



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia Generale**

**Corso di laurea in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche**

**Elaborato finale**

**Apprendimento e riapprendimento di un ambiente tramite  
navigazione virtuale**

**Learning and Relearning of an Environment from Virtual Navigation**

***Relatrice***

**Prof.ssa Veronica Muffato**

***Laureando: Nicolò Spada***

***Matricola:2016078***

Anno Accademico 2023



# INDICE

INTRODUZIONE.....	5
CAPITOLO 1. La Navigazione Spaziale.....	7
1.1 Navigazione spaziale ed apprendimento di ambiente attivo e passivo.....	7
1.2 Tipologie di conoscenze spaziali e le loro valutazioni.....	8
1.3 Ruolo della memoria di lavoro individuale nell'apprendimento di ambiente e differenze individuali nella conoscenza spaziale.....	10
1.4 Apprendimento e riapprendimento di materiale in tempi diversi.....	11
CAPITOLO 2: l'esperimento.....	13
2.1 Obiettivi.....	13
2.1.1. Ipotesi.....	13
2.2 Metodo.....	14
2.2.1 Partecipanti.....	14
2.2.2 Materiali.....	17
2.2.2.1 Sessione 1.....	17
2.2.2.2 Sessione 2.....	18
2.2.2.3 Sessione 3.....	23
2.2.3. Procedura.....	23
2.3 Risultati.....	25
2.3.1 Differenza di prestazione tra gruppo Apprendimento e Gruppo Ri-Apprendimento.....	25
2.3.2 Relazione tra apprendimento in ambiente online e ambiente in modalità CAVE 18 mesi dopo.....	26

CAPITOLO 3. Discussione.....	29
3.1 Differenze nella navigazione spaziale in ambienti appresi e riappresi a distanza di diciotto mesi.....	29
3.2 Correlazioni interne al gruppo Ri-Apprendimento tra le prestazioni dopo la prima e la seconda visione dell'ambiente .....	30
3.3 Limiti e prospettive future .....	31
CAPITOLO 4. Conclusioni.....	33
Bibliografia.....	35

## INTRODUZIONE

L'essere umano sfrutta quotidianamente le abilità di navigazione e ciò determina una grande variabilità interindividuale di tali capacità. Pertanto, risulta interessante esaminare il processo di apprendimento delle informazioni spaziali da parte delle persone. Nonostante l'incremento nell'interesse della comunità scientifica riguardo al tema, esistono ancora specifiche aree che risultano essere poco esplorate. Nella letteratura odierna, per esempio, lo studio del fenomeno dell'apprendimento e riapprendimento di ambienti a distanza di tempo risulta essere scarso. La seguente ricerca si pone quindi come obiettivo quello di confrontare la conoscenza di un percorso in una città virtuale (testata attraverso il compito di ripercorso e di disegno su mappa), relativa a due gruppi che si differenziano per l'aver o il non aver appreso tempo prima (diciotto mesi) l'ambiente.

Nel primo capitolo si presenta un'introduzione generale alla navigazione spaziale, tra delineando le differenze tra apprendimento di ambiente virtuale in maniera attiva e passiva, le tipologie di conoscenze delle rappresentazioni mentali spaziali ed i relativi compiti di valutazione, le differenze individuali nella cognizione spaziale e alla memoria di lavoro visuospatiale e, infine, le modalità di riapprendimento di materiale a distanza di tempo. Nel secondo capitolo si precisa lo svolgimento dell'esperimento, partendo dagli obiettivi e dalle ipotesi poste, passando poi alla descrizione dei partecipanti, delle prove a loro presentate e delle regole di svolgimento. L'esperimento coinvolge un campione composto da 74 partecipanti: 54 donne e 20 uomini, di età compresa tra i 20 e i 35 anni. Di questi, 33 partecipanti sono nel gruppo che si presta per la prima volta alla visione dell'ambiente mentre 41 appartengono al gruppo che lo sta per riapprendere per la seconda volta. I due gruppi sono stati confrontati tramite test cognitivi che valutano la memoria di lavoro visiva, spaziale e visuospatiale (adattati da De Beni et al., 2008; adattati da Mammarella et al., 2008; Corsi, 1972). Successivamente, i partecipanti hanno appreso attivamente l'ambiente virtuale e un percorso relativo in CAVE attraverso l'utilizzo di un joystick. In seguito, la rappresentazione spaziale dei partecipanti viene valutata attraverso due compiti: uno di ripercorso e uno di disegno di mappa. Inoltre, si confronteranno le prestazioni dei partecipanti che fanno parte del gruppo che ha riappreso l'ambiente analizzando la prestazione dopo la prima visione (18 mesi prima) con quella dopo la seconda visione (ora).

Nel terzo e nel quarto capitolo si espongono la discussione dei risultati ottenuti e la conclusione, in modo tale da poter confrontarli con la letteratura di riferimento al fine di comprenderne possibili spiegazioni, limiti e prospettive future.

# CAPITOLO 1. La Navigazione Spaziale

## 1.1 Navigazione spaziale ed apprendimento di ambiente attivo e passivo

La navigazione spaziale è un processo che riguarda la *locomotion*, ovvero il movimento, ed il *wayfinding*, cioè l'orientamento (Montello, 2001) ed è il mezzo tramite cui si apprendono le conoscenze relative all'ambiente ed alla nostra posizione spaziale in esso. Il movimento è una parte essenziale della vita umana che permette di interagire con il mondo fisico, realizzare attività quotidiane ed esplorare l'ambiente, divenendo così parte importante per il nostro benessere. Ciò che permette l'orientamento, il ricordo dei percorsi, luoghi e distanze sono le rappresentazioni mentali spaziali che vengono immagazzinate sia nella memoria a breve termine sia in quella a lungo termine. Secondo Werner e Kaplan (1963) la conoscenza spaziale viene elaborata a tre livelli integrativi: azione nello spazio, percezione dello spazio e concezione dello spazio. Secondo gli autori questi sistemi sono coesistenti. Edward Tolman (1948) fu il primo a teorizzare queste rappresentazioni definendole "mappe cognitive". D'altra parte, Siegel e White (1975) affermano che queste immagini mentali non sono vere e proprie mappe o *frame*, e spesso non sono neanche simili. La navigazione spaziale è particolarmente complessa perché è un processo multisensoriale in cui le informazioni hanno bisogno di essere integrate e manipolate nello spazio e nel tempo (Wolbers & Hegarty, 2010).

Come spiegano Chrastil e Warren (2011, 2013) la capacità di apprendimento dell'ambiente può avvenire in maniera attiva, quando, per esempio, viene intrapresa un'esperienza diretta di orientamento in una città come può essere la guida di una vettura, oppure in maniera passiva, quando l'ambiente viene appreso indirettamente come per esempio se si è passeggeri di una macchina o tramite altri mezzi di trasporto. L'apprendimento passivo si basa solo sulle informazioni visive relative alle caratteristiche dell'ambiente e alle caratteristiche percettive del movimento come il flusso ottico o la disparità binoculare; l'attiva, invece, si basa su comandi motori efferenti, informazioni propriocettive riguardanti lo spostamento, informazioni vestibolari sul movimento della testa, processi decisionali cognitivi sul percorso e sulla direzione, attenzione selettiva sulle proprietà spaziali dell'ambiente e sulla manipolazione mentale delle informazioni spaziali (Chrastil & Warren, 2011, 2013). Secondo vari autori, l'apprendimento attivo è un processo che

risulta più efficiente di quello passivo (Chrastil & Warren, 2013; Meade et al., 2019). Nel presente studio, l'acquisizione dell'ambiente avviene in maniera attiva tramite realtà virtuale e confronta partecipanti che lo hanno appreso diciotto mesi prima in maniera passiva rispetto a quelli che sono entrati a contatto con l'ambiente per la prima volta. Dopo aver esaminato le possibili modalità di apprendimento è importante soffermarsi sulle tipologie di rappresentazione spaziale, le quali permettono la capacità di navigazione.

## **1.2 Tipologie di conoscenze spaziali e le loro valutazioni**

I primi modelli cognitivi della navigazione spaziale umana che proposero tipologie di rappresentazioni dell'ambiente diverse e complementari furono teorizzati da Siegel e White (1975). Secondo gli autori la navigazione spaziale era composta da tre livelli sequenziali di processo e complessità crescente e il loro sviluppo si forma in base all'esperienza e all'apprendimento dell'ambiente. Queste rappresentazioni hanno il nome di *landmarks*, *routes* e *configurations*: i landmarks sono "configurazioni uniche di eventi percettivi che identificano posizioni geografiche specifiche". Questi svolgono un ruolo fondamentale nell'orientamento e nella navigazione, poiché fungono da punti di riferimento chiave per gli spostamenti. Le rappresentazioni *routes*, d'altro canto, "sono routine sensorimotorie non stereotipiche, guidate da aspettative relative a landmarks e punti di decisione". Le *routes*, perciò, sono rappresentazioni dei percorsi di movimento tra diversi *landmarks* e aiutano a guidare la navigazione tra i punti di riferimento dell'ambiente. L'ambiente può essere considerato come un insieme di *landmarks* collegati tramite *routes*. Oltre a *landmarks* e *routes*, una terza componente teorizzata è la rappresentazione delle *configurations*. Questa conoscenza delle *configurations* è "più sofisticata rispetto a una mera mappa minimalista" ed è la rappresentazione mentale di aree e di relazioni spaziali presenti nell'ambiente. Essa include la percezione di contorni di territori, schemi grafici o metafore figurative, ed ha un punto di vista allocentrico, ovvero una rappresentazione spaziale indipendente dalla posizione come se fosse vista dall'alto (Klatzky, 1998). Al contrario i *landmarks* e le *routes* hanno un punto di vista egocentrico, ovvero una rappresentazione dello spazio costruito in prima persona (Klatzky, 1998). Le configurazioni permettono il *wayfinding* quando il percorso abituale non è percorribile. La teoria di Siegel e White sulla navigazione spaziale ha proposto l'importanza dei punti di riferimento



e dei percorsi nella rappresentazione dello spazio, che nonostante alcune incongruenze, ha avuto un impatto significativo nello studio della navigazione. Altri approcci successivi hanno cercato di migliorare e integrare il modello originale. Successivamente, sono state sviluppate altre teorie, come quella proposta da Claessen e van der Ham (2017), che integrano prospettive egocentriche ed allocentriche e considerano la conoscenza di *landmarks*, *locations* e *paths* come tre concetti cognitivi separati. Questo studio neuropsicologico ha permesso di superare la visione sequenziale e gerarchica nella formazione di rappresentazioni spaziali sostituendola con una orientata alla divisione di questi processi in maniera parallela e integrata. Sono infatti state riscontrate delle dissociazioni in individui con disturbi della navigazione per le tre diverse modalità di rappresentazione. In particolare, la conoscenza relativa ad i landmarks si riferisce al “cosa” dell’ambiente, perciò agli elementi, ai punti di riferimento, come per esempio edifici, infrastrutture o parchi; la conoscenza relativa alla *location* è relativa al “dove”, ovvero alla posizione dei landmarks sia da un punto di vista allocentrico che da uno egocentrico; infine, la conoscenza *paths* si riferisce al “come”, ovvero permette la formazione dei percorsi possibili per arrivare in un determinato luogo. Come affermato da van der Ham e colleghi (2020) la valutazione della capacità di navigazione, in un’ottica ideale, farebbe ricorso a un test accettato, completo e standardizzato. La varietà di compiti e approcci esistenti trovati in letteratura, però, suggeriscono che non esiste uno strumento di valutazione di tale portata (Gazova et al., 2012; Lester et al., 2017; Lithfous et al., 2013), perciò è utile analizzare diversi compiti per la valutazione dei diversi domini di navigazione. Gli ambienti utilizzati in questi compiti sono familiari per i partecipanti o sono stati appresi. L’apprendimento può essere attivo, come tramite navigazione diretta nell’ambiente (Muffato et al., 2016, 2019), o passivo, tramite la visione di un video (Meilinger et al., 2008); inoltre l’ambiente può essere appreso tramite realtà virtuale (Meneghetti et al., 2021), come nel presente esperimento. I compiti utilizzati per valutare la conoscenza dei landmarks possono essere a richiamo libero o riconoscimento di edifici in ambienti appresi o familiari (Janzen et al., 2008; Stankiewicz & Kalia, 2007). Per quanto riguarda la conoscenza relativa alla *location* si possono dividere in compiti con prospettiva egocentrica, come nel caso dei compiti di *pointing*, ovvero indicare la direzione di un punto di riferimento rispetto al tuo punto di vista (Wang & Spelke, 2000) o con prospettiva allocentrica, come il compito di dover indicare su una mappa astratta dell’ambiente un punto di riferimento

(Meneghetti et al., 2021, Muffato et al. 2019). La conoscenza relativa al *path* si può invece dividere in due componenti: *route*, riguardante un percorso specifico, e *survey*, basata su una rappresentazione con punto di vista “a volo di uccello”; la prima viene valutata con compiti come ridisegno del percorso su mappa o di presa di decisione sulla direzione corretta (Muffato et al., 2016, 2019), mentre la conoscenza *survey* viene valutata con compiti in cui vengono confrontate le distanze tra punti di riferimento (van der Ham et al., 2015). Dopo aver compreso le tipologie di conoscenze, che guidano la navigazione spaziale è importante soffermarsi sulle differenze individuali.

### **1.3 Ruolo della memoria di lavoro individuale nell'apprendimento di ambiente e differenze individuali nella conoscenza spaziale**

La memoria di lavoro è la capacità, secondo il modello multicomponenziale (Baddeley, Hitch, 1974), di immagazzinare, elaborare e manipolare temporaneamente informazioni nella risoluzione di compiti complessi e nelle attività quotidiane. In particolare, la memoria di lavoro visuospatiale, a carico del servosistema taccuino visuospatiale, mantiene e permette la manipolazione delle informazioni visuospatiali, come per esempio la posizione e l'aspetto visivo di un oggetto. Studi hanno trovato correlazioni tra la memoria di lavoro e l'apprendimento di ambiente se viene utilizzato un paradigma di doppio compito: la prestazione relativa all'apprendimento di percorso è peggiore (Garden et al., 2002), come per i compiti di orientamento (Meilinger et al., 2008), anche le prestazioni relative a compiti di scorciatoia e di puntamento hanno risultati minori (Labate et al., 2014). Sono stati trovati anche correlazioni con i compiti di disegno su mappa, di ripetizione del percorso e di puntamento (Muffato et al., 2020) e tra abilità visuospatiali e wayfinding (Meneghetti et al., 2021). Per quanto riguarda lo sviluppo della conoscenza spaziale Ishikawa e Montello (2006) hanno sottolineato come la conoscenza spaziale abbia delle caratteristiche individuali molto forti. Infatti, hanno scoperto che le prestazioni di compiti relativi alla conoscenza spaziale metrica sono coerenti nel tempo: le persone con alte prestazioni iniziali hanno mantenuto uno standard alto, al contrario, chi ha avuto punteggi bassi ha mantenuto le prestazioni mediamente allo stesso livello senza miglioramenti significativi. Stessi risultati sono stati riscontrati anche in relazione alla cognizione spaziale (Hegarty et al., 2006). Dunque, le abilità di navigazione presentano differenze individuali, ad

esempio, coloro che possiedono una memoria di lavoro visuospatiale più sviluppata dimostrano spesso anche una maggiore abilità nella navigazione.

L'apprendimento di ambienti, che si basa sulla navigazione, può avvenire in maniera attiva o passiva e può essere valutato tramite diversi tipi di compiti. Nonostante ciò, rimane ancora scarsa la comprensione riguardo al processo di riapprendimento di ambienti a distanza di tempi così lunghi, difatti, non sono state trovate ricerche specifiche a riguardo. Per questo motivo, a seguito sono analizzate le caratteristiche generali dell'apprendimento e del riapprendimento di materiali.

#### **1.4 Apprendimento e riapprendimento di materiale in tempi diversi**

L'apprendimento è una modifica di comportamenti e conoscenze attraverso l'interazione con l'ambiente. Esso è influenzato dal tempo dedicato allo studio, dall'apprendimento e dalla pratica, dalla distribuzione della pratica nel tempo e dalla capacità di recuperare le informazioni; anche la motivazione, l'attenzione e l'interesse giocano un ruolo chiave nel processo di apprendimento (Baddeley et al., 2021). In particolare, alcuni di questi fattori riguardano il riapprendimento di materiale nel tempo. Hermann Hebbinghaus nel diciannovesimo secolo fu il pioniere degli studi sull'apprendimento, nello specifico si concentrò sullo studio di sillabe senza senso riscontrando che è presente una relazione lineare tra il numero di ripetizione di sillabe senza senso e il tempo di riapprendimento delle stesse; perciò, si può dedurre che più tempo si dedica all'apprendimento migliore sarà la prestazione. Per quanto riguarda la distribuzione della pratica da notare l'importanza del fenomeno per cui maggiore è l'intervallo di tempo tra lo studio di parole ed il suo ripasso, ovvero tra apprendimento e riapprendimento, più il ricordo sarà migliore (Melton 1970), questo effetto prende il nome di *lag effect*. Questo effetto si presenta anche nello studio di conoscenze fattuali, se l'intervallo di tempo tra apprendimento e riapprendimento diventa troppo ampio, ovvero maggiore di venti giorni, l'effetto diventa man mano meno efficace (Cepeda et al., 2008). Successivamente, Vaughn e colleghi (2016) hanno dimostrato come il riapprendimento successivo, ovvero avvenuto ripetutamente a intervalli di tempo e con feedback sulla correttezza delle risposte, abbia risultati rilevanti, indipendentemente dall'efficacia dell'apprendimento avvenuto nella la prima sessione di studio. In

seguito, si è tuttavia dimostrato di come questo sia non sia generalizzabile per qualsiasi tipo di materiale (Rawson et al., 2020).

Ricapitolando, la mancanza di studi specifici sull'apprendimento e riapprendimento di ambienti non permette di avere un quadro della situazione ma l'analisi delle differenze tra apprendimento attivo (esperienza diretta) e passivo (osservazione) dell'ambiente, le tipologie di conoscenza spaziale (*landmarks*, *locations* e *paths*) e l'effetto della memoria di lavoro sulla navigazione e le modalità del riapprendimento di materiali permettono di farci un'idea a riguardo.

## CAPITOLO 2: l'esperimento

### 2.1 Obiettivi

Lo scopo di questo studio è di analizzare le differenze di prestazione in compiti di navigazione spaziale, eseguiti dopo l'apprendimento attivo di un ambiente mediante la navigazione virtuale in un ambiente CAVE con l'uso di *joystick*, da parte di due gruppi di partecipanti. Il primo gruppo è composto da partecipanti che si prestano per la prima volta all'apprendimento dell'ambiente (gruppo Apprendimento) mentre il secondo è costituito da partecipanti che avevano già appreso l'ambiente in maniera passiva diciotto mesi prima (gruppo Ri-Apprendimento), durante lo svolgimento di un esperimento sulla navigazione spaziale (obiettivo 1). L'apprendimento è stato condotto su partecipanti con età compresa tra i 20 e i 35 anni, sia uomini che donne. I compiti utilizzati per valutare la capacità di rappresentazione spaziale sono di percorso, ripercorso e di disegno su mappa, libero e guidato (la manipolazione del disegno su mappa che ha reso possibile sia la modalità libera che guidata non è analizzata nel presente elaborato). Prima di poter fare questa analisi, è necessario esaminare la memoria visuospatiale dei gruppi tramite test cognitivi (adattati da De beni et al., 2008 e da mammarella et al., 2008) al fine di verificare che non ci siano differenze significative che possano influenzare le prestazioni nei compiti spaziali.

Inoltre, si vuole analizzare la relazione tra le conoscenze acquisite dopo la prima visione dell'ambiente (in modalità passiva) e dopo la seconda visione dell'ambiente (in modalità attiva), quindi, nei soli partecipanti che hanno riappreso l'ambiente (obiettivo 2).

#### 2.1.1. Ipotesi

Inizialmente, verrà verificata l'assenza di differenze nei test cognitivi che misurano le abilità visuospatiali nei due gruppi. Queste capacità sono caratteristiche rilevanti nell'apprendimento di ambienti attraverso la navigazione (Hegarty et al., 2006; Muffato et al., 2022) che dovrebbero restare costanti nel campione.

Per quanto riguarda la parte centrale dello studio, ovvero l'analisi delle prestazioni dei due gruppi (obiettivo 1), non è stato possibile elaborare delle ipotesi poiché la letteratura di riferimento non tratta a sufficienza e nello specifico il tema dell'apprendimento e del riapprendimento di ambienti a distanze temporali simili. Ci si potrebbe aspettare però che il gruppo Ri-Apprendimento abbia una conoscenza maggiore perché ha precedentemente formato una rappresentazione dell'ambiente, poiché a distanza di sei-otto giorni l'accuratezza della conoscenza spaziale è migliore rispetto alla prima sessione (Gärling et al., 1981) oppure che il tempo intercorso tra la prima e la seconda visione dell'ambiente sia tale da non portare nessun vantaggio al gruppo Ri-Apprendimento, come suggerito dagli esperimenti sul decadimento della memoria spaziale dei topi (Ramos, 2009).

Per quanto riguarda l'obiettivo 2, ovvero l'analisi della relazione tra le prestazioni eseguite dopo l'apprendimento in modalità passiva e dopo il riapprendimento in modalità attiva di diciotto mesi dopo (nel gruppo Ri-Apprendimento), si ipotizza di osservare delle correlazioni significative, ovvero che i partecipanti con punteggi elevati dopo il primo apprendimento avranno punteggi elevati anche dopo il secondo e viceversa (obiettivo 2). Tale ipotesi si basa sul fatto che (1) ci sono delle differenze individuali nella conoscenza spaziale metrica e nella cognizione spaziale che sono coerenti nel tempo (Ishikawa & Montello, 2006, Hegarty et al., 2006) e (2) che l'accuratezza dell'apprendimento dell'ambiente è correlata alle abilità cognitive visuospatiali su piccola scala, come la memoria di lavoro visuospatial (Meneghetti et al 2021) e (3) ai compiti di ripercorso e disegno su mappa (Muffato et al., 2020).

## **2.2 Metodo**

### **2.2.1 Partecipanti**

Al progetto di ricerca hanno partecipato 74 persone, di cui 54 donne con una media di  $M=22.19$  anni ( $sd=2.25$ ) e 20 uomini con media  $M=21.80$  anni ( $sd=1.20$ ). La scolarità delle donne è di media  $M=15.09$  ( $sd=1.35$ ) mentre per gli uomini  $M=14.55$  ( $sd=3.27$ ). L'età dei partecipanti è compresa tra i 20 e i 35 anni. La fonte principale di reclutamento consiste nel corso di Apprendimento e Memoria (corso di Scienze psicologiche cognitive

e psicobiologiche [L1]) e tramite passaparola. Dal campione sono esclusi quattro partecipanti che non hanno svolto interamente le tre sessioni, due partecipanti che hanno provato malessere durante la realtà virtuale ed una partecipante per problemi con l'utilizzo del joystick. I partecipanti sono divisi in due gruppi: il gruppo Apprendimento, composto da 33 partecipanti, che si presta per la prima volta all'apprendimento dell'ambiente ed il gruppo Ri-Apprendimento, di 41 partecipanti, che nell'ottobre o nel novembre del 2021 hanno appreso per la prima volta l'ambiente in video e che hanno ripartecipato all'esperimento; il gruppo Apprendimento ha un'età media di  $M=21.83$  anni ( $sd=1.48$ ) ed una scolarità di  $M=14.66$  anni ( $sd=2.57$ ), Il gruppo Ri-Apprendimento, invece, ha un'età media di  $M=22.39$  anni ( $sd=2.52$ ) ed una scolarità pari a  $M=15.30$  anni ( $sd=0.98$ ). Attraverso l'utilizzo di un T-Test si è riscontrato che i due gruppi non si differenziano significativamente per età ( $t(49.183) = -1.14, p = 0.261, \text{Cohen } d = 0.28$ ), per scolarità ( $t(53.619) = -1.47, p = 0.146, \text{Cohen } d = 0.32$ ) e per i test relativi alla memoria di lavoro, ovvero per: matrici simultanee ( $t(71.921) = 0.07, p = 0.938, \text{Cohen } d = 0.02$ ), matrici simultanee attive ( $t(70.968) = 0.62, p = 0.536, \text{Cohen } d = 0.14$ ), percorso su matrici ( $t(71.660) = 1.28, p = 0.205, \text{Cohen } d = 0.29$ ), puzzle immaginativo ( $t(69.133) = -0.72, p = 0.476, \text{Cohen } d = 0.17$ ) e Backward Corsi task online ( $t(71.936) = 0.77, p = 0.476, \text{Cohen } d = 0.16$ ), si veda Tabella1 per le descrittive di interesse del campione (media e deviazione standard).

Tab 1. Medie e DS per età, scolarità e prove di memoria di lavoro visuospatiale nei due gruppi.

	Gruppo Apprendimento		Gruppo Ri-Apprendimento	
	M	<i>ds</i>	M	<i>ds</i>
Età	21.83	1.48	22.39	2.52
Scolarità	14.66	2.57	15.30	0.98
Matrici Simultanee	19.10	2.23	19.06	1.85
Matrici Simultanee Attive	2.23	11.88	1.85	11.58
Percorso su matrici	2.19	9.88	1.98	9.21
Puzzle Immaginario	2.56	13.44	1.96	13.82
Backward Corsi task online	4.68	2.30	4.33	1.90



## 2.2.2 Materiali

### 2.2.2.1 Sessione 1

*Matrici Simultanee* (adattate da De Beni et al., 2008)

Il test delle matrici simultanee ha il fine di misurare lo *span* di memoria a breve termine visiva. La prova consiste nella presentazione di griglie di caselle di numero sempre più elevato di cui alcune colorate di nero. Il partecipante, dopo la presentazione di due secondi della griglia, dovrà indicare la posizione delle caselle nere all'interno della stessa griglia presentata, però, spoglia. Le griglie presentate sono 25, di cui una di prova, con un numero di caselle nere che inizia con 1 e finisce con 12 (due griglie per ogni numero di caselle nere). Il punteggio si ottiene sommando il numero delle griglie indicate correttamente.

*Matrici Simultanee Attive* (adattate da Mammarella et al., 2008)

La prova cognitiva delle matrici simultanee attive ha il compito di misurare lo *span* della memoria di lavoro visiva simultanea. La prova consiste nella presentazione di griglie composte da caselle di numero crescente, di cui alcune colorate di nero. Le griglie vengono presentate per due secondi. Il partecipante ha il compito di indicare in una griglia nuova, identica a quella mostrata in precedenza ma senza caselle colorate, la posizione delle caselle nere viste spostandole in basso di una casella. L'esperimento è composto da undici condizioni di difficoltà crescente, ogni condizione è composta da due prove e la prima prova è di esempio. Il punteggio viene calcolato sommando il numero delle griglie riportate correttamente, con un punteggio massimo pari a 21.

*Puzzle Immaginario* (adattate da De Beni et al., 2008)

Il Puzzle immaginario è un test cognitivo che ha lo scopo di valutare la memoria di lavoro visuospatiale. Il compito consiste, inizialmente, nella visione di un oggetto comune, come una valigia, una televisione o una bicicletta, per due secondi; successivamente viene presentato l'oggetto diviso in più parti ed una griglia dove l'immagine deve essere ricostruita in un tempo massimo di 90 secondi. Il test è costituito da 18 prove più

una di esempio. Le 18 prove sono divise in 9 condizioni di difficoltà crescente (dalla condizione 2 alla 10) che indicano il numero di parti in cui l'oggetto è stato scomposto. Il punteggio è pari al numero delle immagini ricostruite correttamente.

*Percorsi su Matrici* (adattato da Mammarella et al., 2008)

Il test cognitivo del percorso su matrici ha il fine di misurare la capacità della memoria a breve termine spaziale. Il test consiste inizialmente nella visione di una griglia quadrata 6x6 dove in basso a sinistra è presente un omino, successivamente la griglia viene nascosta e compare una stringa di comandi composta da una combinazione tra le parole “avanti, indietro, destra o sinistra” per due secondi. Il compito del partecipante è quello di indicare nella griglia la posizione finale dell'omino. Il test è composto da 19 prove divise in 10 condizioni di difficoltà crescente, ogni condizione indica il numero dei comandi presenti, le prime tre prove sono di esempio e non vengono considerate nel punteggio, tra queste la condizione 1 ha solo una prova. Il punteggio si calcola sommando il numero di posizioni che il partecipante riporta correttamente con un massimo, perciò, di 16.

#### **2.2.2.2 Sessione 2**

L'ambiente (creato ad hoc)

L'ambiente virtuale (modellato con *Rhino*, *Unreal Engine* versione 4.21) consiste in una città virtuale composta da 19 *landmark* (alimentari, libreria, banca, scuola, poste, museo, fontana, hotel, lunch bar, ospedale, fioreria, gelataio, teatro, pizzeria, edicola, statua, palasport, chiesa). La prospettiva della realtà virtuale è in prima persona (Figura 1a) ad un'altezza di 1,60 m, la velocità di percorso è di 7 m/s ed il campo di visuale orizzontale è pari a 170°. La lunghezza del percorso (Figura 1b) è pari a 1 km ed è composto da 16 intersezioni stradali.



Figura 1a



Figura 1b

### *Training* (creato ad hoc)

La fase di training consiste nella navigazione autonoma in un ambiente creato ad hoc dove sono presenti diverse solidi geometrici come sfere, parallelepipedi o piramidi. Lo scopo è far familiarizzare il più possibile il partecipante con il *joystick* e con le dinamiche dell'ambiente virtuale. Il *training* termina dopo almeno un minuto su richiesta del partecipante nel momento in cui si sente sicuro.

### *Fase di Percorso o Interactive Learning (creato ad hoc)*

Durante la fase di percorso il partecipante ha il compito di apprendere il percorso, gli edifici e la loro posizione nella città virtuale presentata. Il percorso è uguale per tutti e viene seguito grazie all'aiuto di un *avatar* che il partecipante ha il compito di seguire con il *joystick*. Questa fase dura cinque minuti circa. La prestazione del partecipante viene misurata in base alla lunghezza in metri percorsa e al numero totale di pause fatte.

### *Fase di ripercorso o Controlled Exploration (creato ad hoc)*

Nella fase di ripercorso il partecipante ha il compito di ripercorre esattamente lo stesso percorso visto nella fase di percorso e di riosservare l'ambiente per apprendere al meglio edifici e posizioni. Nel caso in cui il partecipante dovesse sbagliare direzione un messaggio di errore compare a schermo affinché possa tornare indietro e prendere la direzione corretta. Questo compito dura circa cinque minuti. I dati considerati per valutare la prestazione sono la lunghezza percorsa in metri, il numero totale di pause e il numero totale delle *soft* e delle *hard collision*, le prime si verificano quando il partecipante entra nella strada sbagliata, le seconde quando prosegue nella strada sbagliata e incontra un muro trasparente che non permette il passaggio, accompagnato da un messaggio di errore in rosso.

### *Compito di disegno libero (creato ad hoc)*

Durante questa fase il partecipante ha il compito di inserire nove edifici visti nelle fasi precedenti all'interno di un foglio dell'ambiente virtuale visto dall'alto, spoglio dei punti di riferimento (Figura 2). Il partecipante non ha limiti di tempo e può cambiare risposta a suo piacimento. Gli edifici da inserire sono indicati da foto poste a sinistra della mappa, ogni edificio è indicato con una lettera corrispondente che verrà segnata come risposta sulla cartina. Per questo compito sono state utilizzate dieci condizioni diverse dove ognuna comprendeva edifici diversi da inserire. Il punteggio viene calcolato sommando il numero di edifici correttamente riportati nella mappa, per un punteggio massimo di 9.

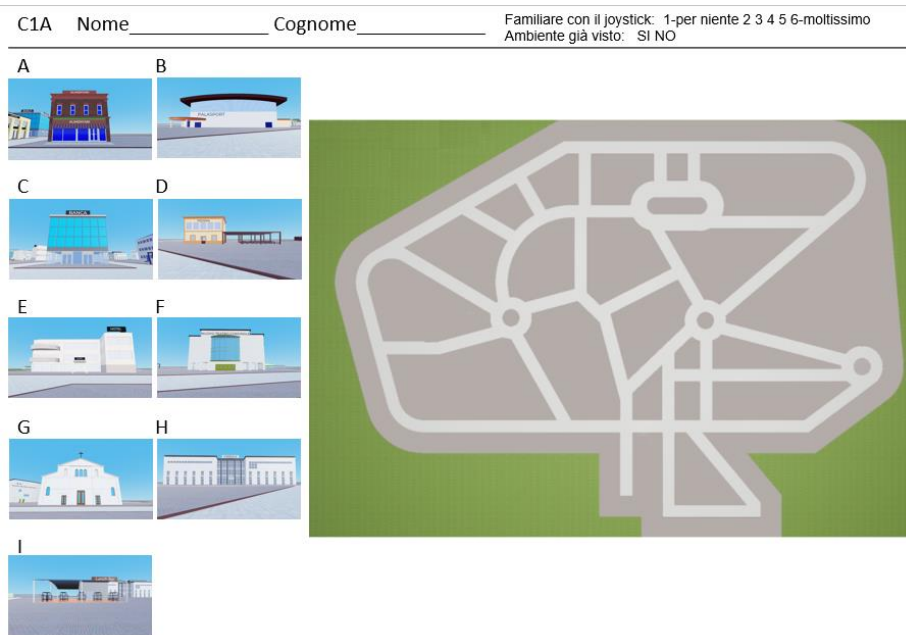


Figura 2

### Compito di disegno guidato (creato ad hoc)

Nel compito di disegno guidato il partecipante deve inserire all'interno di una mappa dell'ambiente virtuale, spoglia dei punti di riferimento, 9 edifici indicati in foto a sinistra della mappa. Ad ogni edificio corrisponde una lettera corrispondente che sarà valida come risposta. Per ogni edificio sono stati inseriti all'interno della mappa due indizi, ovvero due puntini blu (Figura 3a), che indicano una possibile posizione dell'edificio; un punto corretto e un punto corrispettivo sbagliato (Figura 3b). Sono state utilizzate dieci condizioni diverse per questo compito e ogni condizione si differenzia per gli edifici da inserire. Il partecipante non ha limite di tempo e può cambiare le risposte date. Il punteggio viene calcolato tramite la somma del numero di edifici riportati correttamente, per un punteggio massimo di 9. La manipolazione del compito di disegno su mappa che lo ha diviso in libero e guidato non è di interesse per questo elaborato.

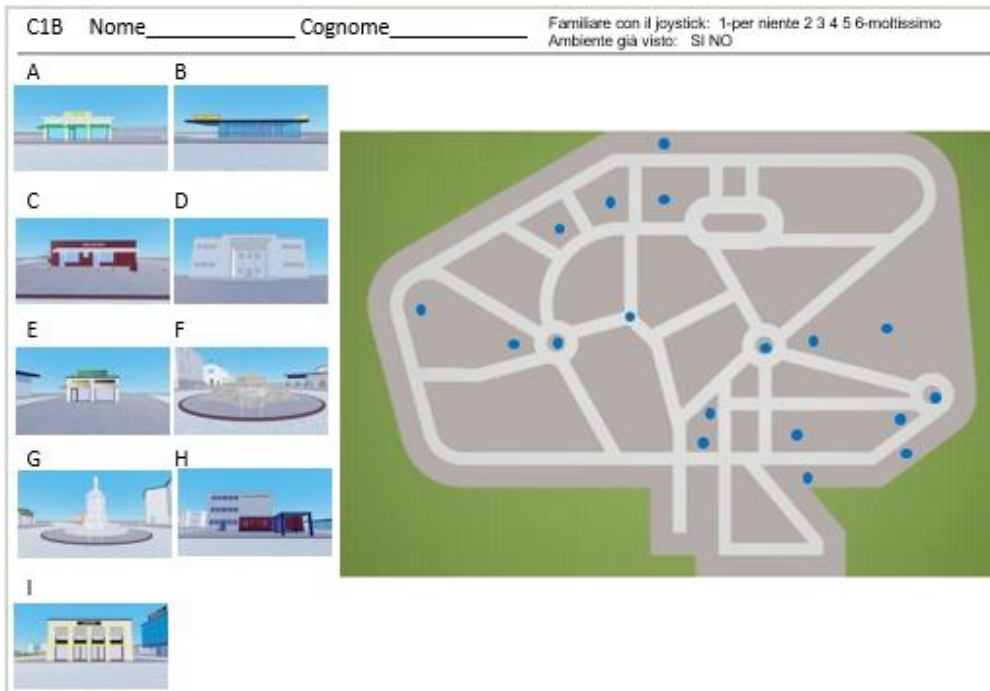


Figura 3a

Blu: posizioni corrette  
Rosso: posizioni sbagliate

- 1 alimentari
- 2 libreria
- 3 banca
- 4 scuola
- 5 poste
- 6 museo
- 7 fontana
- 8 hotel
- 9 lunch bar
- 10 ospedale
- 11 fioreria
- 12 gelataio
- 13 teatro
- 14 pizzeria
- 15 edicola
- 16 statua
- 17 palasport
- 18 chiesa



Figura 3b

### **2.2.2.3 Sessione 3**

*Questionario di piacere e di autoefficacia nell'esplorazione (creato ad hoc) non analizzato nel presente elaborato.*

*Backward Corsi task online (Corsi, 1972)*

Il test di corsi all'indietro è una prova che misura le capacità della memoria di lavoro spaziale. La prova è adattata per essere svolta online ([https://www.pytoolkit.org/experiment-library/backward\\_corsi.html#\\_about\\_this\\_implementation](https://www.pytoolkit.org/experiment-library/backward_corsi.html#_about_this_implementation)). Essa consiste nella presentazione di sequenze di blocchi che si illuminano tra nove blocchi disponibili e di selezionare successivamente i blocchi presentati in ordine inverso. La fine della presentazione della sequenza è segnalata da un segnale acustico "go" mentre dopo aver dato la risposta bisogna premere sul pulsante verde "done" a cui sarà seguito un feedback; se positivo si passa alla sequenza successiva che avrà un blocco in più altrimenti si avrà a disposizione un altro tentativo, due errori con lo stesso numero di blocchi comportano la fine del test. Il punteggio o *span* è dato dall'ultimo numero dei blocchi della sequenza data correttamente.

### **2.2.3. Procedura**

La prima e la seconda sessione dell'esperimento, entrambe della durata di circa 20-30 minuti, ha avuto luogo presso il laboratorio di psicologia di Padova, in via Venezia 8, la prima tramite l'utilizzo di un computer mentre la seconda nel CAVE. La terza sessione si è svolta autonomamente online, tramite il collegamento ad un link. I partecipanti si sono prenotati alle varie sessioni tramite un foglio Excel condiviso, dove erano segnati giorni ed orari disponibili. Dopo aver accolto e fatto accomodare il partecipante, viene effettuata la raccolta dei dati anagrafici generali e del codice identificativo. Successivamente viene illustrato e fatto firmare il consenso informato, per poi procedere alla compilazione dei test cognitivi.

Lo sperimentatore durante la compilazione dei test della prima sessione ha il compito di segnare le risposte del partecipante su di un foglio guida. I test svolti nella prima sessione sono il Puzzle immaginativo (adattate da De Beni et al., 2008), le Matrici simultanee (adattate da De Beni et al., 2008), Le matrici Simultanee attive (adattato da Mammarella et al., 2008) ed il Percorso su matrici (adattato da Mammarella et al., 2008). Questi vengo

proposti ai partecipanti in ordine casuale, eccetto per il test delle matrici simultanee attive, che deve sempre seguire il test delle matrici simultanee, in tre condizioni diverse.

La seconda sessione si esegue all'interno del CAVE: una stanza dedicata a ricerche in realtà virtuale, composta da uno schermo a 180 gradi, tre proiettori ed una scrivania posta al centro con sedia, tastiera, mouse e joystick. Quest'ultimo è lo strumento attraverso cui il partecipante si muove all'interno della città virtuale: l'analogico sinistro permette il movimento, il destro invece permette di spostare la visuale. Dopo aver fatto accomodare il partecipante lo sperimentatore procede spostandosi in sala comando dove ha modo di comunicare attraverso un microfono e di monitorare lo svolgimento dell'esperimento attraverso uno schermo condiviso e delle telecamere. Prima di iniziare viene chiesto al partecipante quanto si sente familiare con l'utilizzo del *joystick* in una scala da "1-per niente" a "6-moltissimo", quindi si procede alla fase di *training*. Successivamente si può avviare l'esperimento vero e proprio, ovvero l'apprendimento di un percorso, degli edifici e della loro posizione in una città virtuale. Si procede con lo svolgimento della fase di percorso seguita subito da quella di ripercorso; al termine questi due compiti lo sperimentatore raggiunge il partecipante nel CAVE per sottoporlo alle altre prove. Dopo aver chiesto se l'ambiente appreso fosse già stato visto in esperimenti precedenti si passa allo svolgimento dei compiti di disegno libero e guidato eseguiti in ordine casuale in base alla condizione del foglio utilizzato. Al termine dell'esperimento viene ringraziato il partecipante per la sua disponibilità. La seconda sessione dura complessivamente 20 minuti circa.

La terza ed ultima parte si è svolta da remoto: il partecipante accede tramite un *link* ad una pagina dove può svolgere il questionario ed il *Backward Corsi task online*.



## 2.3 Risultati

### 2.3.1 Differenza di prestazione tra gruppo Apprendimento e Gruppo Ri-Apprendimento

Per analizzare le differenze di prestazione tra i gruppi Apprendimento e Ri-Apprendimento sono stati presi in causa i dati relativi alla lunghezza in metri percorsi e le pause maggiori di tre secondi nella fase di percorso e di ripercorso, il numero delle *soft collision* e delle *hard collision* ed i dati del disegno su mappa libero e guidato. Si veda statistiche descrittive in Tabella 2.

Tab 2

	Gruppo Apprendimento		Gruppo Ri-Apprendimento	
	M	<i>sd</i>	M	<i>sd</i>
Lunghezza in metri ( <i>fase di percorso</i> )	1176.61	275.35	1142.75	83.99
Numero di pause ( <i>fase di percorso</i> )	10.05	8.14	10.91	7.05
Lunghezza in metri ( <i>fase di ripercorso</i> )	1103.47	66.87	1102.70	70.62
Numero di pause ( <i>fase di ripercorso</i> )	5.37	5.09	4.18	3.79
Numero <i>soft collision</i> ( <i>fase di ripercorso</i> )	2.05	2.05	1.76	2.66
Numero <i>hard collision</i> ( <i>fase di ripercorso</i> )	1.73	1.83	1.48	2.28
Disegno libero	3.10	2.30	2.94	2.06
Disegno guidato	4.37	2.57	5.00	2.36

L'analisi è stata eseguita attraverso l'utilizzo di T-Test tra i due gruppi e le variabili considerate. I risultati ottenuti indicano una mancata significatività per ogni variabile, quindi per la lunghezza in metri percorsi nella fase di percorso,  $t(48.963) = 0.75, p = 0.460$ , Cohen  $d = 0.16$ ; per il numero di pause nella fase di percorso,  $t(71.577) = -0.49, p = 0.628$ , Cohen  $d = 0.11$ ; lunghezza in metri percorsi durante la fase di ripercorso,  $t(66.960) = 0.05, p = 0.96$ , Cohen  $d = 0.01$ ; per il numero di pause nella fase di ripercorso,  $t(71.608) = 1.15, p = 0.26$ , Cohen  $d = 0.26$ ; per il numero delle *soft collision*,  $t(59.111) = 0.52, p = 0.61$ , Cohen  $d = 0.12$ ; per il numero di *hard collision*,  $t(60.754) = 0.50, p = 0.62$ , Cohen  $d = 0.12$ ; per il disegno di mappa libero,  $t(71.133) = 0.31, p = 0.76$ , Cohen  $d = 0.07$ ; per il disegno di mappa guidato,  $t(70.694) = -1.11, p = 0.27$ , Cohen  $d = 0.26$ . Perciò, se sia la prima o la seconda volta che si apprende l'ambiente la prestazione sembra non cambiare.

### **2.3.2 Relazione tra apprendimento in ambiente online e ambiente in modalità CAVE 18 mesi dopo**

Dopo aver considerato la parte del campione relativa al gruppo Ri-Apprendimento, ovvero che ha svolto l'apprendimento dello stesso ambiente in modalità online diciotto mesi prima, si osserva la relazione tra le due modalità di apprendimento (online e CAVE) a distanza di tempo. Si veda Tabella 3 per la tabella delle correlazioni.

Tabella 3

	<i>Ripercorso 1<sup>a</sup> visione</i>	<i>Disegno Mappa 1<sup>a</sup> visione</i>
<i>1<sup>a</sup> visione Ripercorso</i>		
<i>1<sup>a</sup> visione Disegno Mappa</i>	0.17	
<i>2<sup>a</sup> visione Lunghezza in metri (fase di percorso)</i>	-0.18	-0.13
<i>2<sup>a</sup> visione. Numero Pause (fase di percorso)</i>	-0.15	-0.17
<i>2<sup>a</sup> visione. Lunghezza in metri (fase di ripercorso)</i>	-0.50**	-0.27
<i>2<sup>a</sup> visione. Numero Pause (fase di ripercorso)</i>	-0.245	-0.43*
<i>2<sup>a</sup> visione Numero Soft collision (fase di ripercorso)</i>	-0.13	-0.13
<i>2<sup>a</sup> visione Numero Hard collision (fase di ripercorso)</i>	-0.19	-0.16
<i>2<sup>a</sup> visione Disegno di Mappa Libero</i>	0.12	0.57***
<i>2<sup>a</sup> visione. Disegno di Mappa Guidato</i>	0.11	0.61***

Nota Tabella 3; *1<sup>a</sup> visione* = prima volta che si è visto l'ambiente; *2<sup>a</sup> visione* = ambiente rivisto 18 mesi dopo;  $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$

In particolare, si può notare come la correlazione negativa tra l'accuratezza al Ripercorso, 1<sup>a</sup> visione, e la lunghezza in metri percorsa durante la fase di ripercorso, 2<sup>a</sup> visione, pari a  $r = -0.50$ , indichi che le persone che hanno avuto una buona prestazione dopo il primo apprendimento dell'ambiente mantengono una prestazione buona anche dopo l'apprendimento avvenuto a distanza di 18 mesi. La correlazione tra il compito di disegno su mappa, 1<sup>a</sup> visione, correla con i compiti di disegno libero e guidato, 2<sup>a</sup> visione, pari

rispettivamente a  $r = 0.57$  e  $r = 0.61$ , indicando che a prestazioni buone al disegno di mappa precedenti corrispondono prestazioni buone successive. Inoltre, il compito di disegno su mappa, 1<sup>a</sup> visione, correla negativamente con il numero di pause tenute durante la fase di ripercorso, 2<sup>a</sup> visione, ovvero  $r = -0.43$ .

## CAPITOLO 3. Discussione

Il presente studio si è proposto di analizzare se e in che modo l'aver appreso precedentemente un'ambiente influenzi la capacità di riapprendere l'ambiente stesso tempo dopo, in questo un periodo di diciotto mesi. Questa analisi è basata sulla comparazione dei risultati osservati su due gruppi che si differenziano dal fatto di aver o non aver appreso in precedenza l'ambiente virtuale. Si è testato l'apprendimento attraverso l'utilizzo di compiti basati sulle conoscenze relative ai *landmarks*, alle *locations* e ai *paths*. I compiti considerati sono quelli di ripercorso, di disegno su mappa, libero e guidato. L'altro obiettivo della presente ricerca consiste nell'analisi delle correlazioni interne al gruppo che ha svolto il riapprendimento relativo ai compiti di ripercorso e disegno di mappa avvenuti dopo il primo apprendimento dell'ambiente, vincolandolo con le variabili di lunghezza in metri ed il numero di pause avvenute nella fase di percorso e nella fase di ripercorso, il numero di *hard* e *soft collision*, oltre che i compiti di disegno su mappa libero e guidato.

Inoltre, sono studiate le caratteristiche personali relative alla memoria di lavoro visuospatiale tramite i compiti Puzzle immaginativo (adattate da De Beni et al., 2008), Matrici simultanee (adattate da De Beni et al., 2008), matrici Simultanee attive (adattato da Mammarella et al., 2008) percorso su matrici (adattato da Mammarella et al., 2008) e *Backward Corsi task online* (Corsi, 1972), le quali, non avendo riportato differenze significative tra i due gruppi studiati, hanno reso possibile l'analisi dell'oggetto studiato.

### **3.1 Differenze nella navigazione spaziale in ambienti appresi e riappresi a distanza di diciotto mesi**

L'analisi di confronto delle prestazioni tra gruppo Apprendimento e gruppo Ri-Apprendimento non ha portato a nessun risultato significativo. Non sono stati trovati livelli di significatività statistica nella distanza percorsa in metri, nelle pause maggiori a tre secondi, nelle *hard* e *soft collision* e nei disegni su mappa, liberi e guidati. Nonostante i partecipanti del gruppo Ri-Apprendimento riferissero di ricordarsi la precedente visione dell'ambiente, i punteggi degli indicatori principali degli errori e dei momenti di incertezza durante il compito di ripercorso, cioè le *hard* e *soft collisions* e il numero di pause

nella fase di ripercorso, non si sono neanche avvicinati ai livelli di significatività. Una possibile spiegazione di questo risultato è che l'intervallo di tempo trascorso dopo la prima visione dell'ambiente sia stato troppo lungo, portando così ad un decadimento della rappresentazione spaziale formatasi. Questa osservazione si trova in accordo con l'esperimento sul *lag effect* di Cepeda e colleghi (2008) e lo studio di Ramos (2009), dove le informazioni spaziali nei topi non mostrano risultati significativi a distanze di tempo superiori a trenta giorni dopo l'apprendimento. Un'altra possibile spiegazione della mancata significatività dei risultati è che le differenze individuali nei compiti di navigazione e relativi alle conoscenze spaziali sono talmente forti e coerenti nel tempo da non permettere un sostanziale cambiamento a livello di prestazione generale (Hegarty et al., 2006, Ishikawa & Montello, 2006). Inoltre, un fattore da considerare è che sono state adottate modalità differenti: nel primo caso, l'apprendimento è avvenuto in maniera passiva tramite la visione di un video mentre nella seconda occasione i partecipanti si sono mossi in maniera attiva tramite un joystick in realtà virtuale. Dato che le due modalità si differenziano in efficacia di apprendimento (Chrastil & Warren, 2013; Meade et al., 2019) è possibile che la rappresentazione spaziale creata a seguito della prima visione passiva non si sia potuta formare tanto accuratamente quanto sarebbe avvenuto in modalità attiva.

### **3.2 Correlazioni interne al gruppo Ri-Apprendimento tra le prestazioni dopo la prima e la seconda visione dell'ambiente**

Il secondo obiettivo della ricerca è stato quello di confrontare nel gruppo di Ri-Apprendimento i punteggi ottenuti alla prima visione dell'ambiente con quelli osservati dopo la seconda, al fine di analizzare la forza delle associazioni tra le variabili considerate. In particolare, si è riscontrata una correlazione negativa tra il punteggio del ripercorso dopo la prima visione e la lunghezza percorsa in metri durante la fase di ripercorso. Questo dimostra che chi ha avuto dei buoni punteggi nel compito di ripercorso ha proceduto per meno distanza durante fase di ripercorso, indicando così una coerenza individuale dei punteggi nelle prestazioni. Inoltre, si nota una correlazione positiva tra i compiti di mappa svolti dopo la prima visione e quelli di disegno su mappa, sia libero che guidato, a seguito della seconda visione dell'ambiente di apprendimento. Questi risultati sono stati quindi ipotizzati correttamente: infatti, la letteratura suggerisce che le prestazioni relative alle

conoscenze e alla cognizione spaziale sono caratterizzate da una forte individualità. Le prestazioni rimangono coerenti nel tempo a livello personale, ovvero chi ha ottenuto un buon punteggio prima ha molte possibilità di ottenere punteggi alti anche successivamente. Al contempo, chi non ottiene punteggi elevati tende a registrare punteggi bassi anche nelle prove successive, mentre coloro che svolgono le prestazioni in maniera discreta mantengono il loro livello nella media (Ishikawa & Montello, 2006, Hegarty et al., 2006). Da notare anche come la correlazione tra la memoria di lavoro visuospatiale ed i compiti relativi alle rappresentazioni, alla navigazione e alla cognizione spaziale, come i compiti di ripercorso e di disegno su mappa (Pazzaglia et al., 2018; Meneghetti et al., 2021; Muffato et al., 2020, 2022; Miola et al., 2021), possano a loro volta suggerire una coerenza nelle prestazioni, poiché sono caratteristiche personali dei partecipanti. Per ultimo, si può notare la correlazione negativa tra il punteggio di disegno su mappa dopo la prima visione e il numero di pause effettuate nella fase di ripercorso. Dato che una buona prestazione al disegno di mappa predice che una persona abbia formato una buona rappresentazione (Hegarty et al., 2006), tale risultato può suggerire un possibile mantenimento della rappresentazione spaziale formata dopo la prima visione dell'ambiente visto che il numero di pause è indicativo per il grado di incertezza del partecipante nella scelta del percorso.

### **3.3 Limiti e prospettive future**

I risultati proposti offrono spunti interessanti riguardo la navigazione spaziale e la rappresentazione dell'ambiente, ma, nonostante ciò, è comunque importante mettere in luce i limiti della ricerca. Dato che la navigazione nell'ambiente ed il ripercorso sono stati svolti tramite l'utilizzo del *joystick*, è possibile che le distanze registrate nella fase di percorso e nella fase di ripercorso fossero falsate dalle abilità personali, in quanto il livello di familiarità con lo strumento può aver influenzato la fluidità del movimento. Al contempo, considerando che le pause sono state registrate soltanto quando la loro durata corrispondeva ad almeno tre secondi, è possibile escludere che esse siano dovute a difficoltà nell'uso del *joystick*. Piuttosto, sembrano rappresentare un indice di incertezza nel percorso. Un ulteriore limite della ricerca è relativo alle differenti modalità di apprendimento tra le due fasi: la prima è avvenuta tramite visione passiva di un video (a causa dell'impossibilità di

presenziare l'esperimento durante il periodo pandemico del Covid19), mentre la seconda si è svolta in maniera attiva. Dunque, si suggerisce per futuri esperimenti che la loro ripetizione avvenga con le stesse modalità nelle due rispettive fasi al fine di evitare questa incongruenza.



## CAPITOLO 4. Conclusioni

L'attenzione verso lo studio della cognizione spaziale è in costante aumento, poiché essa rappresenta un aspetto fondamentale della conoscenza umana, con rilevanti implicazioni pratiche. Uno dei concetti centrali è che la conoscenza spaziale di un individuo gioca un ruolo chiave nella definizione dei suoi comportamenti all'interno dell'ambiente circostante. In particolare, la navigazione spaziale emerge come un ambito di particolare interesse in questa prospettiva (Ahmadpoor & Shahab, 2019). Nonostante questo, la letteratura riguardante l'apprendimento e il riapprendimento di ambienti a distanza di tempo risulta scarsa. Per questa ragione, questa ricerca si è posta come obiettivi: (1) di analizzare le differenze di conoscenze e di rappresentazioni spaziali tra un gruppo che si è prestato per la prima volta (gruppo Apprendimento) ad apprendere un'ambiente virtuale, creato appositamente per questa tipologia di ricerche, ed un altro gruppo che aveva già appreso l'ambiente diciotto mesi prima (gruppo Ri-Apprendimento); e (2) di analizzare le correlazioni tra le prestazioni interne al gruppo Ri-Apprendimento eseguite alla prima (avvenuta in maniera passiva) e alla seconda visione (avvenuta in maniera attiva) dell'ambiente virtuale. Il campione era costituito 74 persone, principalmente composto da studenti universitari: 54 donne e 20 uomini di età compresa tra i 20 e i 35 anni. Durante l'esperimento è stata valutata inizialmente la memoria visuospatiale tramite test cognitivi (adattati da De Beni et al., 2008; adattati da Mammarella et al., 2008; Corsi, 1972), in seguito si è passati alla visione dell'ambiente e allo svolgimento dei compiti di ripercorso e di disegno su mappa libero e guidato. Innanzitutto, i due gruppi non hanno mostrato differenze significative nei test relativi alla memoria visuospatiale, per cui è stato possibile confrontare la loro prestazione ai compiti di apprendimento di ambiente da navigazione. Per quanto riguarda il primo obiettivo, non sono emerse differenze di prestazione al compito di ripercorso e di disegno di mappa tra il gruppo Apprendimento e Ri-Apprendimento. Questo suggerisce che il riapprendimento di un ambiente, a distanza di un anno e sei mesi, non permette un miglioramento significativo in compiti di navigazione e cognizione spaziale, rispetto a chi non aveva mai visto l'ambiente. La mancata significatività dei primi risultati può essere causata dal (1) decadimento della rappresentazione mentale dovuta al troppo tempo trascorso (Ramos, 2009) o in generale per l'apprendimento differito (Cepeda et al., 2008); (2) dall'utilizzo di diverse modalità di apprendimento, considerando che quello attivo è

meno efficace di quello passivo; o (3) anche perché le prestazioni sono fortemente personali (Ishikawa & Montello, 2006, Hegarty et al., 2006). Inoltre, per quanto riguarda l'obiettivo 2, è stato osservato che nel gruppo Ri-Apprendimento la prestazione nel compito di ripercorso al primo apprendimento è correlata alla prestazione nel compito di ripercorso durante il secondo apprendimento, così come è emersa una correlazione tra le prestazioni al disegno di mappa nei due tempi. Inoltre, è emersa una correlazione tra il punteggio di disegno su mappa dopo la prima visione e un minor numero di pause effettuate nella fase di ripercorso della seconda visione. I risultati ottenuti mettono in luce che alcuni individui dimostrano abilità maggiori nell'apprendimento spaziale, mentre altri presentano una minor predisposizione. Queste differenze individuali sembrano persistere nel tempo, come indicato dalle correlazioni rinvenute. Questi risultati sono in linea con la letteratura, la quale riconosce l'importanza delle differenze individuali nell'apprendimento e nella performance in compiti spaziali (Ishikawa & Montello, 2006, Hegarty et al., 2006). Il presente studio fornisce quindi prime indicazioni sul processo di apprendimento e riapprendimento delle informazioni spaziali acquisite tramite navigazione, aspetti che meritano ulteriori approfondimenti per una migliore comprensione di come le persone approcciano l'apprendimento di nuovi ambienti.

## Bibliografia

\*fonti non consultate direttamente

Ahmadpoor, N., & Shahab, S. (2019). Spatial Knowledge Acquisition in the Process of Navigation: A review. *Current Urban Studies*, 07(01), 1–19.  
<https://doi.org/10.4236/cus.2019.71001>

Baddeley, A., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (pp. 47–89). [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)

Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2021). *La memoria. Nuova ediz.*

Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning. *Psychological Science*, 19(11), 1095–1102\*.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02209.x>

Chrastil, E. R., & Warren, W. H. (2011). Active and passive contributions to spatial learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(1), 1–23.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-011-0182-x>

Chrastil, E. R., & Warren, W. H. (2013). Active and passive spatial learning in human navigation: Acquisition of survey knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 39(5), 1520–1537.  
<https://doi.org/10.1037/a0032382>

Claessen, M. H. G., & Van Der Ham, I. J. M. (2017). Classification of navigation impairment: A systematic review of neuropsychological case studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 73, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.neubio-rev.2016.12.015>

- Claessen, M. H. G., & Van Der Ham, I. J. M. (2017b). Classification of navigation impairment: A systematic review of neuropsychological case studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *73*, 81–97. <https://doi.org/10.1016/j.neubio-rev.2016.12.015>
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain.
- De\_Beni, R. & Borelli, E., Carretti, B., Marigo, C., Nava, L. A. (2008). *BAC: Benessere e abilità cognitive nell'età adulta e avanzata : Manuale e materiali per le prove*. Giunti Psychometrics.
- Garden, S. E., Cornoldi, C., & Logie, R. H. (2002). Visuo-spatial working memory in navigation. *Applied Cognitive Psychology*, *16*(1), 35–50. <https://doi.org/10.1002/acp.746>
- Gärling, T., Böök, A., Lindberg, E., & Nilsson, T. (1981). Memory for the spatial layout of the everyday physical environment: Factors affecting rate of acquisition. *Journal of Environmental Psychology*, *1*(4), 263–277. [https://doi.org/10.1016/s0272-4944\(81\)80025-4](https://doi.org/10.1016/s0272-4944(81)80025-4)
- Gazova, I., Vlcek, K., Laczó, J., Nedelska, Z., Hynčicová, E., Mokrisova, I., Sheardova, K., & Hort, J. (2012). Spatial navigation—a unique window into physiological and pathological aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *4*\*. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2012.00016>
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, *34*(2), 151–176. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>
- Ishikawa, T., & Montello, D. R. (2006). Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: Individual differences in the development of metric

knowledge and the integration of separately learned places. *Cognitive Psychology*, 52(2), 93–129. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2005.08.003>

Janzen, G., Jansen, C., & Van Turenout, M. (2008). Memory consolidation of landmarks in good navigators. *Hippocampus*, 18(1), 40–47. <https://doi.org/10.1002/hipo.20364>

Klatzky, R. L. (1998). Allocentric and egocentric spatial representations: definitions, distinctions, and interconnections. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 1–17). [https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4_1)

Labate, E., Pazzaglia, F., & Hegarty, M. (2014). What working memory subcomponents are needed in the acquisition of survey knowledge? Evidence from direction estimation and shortcut tasks. *Journal of Environmental Psychology*, 37, 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.11.007>

Lester, A. W., Moffat, S. D., Wiener, J., Barnes, C. A., & Wolbers, T. (2017). The aging navigational system. *Neuron*, 95(5), 1019–1035\*. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.037>

Lithfous, S., Dufour, A., & Després, O. (2013). Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of Alzheimer's disease: Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews*, 12(1), 201–213\*. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2012.04.007>

Mammarella, I. C.; Toso C.; Pazzaglia F.; Cornoldi C.; *BVS-Corsi. Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale. Con CD-ROM.* (2008). Edizioni Erickson.

Meade, M., Meade, J. G., Sauz on, H., & Fernandes, M. A. (2019). Active navigation in virtual environments benefits spatial memory in older adults. *Brain Sciences*, 9(3), 47. <https://doi.org/10.3390/brainsci9030047>

- Meilinger, T., Knauff, M., & Bühlhoff, H. (2008). Working Memory in Wayfinding-A dual task experiment in a virtual city. *Cognitive Science*, 32(4), 755–770. <https://doi.org/10.1080/03640210802067004>
- Melton, A. W. (1970). The situation with respect to the spacing of repetitions and memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 9(5), 596–606\*. [https://doi.org/10.1016/s0022-5371\(70\)80107-4](https://doi.org/10.1016/s0022-5371(70)80107-4)
- Meneghetti, C., Miola, L., Toffalini, E., Pastore, M., & Pazzaglia, F. (2021). Learning from navigation, and tasks assessing its accuracy: The role of visuospatial abilities and wayfinding inclinations. *Journal of Environmental Psychology*, 75(July 2020), 101614. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101614>
- Miola, L., Muffato, V., Meneghetti, C., & Pazzaglia, F. (2021). Spatial learning in a virtual environment: the role of Self-Efficacy feedback and individual visuospatial factors. *Brain Sciences*, 11(9), 1185. <https://doi.org/10.3390/brainsci11091185>
- Montello, D. R. (2001). Spatial cognition. In *Elsevier eBooks* (pp. 14771–14775). <https://doi.org/10.1016/b0-08-043076-7/02492-x>
- Muffato, V., Meneghetti, C., & De Beni, R. (2016). Not all is lost in older adults' route learning: The role of visuo-spatial abilities and type of task. *Journal of Environmental Psychology*, 47, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.07.003>
- Muffato, V., Meneghetti, C., & De Beni, R. (2020). The role of visuo-spatial abilities in environment learning from maps and navigation over the adult lifespan. *British Journal of Psychology*, 111(1), 70–91. <https://doi.org/10.1111/bjop.12384>
- Muffato, V., Meneghetti, C., & De Beni, R. (2020). The role of visuo-spatial abilities in environment learning from maps and navigation over the adult lifespan. *British Journal of Psychology*, 111(1), 70–91. <https://doi.org/10.1111/bjop.12384>

- Muffato, V., Simonetto, A., Pellegrini, M., Tortora, C., & Meneghetti, C. (2022). Navigation ability in young, middle-aged and older adults: Different domains of knowledge and their relationship with visuospatial factors. *Journal of Environmental Psychology, 81*(March), 101820.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101820>
- Pazzaglia, F., Meneghetti, C., & Ronconi, L. (2018). Tracing a route and finding a shortcut: the working memory, motivational, and personality factors involved. *Frontiers in Human Neuroscience, 12*(May), 1–11.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00225>
- Ramos, J. M. (2022). Rapid decay of spatial memory acquired in rats with ventral hippocampus lesions. *Behavioural Brain Research, 431*, 113962.  
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2022.113962>
- Rawson, K. A., Dunlosky, J., & Janes, J. (2020). All Good Things Must Come to an End: a Potential Boundary Condition on the Potency of Successive Relearning. *Educational Psychology Review, 32*(3), 851–871.  
<https://doi.org/10.1007/s10648-020-09528-y>
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of Large-Scale environments. In *Advances in Child Development and Behavior* (pp. 9–55). [https://doi.org/10.1016/s0065-2407\(08\)60007-5](https://doi.org/10.1016/s0065-2407(08)60007-5)
- Stankiewicz, B. J., & Kalia, A. (2007). Acquisition of structural versus object landmark knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 33*(2), 378–390. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.2.378>
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review, 55*(4), 189–208. <https://doi.org/10.1037/h0061626>

- Van Der Ham, I. J. M., & Claessen, M. H. G. (2020). How age relates to spatial navigation performance: Functional and methodological considerations. *Ageing Research Reviews*, *58*, 101020. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101020>
- Van Der Ham, I. J. M., Baalbergen, H., Van Der Heijden, P., Postma, A., Braspenning, M. E., & Kuil, M. (2015). Distance comparisons in virtual reality: effects of path, context, and age. *Frontiers in Psychology*, *6*.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01103>
- Vaughn, K. E., Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2016). Effects of successive relearning on recall: Does relearning override the effects of initial learning criterion? *Memory & Cognition*, *44*(6), 897–909. <https://doi.org/10.3758/s13421-016-0606-y>
- Wang, R. F., & Spelke, E. S. (2000). Updating egocentric representations in human navigation. *Cognition*, *77*(3), 215–250. [https://doi.org/10.1016/s0010-0277\(00\)00105-0](https://doi.org/10.1016/s0010-0277(00)00105-0)
- Werner, H., & Kaplan, B. (1963). Symbol formation: An organismic developmental approach to language and the expression of thought. *New York: Wiley*.
- Wolbers, T., & Hegarty, M. (2010). What determines our navigational abilities? *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(3), 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.001>