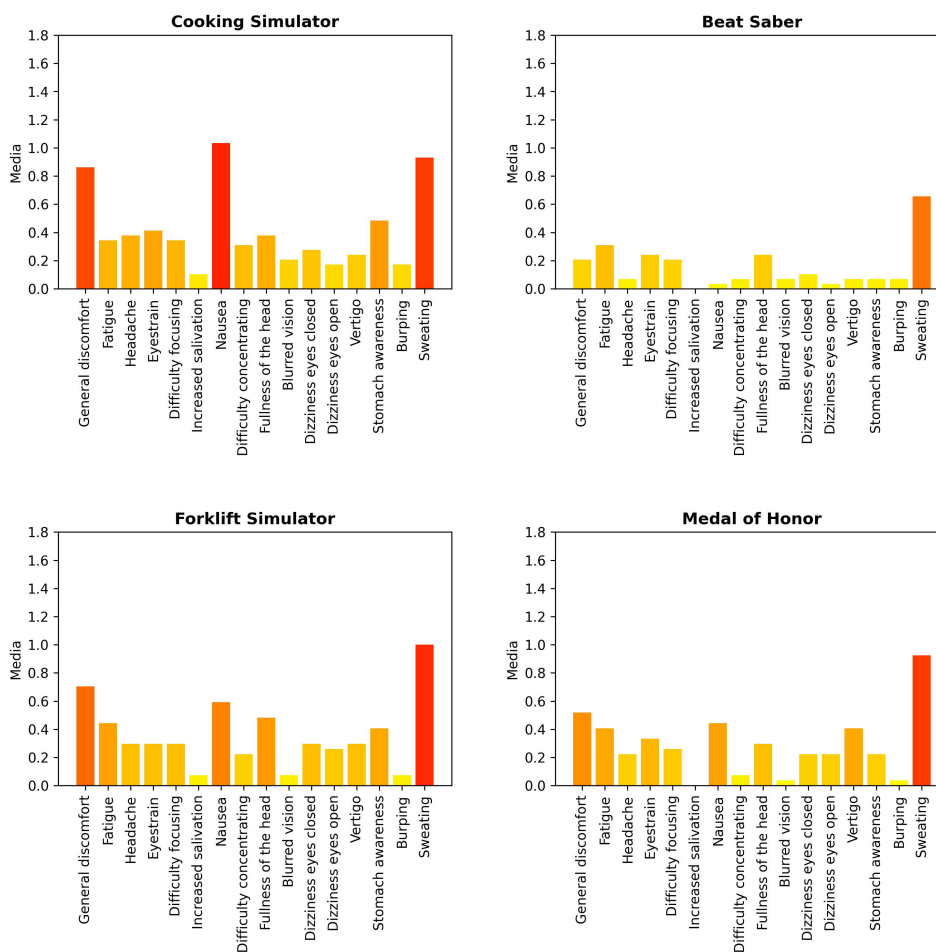


Figura 4.3: Media dei sintomi per gioco solo dopo il gameplay

L'osservazione dei valori nel grafico rivela chiaramente che Beat Saber presenta un impatto molto limitato sul peggioramento dei sintomi,

poiché i valori sono molto bassi. Questo suggerisce che Beat Saber è meno incline a causare malessere rispetto agli altri giochi presi in considerazione.

Al contrario, Cooking Simulator mostra un tasso di insorgenza di sintomi significativamente più alto rispetto agli altri giochi analizzati. Questa tendenza potrebbe essere spiegata dalle modalità di movimento coinvolte nel gameplay, come riportato da numerosi partecipanti. È emerso che l'uso del joystick sul controller per interagire con il gioco ha amplificato il divario percettivo tra l'ambiente virtuale e la realtà circostante, contribuendo così all'accentuazione della sensazione di "Simulation Sickness".

In figura 4.4 è riportato un grafico a colonne che, basandosi sui soli dati raccolti dopo aver giocato nell'ordine originale, mostra con maggiore chiarezza l'influenza del singolo gioco e non dell'intero gruppo.

In figura 4.5 è riportato un grafico a colonne simile al precedente ma con i dati dei giochi nell'ordine invertito.

In entrambi i grafici, i valori variano tra 0 e 1.8 e rappresentano il livello di malessere associato a ciascun sintomo.

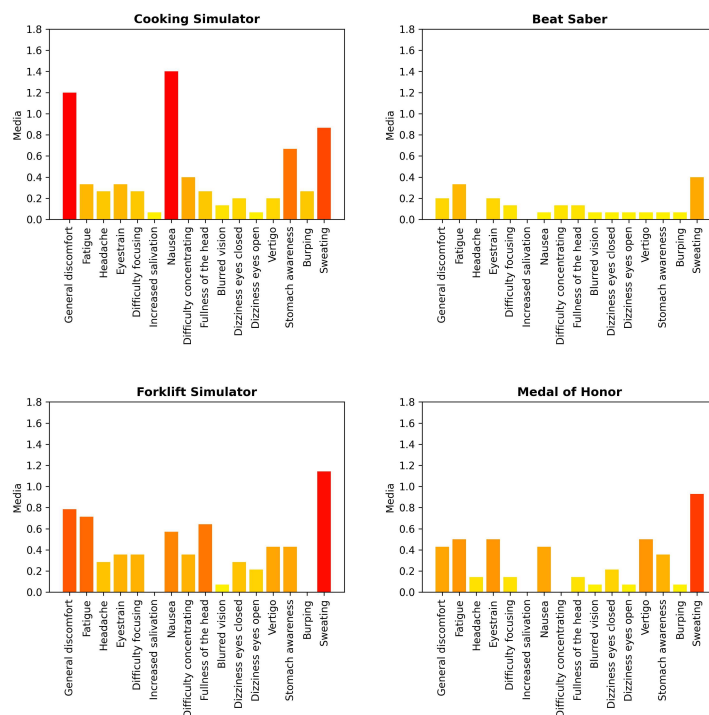


Figura 4.4: Media dei sintomi con ordine gruppi originale

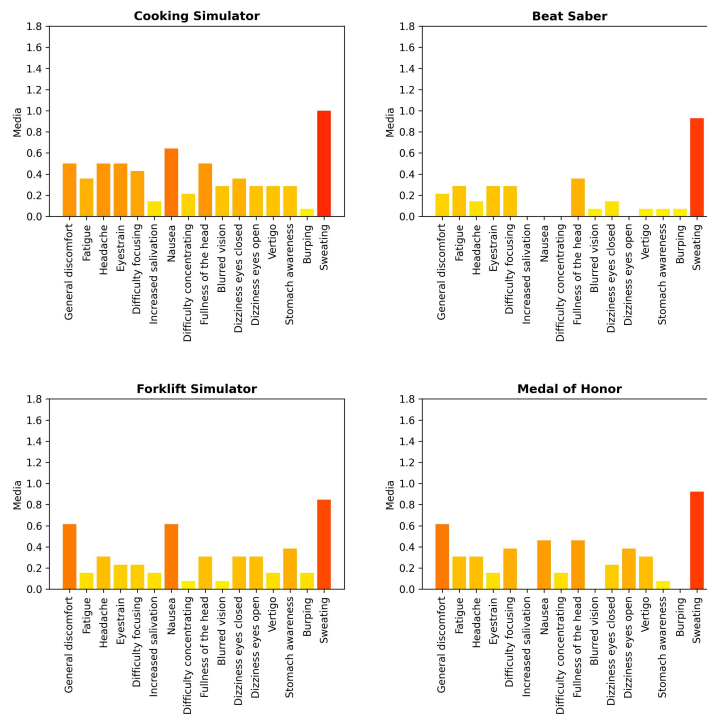


Figura 4.5: Media dei sintomi con ordine gruppi invertito

Le differenze osservate tra i grafici 4.4 e 4.5 rivelano vari aspetti interessanti legati ai singoli giochi. Nel primo gruppo, si nota che giocare a Cooking Simulator come primo gioco provoca un malessere notevolmente maggiore rispetto a quando si inizia con Beat Saber, il che suggerisce che un'esperienza pregressa con Beat Saber tende a alleviare i sintomi. Tuttavia, nel secondo gruppo, non emergono differenze significative nei sintomi, suggerendo che l'ordine di gioco nel secondo gruppo non influisce in modo sostanziale sul benessere dei partecipanti.

In generale, i sintomi più comuni sono il disagio generale, la nausea e la sudorazione tra tutti i giochi analizzati. Beat Saber spicca come il gioco che presenta meno svantaggi, probabilmente grazie alla sua interfaccia intuitiva e alla progettazione specificamente pensata per l'utilizzo con il visore VR.

D'altro canto, per coloro che si avvicinano per la prima volta alla Realtà Virtuale, Cooking Simulator sembra essere una scelta meno consigliabile. Come precedentemente menzionato, l'uso dell'analogico per il movimento all'interno del gioco sembra aumentare la probabilità di

sperimentare sintomi negativi. Questa situazione deriva dalla percezione distorta della Realtà Virtuale rispetto al mondo reale, creando un contrasto che può risultare problematico per i nuovi giocatori.

4.1.2 Studio dell'andamento del malessere

I grafici a linea rappresentano l'andamento del malessere prima e dopo aver provato ciascun gioco, ciò permette di comprendere come i sintomi negativi siano influenzati dai giochi stessi, ma soprattutto dall'ordine in cui vengono giocati.

Questi grafici tracciano una linea che mostra la variazione del malessere dopo ogni questionario SSQ, fornendo un'illustrazione visiva delle fluttuazioni del benessere dei partecipanti durante l'esperienza di gioco. Attraverso questo tipo di grafici è possibile identificare eventuali aumenti o diminuzioni dei disturbi in relazione a ciascun gioco e al suo posizionamento di ognuno di essi, nonché l'effetto che ha la pausa di quindici minuti sul benessere dei partecipanti. Ad esempio, se una linea di grafico mostra un picco significativo di malessere all'inizio del gioco, seguito da una stabilizzazione o da una diminuzione nei giochi successivi, ciò può indicare un possibile adattamento dei partecipanti all'esperienza virtuale nel corso dell'esperimento.

Nella Figura 4.6, è presentato un grafico a linea che mette in evidenza la variazione media del disagio generale per tutti i sintomi nell'ordine di gioco originale. Questo grafico è uno strumento prezioso per identificare i giochi che hanno un impatto più significativo sulla salute dei partecipanti e per valutare l'efficacia di una pausa di quindici minuti nel ridurre i sintomi.

L'osservazione dei dati nel primo gruppo di giochi evidenzia che Cooking Simulator causa un significativo aumento del malessere, mentre Beat Saber non solo previene la comparsa di nuovi sintomi, ma sembra anche alleviare quelli già presenti dal gioco precedente. Questa differenza significativa tra i due giochi suggerisce che Beat Saber po-

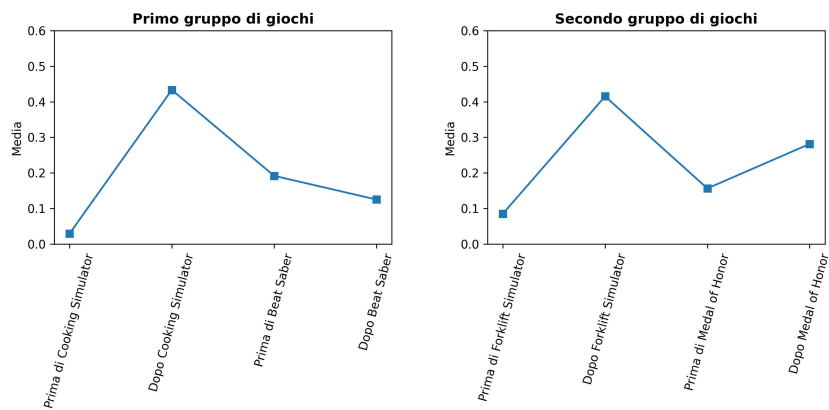


Figura 4.6: Andamento del malessere generale (ordine originale)

trebbe avere un effetto positivo sulla mitigazione dei sintomi rispetto a Cooking Simulator.

Nel secondo gruppo di giochi, sia Forklift Simulator che Medal of Honor provocano un notevole aumento dei sintomi segnalati dai partecipanti. Questi dati indicano chiaramente che entrambi i giochi possono avere un impatto significativo sulla percezione di malessere da parte dei giocatori.

Nella Figura 4.7, è presentato un grafico a linea simile al precedente, ma con l'ordine dei giochi invertito. Questo grafico permette di valutare l'andamento del malessere medio per tutti i sintomi quando i giochi vengono giocati in un ordine diverso.

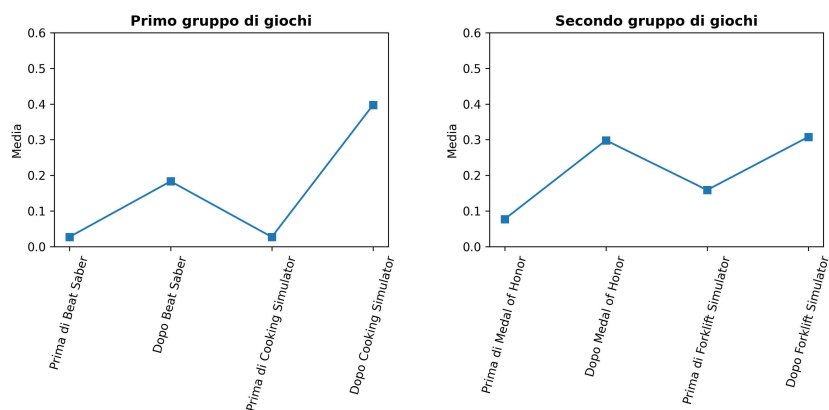


Figura 4.7: Andamento del malessere generale (ordine invertito)

Come si può vedere, nel primo gruppo di giochi, Beat Saber presenta un lieve aumento dei sintomi, ma consente alla maggior parte delle

persone di giocare senza problemi significativi, al contrario Cooking Simulator, dove il malessere aumenta in modo significativo.

Nel secondo gruppo di giochi, sia Forklift Simulator che Medal of Honor aumentano il malessere riportato dai partecipanti.

In figura 4.8 e 4.9 sono riportati dei grafici simili a quelli appena visti [Figure 4.6 e 4.7] ma che mostrano l'andamento del solo sintomo "General Discomfort".

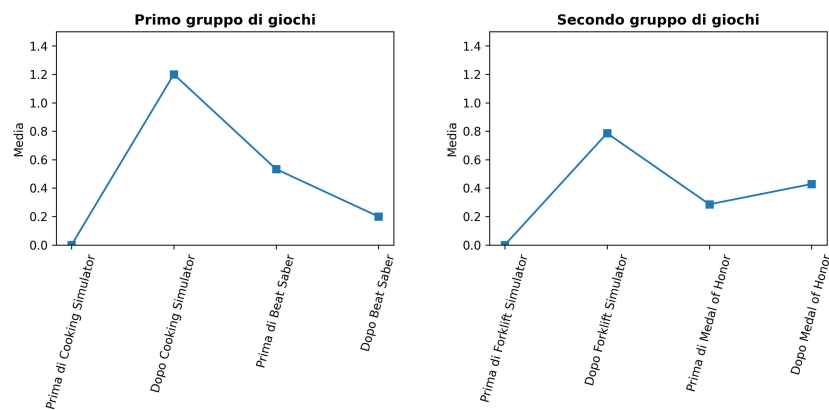


Figura 4.8: Andamento del General Discomfort (ordine originale)

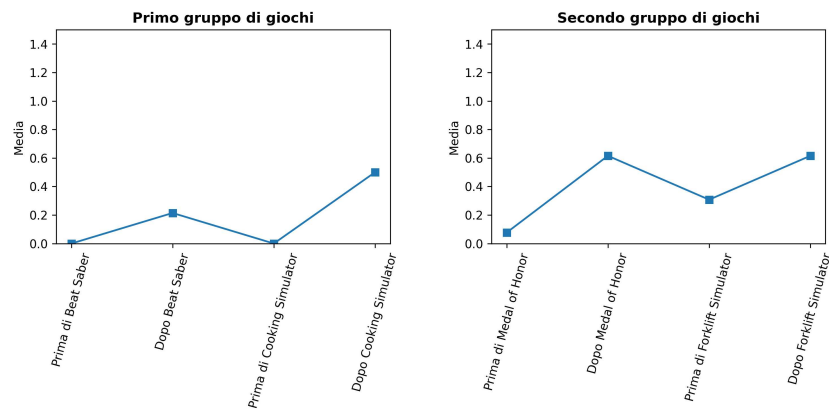


Figura 4.9: Andamento del General Discomfort (ordine invertito)

Come si è potuto osservare, l'inversione dell'ordine dei giochi nel primo gruppo conduce a una minor incidenza del sintomo "General Discomfort". Questo risultato potrebbe derivare da una serie di fattori, tra cui il più plausibile è rappresentato dalla maggiore semplicità del gioco iniziale nell'ordine invertito, rispetto a quello originale. Inoltre, va considerato che iniziare con un gioco più semplice come primo pas-

so sembra migliorare complessivamente l'esperienza degli altri giochi, contribuendo al benessere dell'utente.

Nell'ordine invertito le differenze sono trascurabili, il "General Discomfort" non viene influenzato più di tanto dall'ordine dei giochi del secondo gruppo.

Nelle Figure 4.10 e 4.11, sono presenti dei grafici analoghi a quelli precedentemente esaminati [Figure 4.6 e 4.7], ma focalizzati esclusivamente sull'evoluzione del sintomo "Nausea".

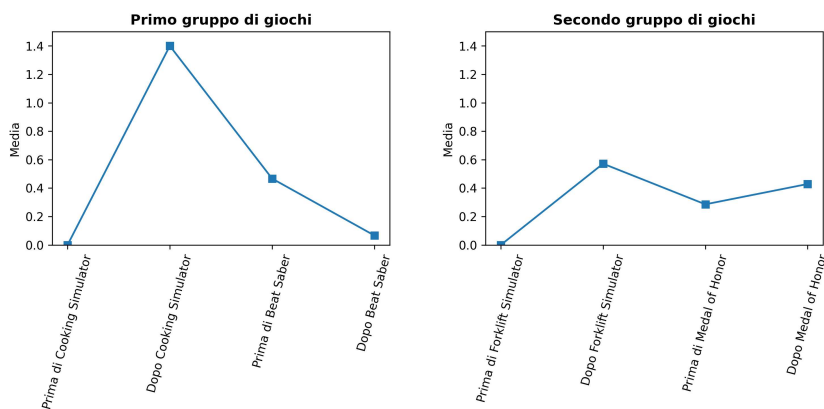


Figura 4.10: Andamento della Nausea (ordine originale)

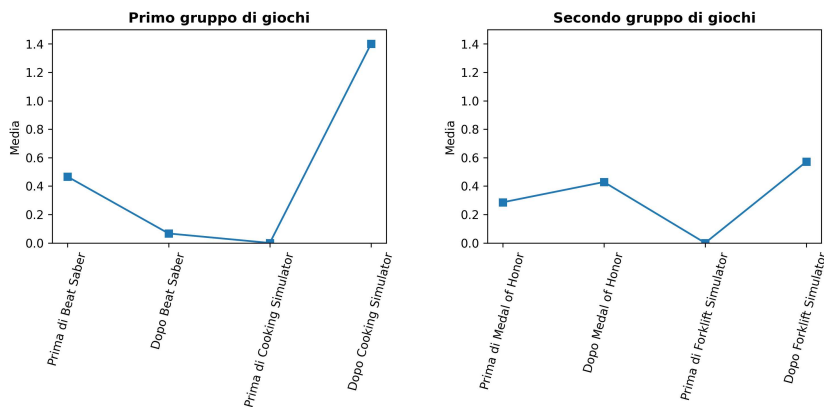


Figura 4.11: Andamento della Nausea (ordine invertito)

Come si è potuto osservare, l'inversione dell'ordine dei giochi non conduce a una variazione dell'incidenza del sintomo "Nausea", i valori assegnati dagli utenti rimangono simili in entrambi gli ordini svolti.

I dati rilevati nei due grafici indicano chiaramente che i quindici minuti di pausa tra i giochi contribuiscono al recupero dei partecipanti,

ma non sono sufficienti a eliminare completamente i sintomi. Questa osservazione suggerisce che una pausa di durata maggiore potrebbe avere un impatto ancora più positivo sul benessere dei partecipanti.

4.1.3 Valutazione dei giochi che comportano più malessere

I grafici a colonna, nel nostro caso, sono uno strumento utile ad analizzare l'andamento del malessere tra diversi giochi, poiché evidenziano le differenze nel livello di malessere prima e dopo l'esperienza. Nel grafico sono evidenziati i diversi livelli di malessere medio prima e dopo ogni gioco, è inoltre mostrata la deviazione standard per valutare con più precisione se le valutazioni dei diversi partecipanti erano simili o meno. Una deviazione standard elevata potrebbe derivare da una serie di fattori, come la tipologia di gioco o il livello di esperienza del partecipante.

In figura 4.12 è riportato un grafico a doppie colonne che mostra il malessere generale prima e dopo ogni gioco nell'ordine originale. I valori rappresentati sono compresi tra 0 e 0.6 e indicano la media di tutti i sintomi.

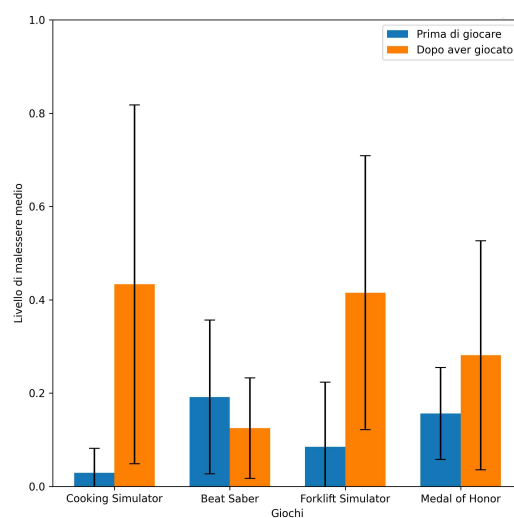


Figura 4.12: Variazione della media dei sintomi (Ordine originale)

Le due colonne più rilevanti corrispondono a Cooking Simulator e Forklift Simulator, che sono i primi giochi affrontati dai partecipanti a seconda del gruppo assegnato, si può notare che la deviazione standard più elevata si ha sul gioco Cooking Simulator, ciò indica un grande contrasto tra i voti dati dagli utenti che l'hanno giocato.

Queste colonne consentono di visualizzare in modo più evidente la variazione della media dei sintomi prima e dopo aver giocato.

In figura 4.13 è riportato un grafico simile al precedente che mostra il malessere generale prima e dopo ogni gioco in questo caso nell'ordine invertito.

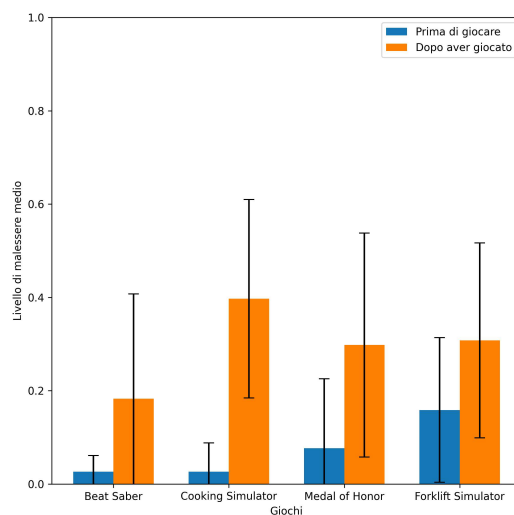


Figura 4.13: Variazione della media dei sintomi (Ordine invertito)

In questo caso le due colonne più rilevanti corrispondono a Beat Saber e Medal of Honor, che sono i primi giochi affrontati dai partecipanti a seconda del gruppo assegnato.

In questi due grafici possiamo notare con molta facilità i giochi che hanno comportato nei partecipanti la comparsa di sintomi spiacevoli. Beat Saber è il gioco che ha comportato meno effetti negativi, osservando la deviazione standard si osserva che ciò è condiviso dalla maggior parte delle persone che l'hanno provato.

Possiamo affermare nuovamente che Beat Saber è il gioco più adeguato per coloro che non hanno mai provato il visore, mentre Cooking Simulator e Forklift Simulator sono i meno indicati.

4.1.4 Ricerca di pattern tra malessere e caratteristiche del partecipante

I grafici a dispersione sono composti da punti che evidenziano in modo chiaro l'esistenza di eventuali correlazioni tra il malessere generale e variabili come età, genere, esperienze passate con visori VR o esperienze pregresse nel campo del gaming.

Per evidenziare le differenze e cercare di identificare possibili pattern, abbiamo disposto i punti nei grafici. La posizione di ogni punto rappresenta il livello di malessere di un individuo, mentre per rappresentare le caratteristiche del partecipante, il punto è stato colorato in una scala graduale di colori. Questa colorazione ci permette di comprendere, in ciascun grafico, le variabili quali età, genere, esperienze passate con visori VR e l'esperienza pregressa nel campo del gaming.

Nei grafici successivi, i dati sono stati lievemente modificati aggiungendo un valore trascurabile che non ha alcuna influenza sui risultati. Questa modifica è stata apportata al fine di separare chiaramente i punti che si sovrapponevano, consentendo così un'analisi più completa dei dati.

In figura 4.14 è riportato un grafico a dispersione che mostra con una scala colori (dal giallo al rosso) l'età dei partecipanti per studiarne le correlazioni con i sintomi.

L'età dei partecipanti è stata limitata a un intervallo compreso tra 18 e 35 anni. Nei grafici, i punti più inclini al rosso rappresentano i partecipanti più anziani, mentre quelli tendenti al giallo rappresentano i partecipanti più giovani.

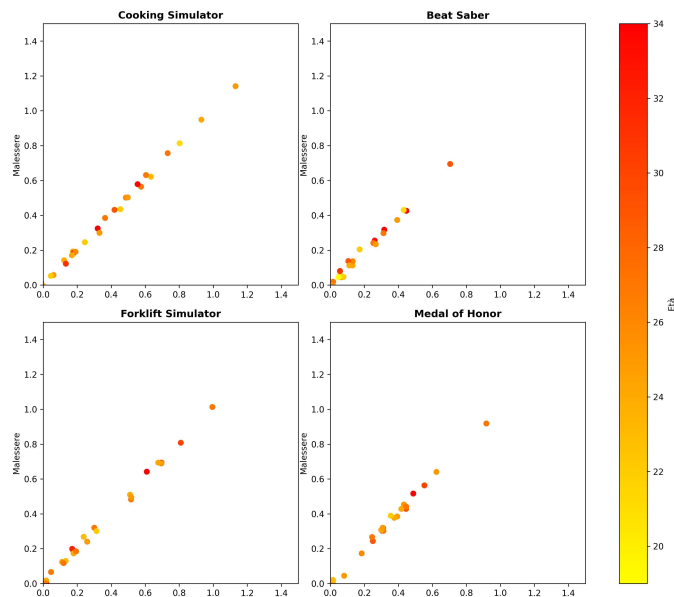


Figura 4.14: Valutazione della correlazione tra l'età e il grado di malesere

Tuttavia, osservando attentamente i grafici, sembra che non ci sia una chiara correlazione tra il colore dei punti e il malesere manifestato dai partecipanti. Questa mancanza di un pattern evidente nei colori suggerisce che, in base ai dati disponibili, l'età potrebbe non influenzare significativamente la presenza di sintomi tra i partecipanti.

In figura 4.15 è riportato un grafico a dispersione che mostra con colori diversi (blu e rosso) il genere per studiarne le correlazioni con i sintomi.

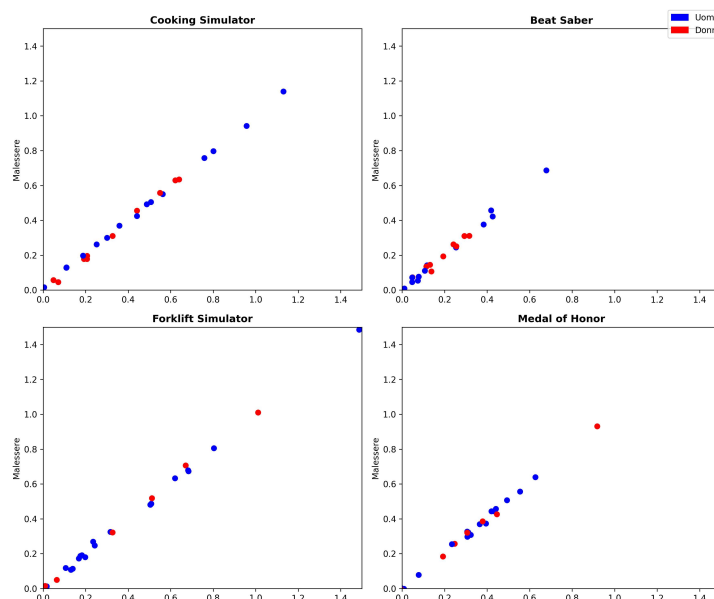


Figura 4.15: Valutazione della correlazione tra il genere e il grado di malesere

Il numero di partecipanti di sesso maschile è stato di 36, mentre il numero di partecipanti di sesso femminile è stato di 20. Questa significativa differenza nel numero di campioni potrebbe influenzare la validità delle conclusioni che possiamo trarre dalla valutazione dell'incidenza della simulation sickness in relazione al genere.

Dai dati attuali non si riscontra una correlazione tra malessere e genere dei partecipanti, è importante però considerare che la dimensione del campione di partecipanti femminili è notevolmente inferiore rispetto a quello maschile. Per ottenere conclusioni più affidabili e generalizzabili, sarebbe opportuno raccogliere un numero più equilibrato di partecipanti di entrambi i sessi. In questo modo, si potrebbe aumentare la validità delle conclusioni statistiche e ridurre il rischio di risultati fuorvianti dovuti a differenze nel campione.

In figura 4.16 è riportato un grafico a dispersione che mostra con una scala colori (dal verde al rosso) l'esperienza pregressa con visori VR per studiarne le correlazioni con i sintomi.

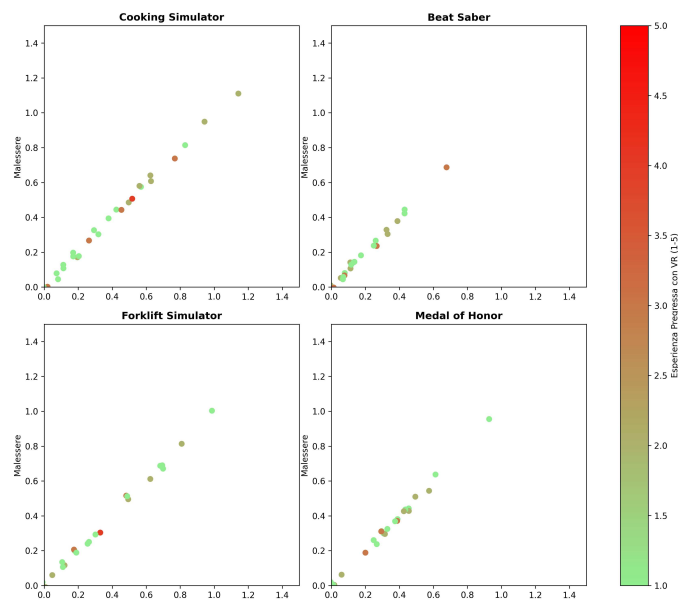


Figura 4.16: Valutazione della correlazione tra l'esperienza con visori VR e il grado di malessere

Come evidenziato, risulta plausibile che persino gli individui con esperienza pregressa nell'uso del visore possano sperimentare la simulation sickness. Questa situazione potrebbe essere attribuita alle variazioni nello stile di gioco rispetto a quello a cui i partecipanti sono abitua-

ti. Inoltre, si osserva che coloro che non hanno mai utilizzato un visore potrebbero non avere riportato sintomi correlati alla simulation sickness.

L'analisi dei grafici rileva in modo chiaro che la maggior parte dei soggetti che hanno riportato sensazioni di malessere sono quelli che non avevano esperienza pregressa con i visori virtuali. È importante notare che questa constatazione non può essere oggettivamente valutata, principalmente a causa del fatto che la maggioranza dei partecipanti non aveva esperienza con visori virtuali in passato, o le loro esperienze erano limitate.

In figura 4.17 è riportato un grafico a dispersione che mostra con una scala colori (dall'azzurro al viola) l'esperienza in campo Gaming per studiarne le correlazioni con i sintomi.

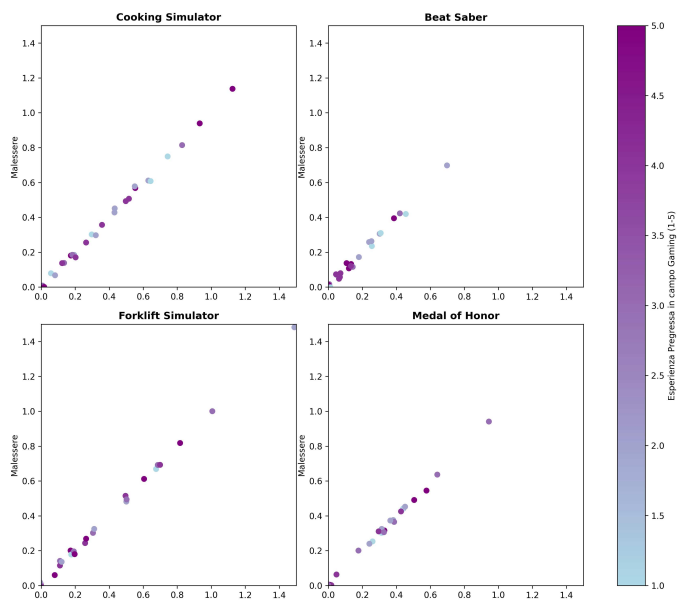


Figura 4.17: Valutazione della correlazione tra l'esperienza in campo gaming e il grado di malessere

In questa situazione, emerge una variazione significativa dei risultati in base al tipo di gioco preso in considerazione. Per esempio, nell'analisi del gioco "Cooking Simulator", si rileva una suddivisione equilibrata dei diversi livelli di esperienza nel campo del gaming rispetto ai vari gradi di malessere. Questo suggerisce che l'esperienza pregressa nei

giochi non sembra influire in modo consistente sui livelli di discomfort riportati dai partecipanti.

Tuttavia, una dinamica differente emerge nell'analisi di "Beat Saber". Qui si osserva una corrispondenza più attesa tra l'esperienza pregressa dei partecipanti e i livelli di malessere riportati. In particolare, i dati mostrano che coloro che hanno più esperienza nel gioco si sono sentiti in generale meglio rispetto a chi ha giocato per la prima volta o ha una limitata esperienza.

Le considerazioni fatte suggeriscono che le persone con esperienze pregresse nel campo del gaming potrebbero essere meno inclini alla simulation sickness per diverse ragioni. La più plausibile è che abbiano un miglior adattamento alla realtà virtuale del gioco, ma anche l'abitudine di stare a lungo davanti a uno schermo con immagini di gioco molto rapide, pur non trovandosi in ambiente VR.

Queste esperienze passate nel gaming potrebbero contribuire a una maggiore resistenza o adattamento alle situazioni immersive e veloci, riducendo così la probabilità di malessere durante l'uso di visori VR o esperienze simili.

Dai grafici a dispersione analizzati finora, sembra che non ci sia una correlazione evidente tra l'età e il genere dei partecipanti e il malessere da loro manifestato. Tuttavia, si nota una leggera tendenza a una minore manifestazione di sintomi tra coloro che hanno esperienza con visori VR o nell'ambito del gaming. Questa affermazione non vale in modo universale per tutti i partecipanti, suggerendo che potrebbero esserci altri fattori in gioco, inoltre per valutare meglio possibili correlazioni sarebbe opportuno svolgere ulteriori test per aumentare le informazioni del dataset utilizzato.

4.2 Analisi del movimento

Attraverso la manipolazione della posizione dei partecipanti all'interno dei confini del campo di gioco, è stato possibile calcolare la media dei metri percorsi al minuto per ciascun gioco. La scelta di utilizzare i metri al minuto è necessaria a valutare con criteri equiparabili i diversi giochi, i quali hanno caratteristiche differenti come tempo di gioco e movimento. L'obiettivo dell'analisi del movimento del visore è di evidenziare una possibile correlazione tra l'attività fisica e il benessere del partecipante, allo scopo di identificare l'insorgenza di sintomi e determinare se fosse influenzata in qualche modo dai movimenti compiuti dai partecipanti.

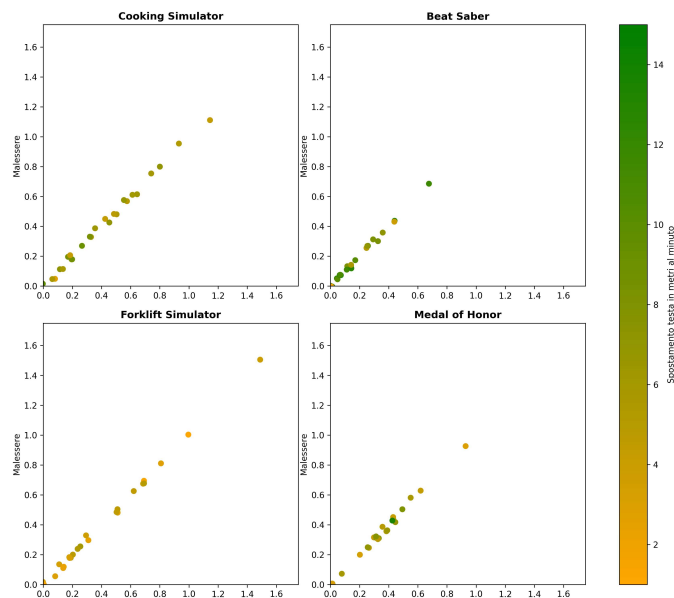


Figura 4.18: Scatter Plot dell'influenza del movimento sul malessera

Dall'analisi dei grafici, emergono chiaramente le differenze nei livelli di movimento tra i vari giochi. Beat Saber si distingue per un alto grado di movimento, mentre Forklift Simulator presenta movimenti limitati. Questi dati consentono di valutare come i movimenti abbiano potuto influenzare l'insorgenza di sintomi nei partecipanti.

È interessante notare che in due giochi, Beat Saber e Medal of Honor, chi si spostava di meno sembrava essere più incline a provare sintomi. Questo potrebbe essere attribuito alla discrepanza tra i movimenti nel gioco e quelli nella realtà. In altre parole, se i partecipanti non

si muovevano abbastanza per adattarsi al ritmo del gioco, potrebbero aver sperimentato disagio o malessere a causa di questa discrepanza. Queste osservazioni suggeriscono che l'intensità dei movimenti e la loro coerenza con il contesto del gioco possono avere un impatto significativo sulla sensazione di benessere dei partecipanti. La comprensione di questa correlazione potrebbe essere utile per sviluppare giochi più adatti alle capacità fisiche dei giocatori e per migliorare l'esperienza di gioco nel complesso.

4.3 Analisi dell'inclinazione della testa

Attraverso la manipolazione dei dati dell'inclinazione della testa dei partecipanti, è stato possibile calcolare un valore che rappresentasse lo spostamento della visuale durante il gameplay. Questo dato è servito a colorare con una scala colori (dall'arancione al rosso) i vari punti posizionati nel grafico in base al livello di malessere.

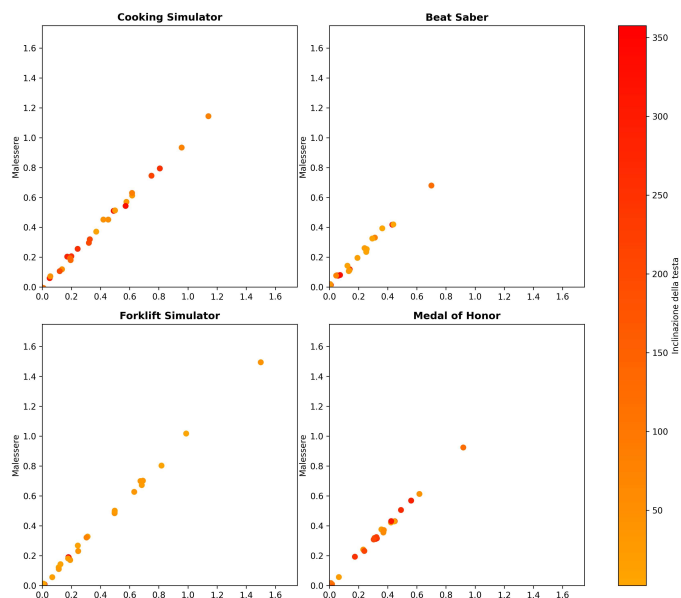


Figura 4.19: Valutazione della correlazione tra l'inclinazione della testa e il grado di malessere

Dall'analisi dei grafici, sembra emergere un maggiore movimento dell'inclinazione della testa nei giochi Cooking Simulator e Medal of Honor. Questo potrebbe essere attribuito al fatto che in questi giochi è

necessario osservare attentamente l'ambiente circostante per svolgere determinate attività, come individuare la posizione degli ingredienti in Cooking Simulator o dei nemici in Medal of Honor.

Per esaminare eventuali correlazioni con il malessere generale dei partecipanti, è essenziale analizzare separatamente i dati relativi a ciascun gioco, considerando le notevoli differenze nei loro stili di gameplay.

In Cooking Simulator, ad eccezione di alcune situazioni particolari, è emerso che coloro che si spostavano frequentemente con la visuale sembravano sperimentare minori sensazioni di malessere rispetto a chi manteneva una prospettiva più statica. Questo fenomeno potrebbe essere attribuibile all'uso dell'analogico come metodo di controllo della visuale, il quale può generare una maggiore discordanza tra le azioni nel gioco e la realtà percepita.

In Beat Saber, al contrario, un movimento limitato della visuale sembrava associarsi a un minore disagio. Questo potrebbe suggerire che i partecipanti che si muovevano eccessivamente potrebbero non aver seguito in modo adeguato il ritmo di gioco stabilito, il che potrebbe aver contribuito a sentimenti di confusione.

Nel caso di Forklift Simulator, l'inclinazione della testa era limitata grazie alla presenza di specchietti retrovisori nel gioco, che riducevano la necessità di inclinare il busto e la testa nei livelli di retromarcia. Di conseguenza, non è stato possibile identificare una correlazione significativa tra l'inclinazione della testa e il malessere nei dati raccolti.

Per quanto riguarda Medal of Honor, non sono emerse chiare correlazioni con il malessere. Una possibile spiegazione potrebbe risiedere nella vasta gamma di opzioni di approccio al gameplay offerte ai giocatori, che consentiva di adottare stili di gioco molto diversi, dal più frenetico a un approccio più ponderato e con movimenti più limitati.

Sono stati fatti ulteriori grafici per mostrare il movimento verticale della testa dei partecipanti, utile a capire meglio gli effetti dell'alzare ed abbassare lo sguardo durante il gameplay.

Come si può notare i dati sull'inclinazione riguardanti Cooking Simulator 4.20 sono molto distribuiti, ciò è dovuto ad un movimento molto

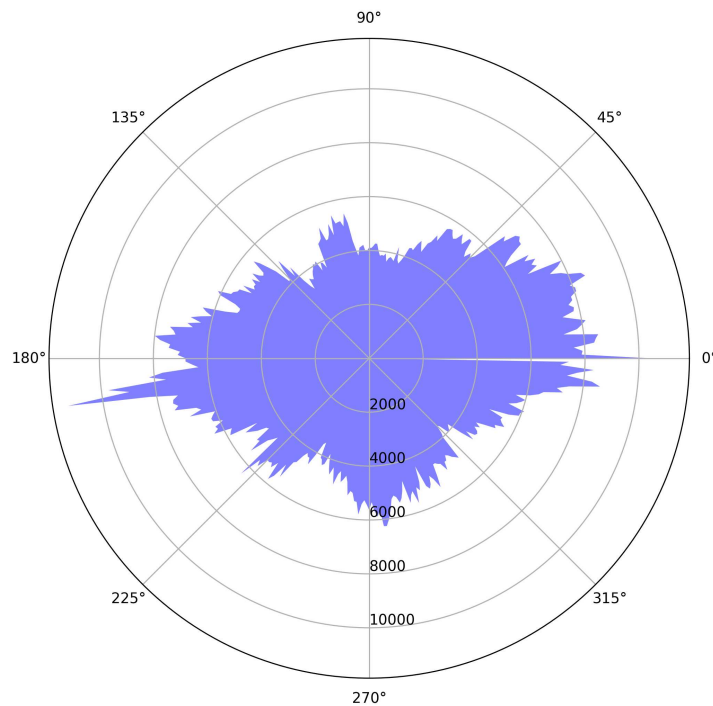


Figura 4.20: Inclinazione della testa durante il gameplay di Cooking Simulator

accentuato della visuale. La ricerca di ingredienti negli scaffali a diverse altezze o altri aspetti del gameplay, hanno portato ad un maggiore movimento della visuale sull'asse verticale.

Dal grafico di Beat Saber 4.21, al contrario del precedente, la visuale è concentrata sull'asse orizzontale, ciò è dovuto ad un gameplay più statico per quanto riguarda i movimenti verticali della visuale. I cubi del gioco arrivavano quasi completamente sempre dalla stessa altezza diminuendo il bisogno di osservare l'ambiente circostante sull'asse verticale.

Anche in Forklift Simulator 4.22 la visuale è concentrata maggiormente sull'asse orizzontale. Nel gameplay era inutile osservare i pedali o il tettuccio del muletto, ciò ha ristretto il campo visivo come si nota appunto dal grafico.

Infine, in Medal of Honor 4.23, in modo analogo a Cooking Simulator, si nota una maggiore distribuzione dei dati nelle varie direzioni. Il gameplay rapido e movimentato ha reso più vario il valore dell'inclinazione verticale della testa.

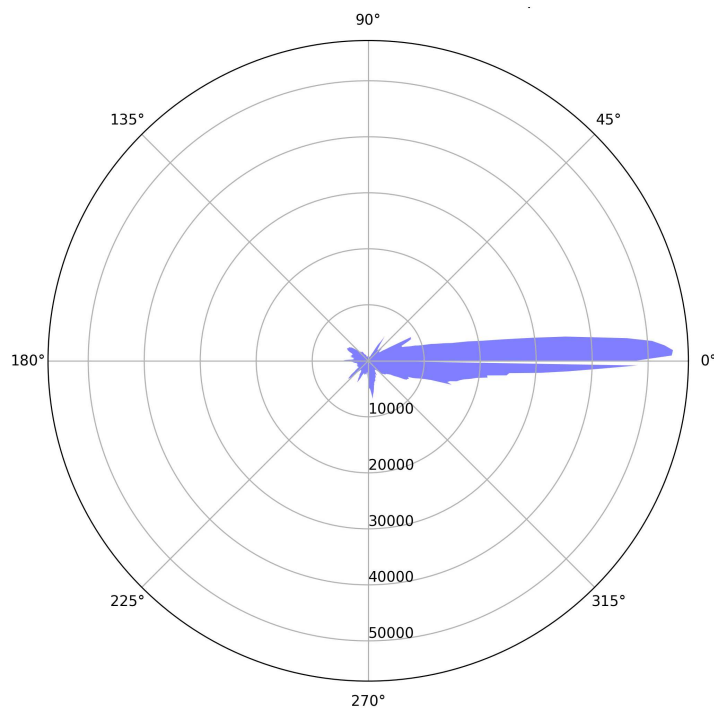


Figura 4.21: Inclinazione della testa durante il gameplay di Beat Saber

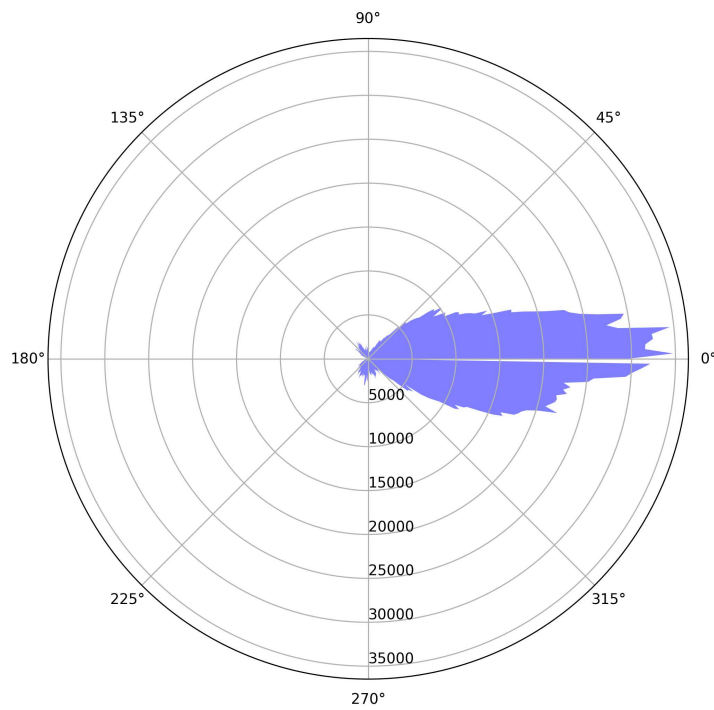


Figura 4.22: Inclinazione della testa durante il gameplay di Forklift Simulator

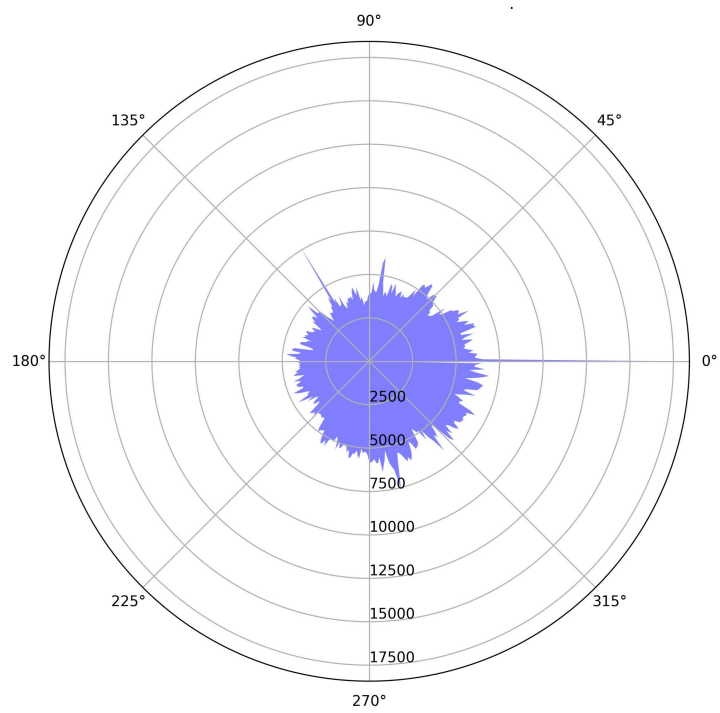


Figura 4.23: Inclinazione della testa durante il gameplay di Medal of Honor

Capitolo 5

Conclusioni

In conclusione, la ricerca condotta ha fornito importanti approfondimenti riguardo la simulation sickness e la sua correlazione con il comportamento dei partecipanti durante la fruizione di giochi virtuali. L'analisi dei dati ha evidenziato chiaramente che le esperienze pregresse dei partecipanti giocano un ruolo significativo nell'insorgenza del malessere virtuale. Questo suggerisce che una maggiore familiarità con l'uso dei dispositivi VR e le simulazioni immersive potrebbe contribuire a ridurre la frequenza e l'intensità della simulation sickness.

Inoltre, è emerso che le pause tra un gameplay e l'altro possono aiutare a migliorare lo stato psicofisico del partecipante. Tuttavia, è importante notare che, sebbene pause più lunghe possano essere più efficaci nel mitigare il malessere virtuale, ciò potrebbe compromettere l'immersività prolungata nel mondo VR.

I risultati hanno anche dimostrato che non esiste una correlazione statisticamente significativa tra il malessere virtuale e il genere o l'età dei partecipanti. Questo ci propone che la predisposizione a sperimentare la simulation sickness non è influenzata da questi fattori demografici.

Un altro importante risultato emerso dalla ricerca, è che una maggiore discrepanza tra i movimenti del giocatore nel mondo virtuale e quelli nel mondo reale, è correlata a un aumento del malessere virtuale. Questo sottolinea l'importanza della progettazione accurata degli ambienti virtuali e dei giochi.

In sintesi, questa tesi ha contribuito a migliorare la nostra comprensione della simulation sickness e dei fattori associati. Questi risultati possono essere utilizzati per sviluppare strategie di progettazione di giochi virtuali più efficaci e per guidare

futura ricerca nel campo della realtà virtuale, al fine di migliorare l'esperienza dell'utente e ridurre l'insorgenza del malessere virtuale.

Acronym

AR *Augmented Reality*

VR *Virtual Reality*

CSV *Comma-Separated Values file*

SSQ *Simulation Sickness Questionnaire*

Bibliografia

- [1] *Oculus Monitor*, 2020. URL: <https://communityforums.atmeta.com/t5/VR-Experiences/Oculus-Monitor-v0-2-2-27-Mar-20/td-p/708659>.
- [2] Apple. Apple. URL: <https://www.apple.com/>.
- [3] Electronic Arts. Medal of honor. URL: <https://www.oculus.com/medal-of-honor/>.
- [4] S. Bruck and P. A. Watters. Estimating cybersickness of simulated motion using the simulator sickness questionnaire (ssq): A controlled study. In *2009 Sixth International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGIV 2009)*, pages 486–488, Los Alamitos, CA, USA, aug 2009. IEEE Computer Society. URL: <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/CGIV.2009.83>, doi:10.1109/CGIV.2009.83.
- [5] Andrea Carobene. Realtà virtuale. URL: <https://www.treccani.it/enciclopedia/realta-virtuale>.
- [6] Sue V. G. Cobb, Sarah Nichols, Amanda Ramsey, and John R. Wilson. Virtual reality-induced symptoms and effects (vrise). *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 8(2):169–186, apr 1999. doi:10.1162/105474699566152.
- [7] Cultur-e. Realtà virtuale, l'evoluzione dalle origini ai nostri giorni. URL: <https://www.fastweb.it/fastweb-plus/digital-magazine/realta-virtuale-l-evoluzione-dalle-origini-ai-nostri-giorni/>.
- [8] Cultur-e. Realtà virtuale: un futuro sempre più vicino. URL: <https://www.fastweb.it/fastweb-plus/digital-magazine/realta-virtuale-un-futuro-sempre-piu-vicino/>.

- [9] J. Dong, K. Ota, and M. Dong. Why vr games sickness? an empirical study of capturing and analyzing vr games head movement dataset. *IEEE MultiMedia*, 29(02):74–82, apr 2022. doi:10.1109/MMUL.2022.3176142.
- [10] Xiao Dong, Ken Yoshida, and Thomas Stoffregen. Control of a virtual vehicle influences postural activity and motion sickness. *Journal of experimental psychology. Applied*, 17:128–38, 06 2011. doi:10.1037/a0024097.
- [11] Beat Games. Beat saber. URL: <https://beatsaber.com/>.
- [12] Blind Squirrel Games. Forklift simulator. URL: https://store.steampowered.com/app/939450/Forklift_Simulator_2019/.
- [13] C. Groth, J. Tauscher, N. Heesen, M. Hattenbach, S. Castillo, and M. Magnor. Omnidirectional galvanic vestibular stimulation in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 28(05):2234–2244, may 2022. doi:10.1109/TVCG.2022.3150506.
- [14] S. Jung, R. Li, R. McKee, M. C. Whitton, and R. W. Lindeman. Floor-vibration vr: Mitigating cybersickness using whole-body tactile stimuli in highly realistic vehicle driving experiences. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, 27(05):2669–2680, may 2021. doi:10.1109/TVCG.2021.3067773.
- [15] J. W. Kelly, S. B. Gilbert, M. C. Dorneich, and K. A. Costabile. Gender differences in cybersickness: Clarifying confusion and identifying paths forward. In *2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pages 283–288, Los Alamitos, CA, USA, mar 2023. IEEE Computer Society. URL: <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/VRW58643.2023.00067>, doi:10.1109/VRW58643.2023.00067.
- [16] Robert S. Kennedy, Norman E. Lane, Kevin S. Berbaum, and Michael G. Lilienthal. Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3):203–220, 1993. URL: https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3, arXiv:https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3, doi:10.1207/s15327108ijap0303_3.
- [17] P. Kourtesis, R. Amir, J. Linnell, F. Argelaguet, and S. E. MacPherson. Cybersickness, cognition, & motor skills: The effects of music, gender, and gaming experience. *IEEE*

Transactions on Visualization & Computer Graphics, 29(05):2326–2336, may 2023.
doi:10.1109/TVCG.2023.3247062.

- [18] Omar Merhi, Elise Faugloire, Moira Flanagan, and Thomas Stoffregen. Motion sickness, console video games, and head-mounted displays. *Human factors*, 49:920–34, 11 2007. doi:10.1518/001872007X230262.
- [19] Meta. Meta. URL: <https://about.meta.com/it/metaverse/>.
- [20] Meta. Meta quest 2. URL: <https://www.meta.com/it/quest/products/quest-2/>.
- [21] Neuralink. Neuralink. URL: <https://neuralink.com/>.
- [22] K. T. Pohlmann, G. Li, M. McGill, F. Pollick, and S. Brewster. Can gender and motion sickness susceptibility predict cybersickness in vr ? In *2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, pages 277–282, Los Alamitos, CA, USA, mar 2023. IEEE Computer Society. URL: <https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/VRW58643.2023.00066>, doi:10.1109/VRW58643.2023.00066.
- [23] James T. Reason. Motion sickness—some theoretical considerations. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1(1):21–38, 1969. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002073736980009X>, doi:[https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(69\)80009-X](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(69)80009-X).
- [24] Gary E. Riccio and Thomas A. Stoffregen. An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*, 3(3):195–240, 1991. URL: https://doi.org/10.1207/s15326969eco0303_2, arXiv:https://doi.org/10.1207/s15326969eco0303_2, doi:10.1207/s15326969eco0303_2.
- [25] Thomas Stoffregen, Elise Faugloire, Ken Yoshida, Moira Flanagan, and Omar Merhi. Motion sickness and postural sway in console video games. *Human factors*, 50:322–31, 05 2008. doi:10.1518/001872008X250755.
- [26] Big Cheese Studio. Cooking simulator. URL: https://store.steampowered.com/app/641320/Cooking_Simulator/.

- [27] R. Venkatakrisnan, R. Venkatakrisnan, B. Raveendranath, D. M. Sarno, A. C. Robb, W. Lin, and S. V. Babu. The effects of auditory, visual, and cognitive distractions on cybersickness in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization & Computer Graphics*, pages 1–16, jul 2023. doi : 10 . 1109 / TVCG . 2023 . 3293405.

