



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia Generale

Corso di laurea in Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche

Elaborato finale

**Il ruolo della memoria di lavoro nell'esplorazione e nel
ricordo di ambienti**

**The role of working memory in exploring and remembering
environments**

Relatrice

Prof.ssa Chiara Meneghetti

Laureanda: Serena Fornari

Matricola: 2046291

Anno Accademico 2023/24

INDICE

INTRODUZIONE.....	1
CAPITOLO 1. Esplorazione Spaziale e Memoria di Lavoro	3
1.1 Navigazione e memoria di lavoro visuospaziale	3
1.2 Esplorazione libera e conoscenza spaziale	6
1.3 Esplorazione libera e memoria di lavoro visuospaziale.....	8
CAPITOLO 2. L’esperimento.....	11
2.1 Obiettivi	11
2.1.1 Ipotesi.....	11
2.2 Metodo	12
2.2.1 Partecipanti.....	12
2.2.2 Materiali	12
2.2.2.1 Sessione 1	13
2.2.2.2 Sessione 2	15
2.2.3 Procedura.....	19
2.2.3.1 Sessione 1	20
2.2.3.2 Sessione 2	20
2.3 Risultati.....	21
CAPITOLO 3. Discussione.....	25
3.1 Correlazione tra memoria di lavoro visuospaziale, esplorazione libera e ricordo dell’ambiente	25
3.2 Prospettive future	28
CAPITOLO 4. Conclusioni.....	31
Bibliografia.....	33

INTRODUZIONE

L'essere umano è portato per sua natura all'esplorazione di ambienti nuovi grazie al movimento. Poter assumere un ruolo attivo durante l'esplorazione risulta essere vantaggioso per l'uomo in quanto gli permette di incamerare in maniera più proficua informazioni riguardanti l'ambiente circostante. La conoscenza spaziale, infatti, viene codificata ed immagazzinata grazie alla memoria di lavoro visuospaziale che, elaborando man mano le informazioni, permette all'individuo di crearsi una mappa cognitiva dell'ambiente. La memoria di lavoro visuospaziale, inoltre, permette alle persone di avere un ricordo degli ambienti esplorati e di poter rievocare, in caso di necessità, la rappresentazione cognitiva dell'ambiente. Nonostante l'effettiva implicazione della memoria di lavoro nel dirigere il comportamento di esplorazione e il successivo ricordo dell'ambiente, la letteratura attuale risulta poco approfondita rispetto all'argomento. Il presente studio si pone come obiettivo quello di indagare il ruolo della memoria di lavoro (in particolare la componente visuospaziale) nell'esplorazione e nel ricordo di ambienti valutando le correlazioni tra le variabili d'interesse misurate.

Nel primo capitolo si presenta un'introduzione generale riguardante l'esplorazione spaziale e la memoria di lavoro. In particolare, vengono analizzati i legami tra la navigazione e la memoria di lavoro visuospaziale, l'esplorazione libera e la conoscenza spaziale, l'esplorazione libera e la memoria di lavoro visuospaziale esponendo evidenze presenti all'interno della letteratura.

Nel secondo capitolo si descrive l'esperimento delineando gli obiettivi e le ipotesi formulate, illustrando i partecipanti e descrivendo i materiali utilizzati, la procedura e i risultati ottenuti. Allo studio hanno preso parte 237 partecipanti: 150 donne e 87 uomini, di età compresa tra i 19 e i 36 anni. I partecipanti del campione hanno svolto le due sessioni sperimentali in cui si articolava lo studio. Durante la prima sessione, sono stati somministrati dei questionari atti a valutare l'ansia spaziale, le abilità trasversali e le abilità spaziali possedute dall'individuo. Durante la seconda sessione, è stato chiesto al partecipante di svolgere dei compiti cognitivi: un Puzzle immaginativo, un'esplorazione libera di un ambiente virtuale (grazie ad uno schermo *CAVE*) e un compito di ricordo

dell'ambiente tramite un disegno di mappa. Le prestazioni dei partecipanti sono state valutate tramite i punteggi ottenuti nel compito di Puzzle immaginativo (misura della memoria di lavoro visuospatiale) e nel compito di disegno di mappa (misura del ricordo dell'ambiente svolta tramite giudici, per valutare la posizione assoluta dei *landmark*, e tramite *GMDA*, per valutare la posizione relativa dei *landmark*). Durante il compito di esplorazione libera sono stati inoltre misurati degli indici informativi rispetto alla modalità di esplorazione dei partecipanti. Nei risultati sono descritte le correlazioni emerse tra le tre variabili di interesse: memoria di lavoro visuospatiale, esplorazione libera e ricordo dell'ambiente.

Nel terzo capitolo viene esposta la discussione dei risultati ottenuti commentando le correlazioni emerse nel presente studio e mettendole in relazione ad altri esperimenti presenti in letteratura. Vengono inoltre illustrate delle possibili prospettive future rispetto allo studio delle variabili prese in esame.

Nel quarto capitolo si delineano le conclusioni tratte dalla ricerca svolta e le loro possibili implicazioni all'interno dello studio della conoscenza spaziale.

CAPITOLO 1. Esplorazione Spaziale e Memoria di Lavoro

1.1 Navigazione e memoria di lavoro visuospatiale

La memoria di lavoro, secondo il modello multicomponenziale elaborato da Baddeley & Hitch (1974), è la capacità di elaborare attivamente il materiale codificato e immagazzinato per la risoluzione di compiti cognitivi complessi. La memoria di lavoro, infatti, è composta da due servosistemi: il loop fonologico (o *phonological loop*), un magazzino deputato al mantenimento di informazioni di tipo verbale ed agevolato dal ripasso subvocalico, e il taccuino-visuospatiale (o *visuospatial sketchpad*), un magazzino deputato al mantenimento di informazioni di tipo visivo e spaziale. Oltre a questi due servosistemi, all'interno del modello multicomponenziale è presente anche l'esecutivo centrale (o *central executive*), che coordina i due magazzini e permette l'elaborazione e l'utilizzo delle informazioni in essi contenute integrandole anche con altri dati provenienti dalla memoria a lungo termine. Grazie alle varie componenti di cui è composta, la memoria di lavoro dà la possibilità all'individuo di svolgere attività complesse (come ragionamento e comprensione) lavorando e manipolando attivamente le informazioni in entrata.

La memoria di lavoro, in particolare la componente visuospatiale (MLVS o *VSWM*), risulta essere implicata nel comportamento di navigazione messo in atto dagli individui. Verranno presentati studi basati sul doppio compito (in cui il compito di navigazione si associa allo svolgimento di un compito secondario che coinvolge una specifica componente della memoria di lavoro) e studi correlazionali (che esaminano la relazione tra capacità di memoria di lavoro e navigazione).

Studi basati sul doppio compito. Diversi studi hanno messo in evidenza come le prestazioni in compiti di navigazione spaziale peggiorassero in situazioni di doppio compito in cui al partecipante veniva richiesto di svolgere il compito sperimentale in condizione di *spatial tapping*. È emerso che compiti secondari di natura spaziale (come lo *spatial tapping*) interferiscono maggiormente nella codifica di una conoscenza spaziale di tipo *survey*. L'acquisizione di una conoscenza *survey*, infatti, implica la creazione di

una rappresentazione flessibile dell'ambiente visitato includendo le distanze e le posizioni dei vari *landmark*. Durante la costruzione di una rappresentazione *survey* si presume che i *landmark* e le strade siano codificati ed integrati tra loro per ottenere una mappa cognitiva della configurazione globale dell'ambiente mantenendo un punto di vista estrinseco. Dallo studio condotto da Labate et al. (2014) è emerso che lo svolgimento di compiti secondari di natura spaziale (*spatial tapping*) durante l'apprendimento dell'ambiente influiscono negativamente nella creazione di una rappresentazione *survey* del luogo esplorato. In particolare, i partecipanti nella condizione di *spatial tapping* presentavano prestazioni peggiori in compiti di scorciatoia, puntamento e completamento di mappa. È stata rilevata anche un'influenza significativa della componente verbale della memoria di lavoro che, grazie al ripasso subvocalico (ripetizione di sillabe durante la navigazione), agevola il mantenimento dell'informazione spaziale acquisita progressivamente durante la navigazione. La memoria di lavoro verbale, tuttavia, risulta meno coinvolta rispetto alla componente visuospatiale. La maggior implicazione della memoria di lavoro visuospatiale osservata nello studio potrebbe essere dovuta al suo maggior contributo nella codifica e nell'inferenza delle proprietà configurazionali dell'ambiente esplorato e nel processo di pianificazione di nuovi percorsi tramite lo sviluppo di conoscenze *survey*.

In un altro studio condotto da Hund (2016) l'autrice ha esaminato l'implicazione della memoria di lavoro visuospatiale nello svolgimento di compiti di *direction giving* e di *wayfinding*. È emerso che in condizioni di doppio compito visuospatiale le indicazioni date dai partecipanti nel compito di *direction giving* sono meno accurate. Questo dato suggerisce che nel dare indicazioni le persone si focalizzano sulle informazioni spaziali relative all'ambiente visualizzandolo mentalmente. Anche nel compito di *wayfinding* la condizione di doppio compito visuospatiale determinava il completamento del compito in tempi maggiori. I partecipanti più influenzati dal doppio compito visuospatiale, inoltre, sembravano essere quelli con elevate capacità spaziali. Questo risultato è in linea con le evidenze presentate nello studio di Garden et al. (2002) in cui sono emerse delle differenze tra i soggetti rispetto all'influenza che le informazioni visuospatiali hanno in compiti di apprendimento del percorso. In particolare, le prestazioni dei soggetti in compiti di navigazione in condizione di *spatial tapping* risultavano peggiori. Tuttavia, in compiti di *route learning* la *performance* dei partecipanti con elevata capacità spaziale

appariva maggiormente compromessa nella condizione di *spatial tapping*, mentre la *performance* dei partecipanti con bassa capacità spaziale appariva maggiormente compromessa nella condizione di soppressione articolatoria. Questo aspetto suggerisce che nell'apprendimento spaziale siano coinvolti diversi aspetti della memoria di lavoro, ma che solo i soggetti con elevata capacità spaziale si affidino in misura maggiore alla componente visuospatiale durante compiti di navigazione. Studi successivi (Baldwin & Reagan, 2009) hanno confermato questo risultato mettendo in evidenza le differenze nelle strategie messe in atto in compiti di navigazione da individui con un maggiore o minore senso dell'orientamento. In particolare, è stato osservato che nello svolgimento del compito individui con un buon senso dell'orientamento si affidano maggiormente all'utilizzo di risorse visuospatiali mentre individui con un senso dell'orientamento più deficitario si affidano maggiormente all'utilizzo di risorse verbali. In uno studio più recente, Meneghetti et al. (2021) hanno analizzato il ruolo della memoria di lavoro durante l'apprendimento di un ambiente tramite navigazione dopo aver dato ai partecipanti un obiettivo (*route o survey based task goal*). Dallo studio è emerso che le abilità di memoria di lavoro visuospatiale possedute dall'individuo risultano essere un fattore protettivo rispetto ai possibili effetti negativi del doppio compito sulla prestazione indicando un'effettiva influenza della memoria di lavoro visuospatiale nel promuovere la codifica e il ricordo di informazioni spaziali relative all'ambiente.

Studi correlazionali. La capacità della memoria visuospatiale degli individui correla positivamente con compiti di *pointing*, ripetizione del percorso e disegno su mappa (Muffato et al., 2020) e con misure relative alle abilità visuospatiali e compiti di *wayfinding* (Meneghetti et al., 2021). Inoltre è stata anche evidenziata una correlazione indiretta tra l'abilità di rotazione mentale e l'accuratezza dell'apprendimento spaziale, mediata dall'intervento della memoria di lavoro visuospatiale (Meneghetti et al., 2016). In particolare, le abilità visuospatiali sembrano influenzare in maniera indiretta l'efficienza delle persone nella navigazione spaziale. Infatti, il compito di rotazione mentale e l'apprendimento dell'ambiente proposti nello studio non hanno presentato una correlazione significativa. Le prestazioni misurate dai due compiti di ricordo dell'ambiente, invece, risultano essere correlate in maniera indiretta alla rotazione mentale attraverso la capacità di memoria di lavoro visuospatiale posseduta dai partecipanti. La memoria di lavoro visuospatiale potrebbe quindi avere un effetto sulla

navigazione influenzando direttamente l'apprendimento delle informazioni ambientali e la capacità di elaborazione e mantenimento delle informazioni visuospaziali (abilità supportata dalla capacità di rotazione mentale degli oggetti). La memoria di lavoro visuospaziale, inoltre, esercita un ruolo nel ricordo dei *landmark*, nella conoscenza spaziale di tipo allocentrico, nel ricordo del percorso rispetto all'ordine dei *landmark* e nell'individuazione del percorso più corto (Muffato et al., 2022). La memoria di lavoro visuospaziale potrebbe anche avere un ruolo nell'ordine e nella quantità di informazioni spaziali che gli individui ricordano. In particolare, le persone con una memoria di lavoro visuospaziale migliore riescono a ricordare più *landmark* e sono in grado di ricordarli anche nell'ordine di presentazione corretto, come in compiti di memoria di lavoro che consistono nel ricordo di liste (Hilton et al., 2021).

Navigatori imprecisi, inoltre, hanno capacità di memoria di lavoro visuospaziale e verbale minori che potrebbero limitare la loro abilità nel costruire rappresentazioni *route* accurate. Gli individui con prestazioni migliori, invece, mantengono il ricordo degli edifici categorizzandoli come membri del percorso supportando l'idea della presenza di una rappresentazione gerarchica dell'ambiente (Weisberg & Newcombe, 2016). Durante la navigazione, infatti, le persone rilevano e si costruiscono dei modelli rispetto a dove i vari oggetti tendono ad apparire.

1.2 Esplorazione libera e conoscenza spaziale

L'esplorazione libera è una delle modalità più utilizzate dall'essere umano per conoscere l'ambiente circostante. L'esplorazione spontanea ed intenzionale dello spazio è cruciale per la costruzione di una mappa cognitiva dell'ambiente (Brunec et al., 2023). L'esplorazione attiva, infatti, risulta essere rilevante per la costruzione di una mappa cognitiva accurata del luogo esplorato e per la creazione di una conoscenza spaziale efficace e duratura. L'esperienza dello spazio è un'esperienza primaria (Kant, 1781) e poter assumere un ruolo attivo durante l'esplorazione spaziale facilita la creazione di una rappresentazione cognitiva del luogo esplorato.

L'esplorazione libera di un ambiente, infatti, permette all'individuo di raccogliere un numero maggiore di informazioni riguardanti il territorio circostante promuovendone,

così, un ricordo migliore. Mentre l'apprendimento passivo consente al soggetto di raccogliere informazioni visive dell'ambiente circostante e informazioni percettive rispetto al movimento (flusso ottico o *optical flow*), un apprendimento attivo dà la possibilità all'individuo di ottenere anche informazioni propriocettive sullo spostamento del proprio corpo, informazioni vestibolari riguardanti il movimento della testa e di guidare attivamente l'esplorazione decidendo il percorso da svolgere e mettendo in atto, di conseguenza, i comandi motori efferenti necessari per spostarsi. Come evidenziato da Chrastil & Warren (2013), infatti, l'informazione podocinetica (*podokinetic information*) di cui si fa esperienza durante l'esplorazione spontanea contribuisce significativamente allo sviluppo della conoscenza configurazionale (*survey*) di un ambiente e risulta essere una delle componenti primarie implicate nell'apprendimento spaziale. Uno studio successivo (Chrastil & Warren, 2015) ha anche messo in risalto il contributo di tre componenti nella conoscenza topologica dell'ambiente: l'informazione visiva, l'informazione idiotetica (*idiothetic information*, ossia l'utilizzo di segnali generati internamente per determinare il movimento) e il processo decisionale (a livello cognitivo). In particolare, il processo decisionale è risultato essere la componente dell'esplorazione attiva primariamente implicata nell'acquisizione di una conoscenza topologica, mentre le informazioni idiotetiche sono risultate essere la componente primaria nel favorire la creazione di una conoscenza metrica di tipo *survey*.

La navigazione spaziale, quindi, grazie al movimento attivo all'interno dell'ambiente, combina la percezione multisensoriale con pattern di movimenti personali generati internamente dall'individuo (Gehrke et al., 2018). La libertà di movimento durante l'esplorazione libera, inoltre, permette all'individuo di allocare selettivamente la propria attenzione verso gli elementi che ritiene maggiormente importanti favorendone così la memorizzazione e il successivo ricordo. L'importanza del comportamento motorio intenzionale, combinato con una percezione attiva per estrarre invarianti dall'ambiente, è stata confermata dalle prestazioni dell'individuo e dal livello di conoscenza spaziale ottenuto in vari esperimenti (Péruch et al., 1995).

Grazie a tutte le informazioni ricavate dall'esplorazione libera, quindi, le persone riescono a crearsi una rappresentazione dell'ambiente esplorato composta da una rete di connessioni topologiche tra i vari *landmark* catalogati con precise informazioni metriche (Chrastil & Warren, 2014).

Una variabile importante nel guidare il comportamento d'esplorazione risulta essere la memoria di lavoro visuospatiale (MLVS).

1.3 Esplorazione libera e memoria di lavoro visuospatiale

La memoria di lavoro, in particolare la componente visuospatiale (MLVS), risulta avere un ruolo nel guidare il comportamento di esplorazione dell'individuo. Quando le persone esplorano gli ambienti, formano delle memorie spaziali importanti per sostenere il successivo ricordo della propria posizione e orientamento, nonché la posizione di altri oggetti presenti nell'ambiente (Gagnon et al., 2018).

Durante l'esplorazione libera, infatti, sembra che la memoria spaziale organizzi le informazioni relative all'ambiente circostante in maniera gerarchica suddividendo il luogo esplorato in regioni che influenzano, in un momento successivo, la navigazione e la pianificazione del percorso (Wiener & Mallot, 2003). Secondo la *Hierarchical Planning Hypothesis*, infatti, le regioni in cui può essere suddiviso l'ambiente sono delineate esplicitamente in una rappresentazione gerarchica dello spazio all'interno della memoria spaziale dell'individuo. Questa rappresentazione, composta dalla suddivisione in regioni dell'ambiente e dalle relazioni spaziali che intercorrono tra di esse, è posta ad un livello superiore della memoria spaziale e sembra influenzare le persone nella pianificazione dei percorsi. In particolare, un individuo, durante la pianificazione del percorso, tiene in considerazione il grado di connettività delle regioni e non si basa solo sulla connettività del singolo *landmark*.

Un altro studio di Brunec et al. (2023) ha mostrato come i partecipanti che, durante l'esplorazione libera, si dirigono verso aree di maggior connettività globale riescano a formarsi delle mappe cognitive più accurate. In particolare, è stata messa in risalto la strategia dei partecipanti: coloro che sono in grado di integrare posizioni distali dell'ambiente riescono ad individuare le aree dell'ambiente più informative approcciandole con maggior frequenza rispetto alle zone periferiche. Per questo motivo, essi scelgono percorsi più efficaci che li portano ad apprendere al meglio l'ambiente proposto. Al contrario, i mappatori meno accurati, esplorano l'ambiente in maniera più casuale scegliendo delle aree meno nodali. Basandosi sui risultati ottenuti, è stato

suggerito che gli esseri umani tendano a selezionare percorsi con molte interconnessioni basandosi probabilmente sulle informazioni visive oppure sulla loro memoria rispetto a luoghi visitati precedentemente. All'interno dello studio, inoltre, è stata anche valutata la quantità di superficie esplorata dal partecipante ed è stato suggerito che una copertura completa dell'ambiente a livello esplorativo possa favorire la creazione di una rappresentazione spaziale più accurata. Lo studio di Gagnon et al. (2018) ha infatti dimostrato che i partecipanti che visitano una porzione inferiore dell'ambiente e che rivisitano le stesse posizioni più volte hanno una memoria meno precisa. Al contrario, i partecipanti che visitano una porzione maggiore dell'ambiente e che non rivisitano zone esplorate in precedenza mostrano prestazioni di memoria spaziale più elevate.

Questi risultati suggeriscono che i *pattern* di esplorazione messi in atto dagli individui sono buoni predittori dell'accuratezza della mappa cognitiva che essi si creano. Questo risulta essere veritiero anche per le persone con abilità spaziali basse, indicando un ruolo privilegiato dell'esplorazione rispetto alla percezione di autoefficacia nel predire il successivo ricordo dell'ambiente. Le evidenze messe in luce da questi studi, sembrano indicare che la memoria spaziale abbia un ruolo effettivo nel dirigere e guidare il comportamento d'esplorazione messo in atto dagli individui influenzando, di conseguenza, il ricordo successivo degli ambienti. In particolare, la memoria di lavoro visuospatiale potrebbe influenzare in maniera importante l'esplorazione libera tramite la codifica e l'elaborazione della struttura dell'ambiente supportando le persone nella creazione di una mappa cognitiva del luogo esplorato.

Nel presente studio, ai partecipanti veniva data la possibilità di esplorare liberamente l'ambiente con il compito di prestare attenzione ai vari *landmark* per crearsi una mappa cognitiva accurata. I diversi *pattern* di esplorazione libera messi in atto dai partecipanti e i disegni di mappa basati sul ricordo dell'ambiente sono stati successivamente correlati con delle misure relative alla memoria di lavoro visuospatiale per verificarne la possibile influenza sull'esplorazione e sul ricordo dell'ambiente.

CAPITOLO 2. L'esperimento

2.1 Obiettivi

L'obiettivo di questo studio è analizzare il ruolo che la memoria di lavoro visuospatiale ha nel guidare il comportamento di esplorazione e il successivo ricordo dell'ambiente da parte degli individui. L'esperimento è stato condotto su partecipanti di età compresa tra i 19 e i 36 anni. Per valutare la capacità della memoria di lavoro visuospatiale degli individui è stato utilizzato un compito di Puzzle immaginativo. L'esplorazione libera, svolta tramite un *joystick* avveniva all'interno di un ambiente virtuale visualizzato su un ambiente *virtual CAVE*; sono stati raccolti dati relativi alla lunghezza del percorso, al numero di pause svolte, al numero di tagli del percorso e ai luoghi rivisitati. Queste misure sono state utilizzate per valutare il comportamento d'esplorazione degli individui. Per valutare il ricordo dell'ambiente esplorato, invece, i partecipanti hanno svolto un compito di disegno su mappa che è stato poi corretto dando una misura dell'accuratezza della rappresentazione cognitiva dei partecipanti. Analizzando la correlazione tra le tre variabili misurate (capacità di memoria di lavoro visuospatiale, comportamento d'esplorazione e ricordo dell'ambiente) è stato possibile valutare il ruolo della memoria di lavoro visuospatiale nell'esplorazione e nel ricordo di ambienti.

2.1.1 Ipotesi

Si ipotizza che la memoria di lavoro (in particolare la componente visuospatiale) abbia un ruolo nel dirigere il comportamento esplorativo dell'individuo e il conseguente ricordo dell'ambiente osservato. Ci si aspetta che il punteggio ottenuto dai partecipanti nel compito di Puzzle immaginativo correli positivamente con i risultati conseguiti nel compito di ricordo dell'ambiente. Inoltre, si ipotizza che un punteggio maggiore nel compito di memoria di lavoro visuospatiale (Puzzle immaginativo), correli con comportamenti che favoriscono un miglior apprendimento spaziale (come esplorare tutto l'ambiente a disposizione percorrendo distanze più lunghe) e, di conseguenza, con un

ricordo più accurato dell'ambiente (punteggio maggiore nel compito di disegno di mappa).

2.2 Metodo

2.2.1 Partecipanti

Al progetto di ricerca hanno preso parte 237 partecipanti di età compresa tra i 19 e i 36 anni. Il campione è composto da 150 donne con età media pari a 20.75 anni (DS = 1.47) e 87 uomini con età media pari a 21.70 anni (DS = 2.29). La scolarità media delle donne è pari a 12.99 (DS = 0.72) mentre la scolarità media degli uomini è pari a 13.48 (DS = 1.26). I partecipanti che hanno preso parte all'esperimento sono stati contattati tramite il corso "Psicologia della personalità e delle differenze individuali" (corso di Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche [L1]), il corso "Psicologia dell'apprendimento e della memoria" (corso di Scienze Psicologiche Cognitive e Psicobiologiche [L1]) e il passaparola tra le conoscenze degli sperimentatori. Dal campione sono stati esclusi 13 partecipanti: 3 per problemi tecnici durante lo svolgimento della sessione 2, 5 perché non avevano svolto la sessione 1, 5 perché avevano riportato di avere malattie psichiatriche o neurologiche.

2.2.2 Materiali

Di seguito sono presentati i compiti svolti nella sessione 1 e nella sessione 2. L'obiettivo della ricerca e le relative analisi riguardano i compiti svolti nella sessione 2.

2.2.2.1 Sessione 1

Questionario Demografico

Il questionario demografico è composto da 4 domande che richiedono informazioni su età, genere, livello di scolarità e salute. In particolare, per quanto riguarda il livello di scolarità, viene chiesto di indicare il livello di istruzione finora conseguito (per esempio “Istruzione primaria”, “Laurea triennale”, “Dottorato”). La domanda relativa alla salute, invece, richiede al partecipante di indicare se soffre di qualche disturbo (gli item proposti sono: “Nessun disturbo”, “Malattie psichiatriche o neurologiche”, “Patologie in grado di causare deficit cognitivi, visivi, uditivi, motori”, “Altro”).

Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire (OSIVQ; Blazhenkova & Kozhevnikov, 2009)

L'*Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire*, formato da 45 quesiti, valuta le preferenze rispetto alla gestione di informazioni spaziali, visive e verbali. Gli item del questionario permettono di ottenere un'autovalutazione della preferenza dei partecipanti rispetto a tre stili cognitivi: immaginazione pittorica (composta da 15 quesiti, ad esempio: “Quando immagino la faccia di un amico ne ho un'immagine perfettamente chiara e vivida”), immaginazione spaziale (composta da 15 quesiti, ad esempio: “Trovo difficoltà nell'immaginare come una figura geometrica tridimensionale appare dopo essere stata ruotata”) e verbalizzazione (composta da 15 quesiti, ad esempio: “Mi piace essere in grado di riformulare il mio pensiero in molti modi sia in forma scritta che orale”). Il partecipante deve rispondere indicando il suo grado di accordo rispetto ad ogni affermazione su una scala Likert a 5 punti in cui 1 corrisponde ad “Assolutamente non vero” e 5 a “Molto vero”. Per ottenere il punteggio si sommano gli item relativi alla scala visiva, alla scala verbale e alla scala spaziale e il punteggio massimo ottenibile è pari a 225. Il questionario ha dimostrato buona affidabilità in tutte e tre le scale: *OSIVQ* spaziale, Alpha di Cronbach = 0.78; *OSIVQ* verbale, Alpha di Cronbach = 0.78; *OSIVQ* visivo, Alpha di Cronbach = 0.85.

Questionario di Ansia Spaziale (De Beni et al., 2014)

Il Questionario di Ansia Spaziale, costituito da 8 domande, esamina il livello d'ansia spaziale del partecipante. In particolare, gli 8 item chiedono di indicare il livello di ansia riferito ad alcune situazioni di orientamento nell'ambiente circostante per raggiungere una destinazione (ad esempio: "Trovare una strada per raggiungere un appuntamento in una zona di una città o di un paese a lei non familiare"), provare nuove strade (ad esempio: "Provare una nuova strada, che pensa essere una scorciatoia, senza l'aiuto di una mappa") e dare indicazioni (ad esempio: "Indicare la direzione di un luogo esterno che qualcuno vuole raggiungere e di cui le ha chiesto indicazioni, quando è in una stanza senza finestre"). La valutazione è espressa su una scala Likert a 5 punti in cui 1 corrisponde a "Pochissima" e 5 a "Moltissima". Il punteggio si ottiene sommando i punti ottenuti dal partecipante per ogni item. Il punteggio massimo ottenibile è pari a 40 punti. Il questionario ha dimostrato buona affidabilità, Alpha di Cronbach = 0.89.

Questionario su piacere e autoefficacia di esplorazione (costruito ad hoc)

Il Questionario su piacere e autoefficacia di esplorazione è composto da 24 domande relative all'autovalutazione del proprio orientamento nell'ambiente. All'interno del questionario sono presenti delle affermazioni riguardanti compiti di orientamento frequenti nella vita quotidiana (per esempio: "Mi sento efficace nel trovare una scorciatoia anche senza usare supporti come gps o mappe", "Quando vedo una strada nuova evito di percorrerla perché non so dove porta", "Mi sento a disagio se devo raggiungere un luogo in una città o un posto sconosciuto"). Per ogni affermazione è richiesto di indicare il grado d'accordo su una scala Likert a 7 punti in cui 1 corrisponde a "Completamente in disaccordo" e 7 a "Completamente d'accordo". Il punteggio si ottiene sommando i punti ottenuti dal partecipante per ogni item. Il punteggio massimo ottenibile è pari a 168 punti. Il questionario ha dimostrato buona affidabilità, Alpha di Cronbach = 0.94.

Questionario sulle Abilità comportamentali, emotive e sociali (BESSI, Feraco et al., 2023)

Il Questionario sulle Abilità comportamentali, emotive e sociali è costituito da 20 domande. I 20 item sono organizzati rispettivamente in 5 scale, ciascuna composta da 4 item, e mirano ad indagare le principali abilità trasversali dei partecipanti: autogestione, innovazione, cooperazione, interazione e regolazione emotiva. Il compito consiste nel rispondere alle affermazioni presentate indicando il livello di capacità posseduta nello svolgimento di ciascuna attività proposta su una scala Likert a 5 punti in cui 1 corrisponde a “Per niente bene” e 5 a “Benissimo”. Per ottenere il punteggio si sommano i punti ottenuti dal partecipante agli item relativi ad ognuna delle scale: autogestione (punteggio massimo = 20), innovazione (punteggio massimo = 20), cooperazione (punteggio massimo = 20), interazione (punteggio massimo = 20) e regolazione emotiva (punteggio massimo = 20). Il questionario ha dimostrato buona affidabilità in tutte e cinque le scale: autogestione, Alpha di Cronbach = 0.82; innovazione, Alpha di Cronbach = 0.78; cooperazione, Alpha di Cronbach = 0.74; interazione, Alpha di Cronbach = 0.83; regolazione emotiva, Alpha di Cronbach = 0.84.

2.2.2.2 Sessione 2

Puzzle Immaginario (adattato da Richardson e Vecchi; 2002)

Il test del Puzzle Immaginario è un compito che serve a misurare la capacità di memoria di lavoro visuospatiale. La prova si compone di 18 quesiti di difficoltà crescente più una prova d'esempio posta all'inizio del compito. I 18 item sono suddivisi in 9 livelli di difficoltà crescente numerati dalla condizione 2 alla 10. Il numero della condizione corrisponde al numero di parti in cui l'oggetto è stato scomposto (per esempio: livello 2 – immagine scomposta in due pezzi, livello 3 – immagine scomposta in tre pezzi). Nella condizione 10 (massima difficoltà) l'immagine è suddivisa in 10 pezzi. Per ogni livello di difficoltà sono presenti due quesiti (immagini da ricomporre, per esempio una lampada, un orologio, una scarpa) indicati rispettivamente con le lettere A e B. Al partecipante viene mostrata un'immagine stimolo di un oggetto per 2 secondi. Successivamente, viene

rimostrata la stessa immagine scomposta con a fianco una griglia. Il compito consiste nell'indicare le associazioni tra numero (corrispondente ad un pezzo del puzzle) e lettera (corrispondente ad uno spazio nella griglia vuota) per poter ricreare la figura stimolo iniziale. Il compito prevede un massimo di 18 domande e, per ogni quesito, il partecipante ha un tempo massimo di risposta pari a 1 minuto e 30 secondi. La risposta viene valutata come corretta se il partecipante è in grado di posizionare tutti i pezzi del puzzle nell'ubicazione giusta ed entro il tempo massimo di 1 minuto e 30 secondi. Il compito viene interrotto se, per uno stesso livello, il partecipante ricompone in maniera errata sia la figura A che la figura B. Il punteggio viene calcolato sommando le ultime tre condizioni in cui il partecipante ha saputo ricostruire correttamente l'immagine proposta (per esempio se il soggetto ha ricomposto correttamente un'immagine corrispondente alla condizione 9 e le due immagini corrispondenti alla condizione 8 ottiene un punteggio pari a $9 + 8 + 8 = 25$).

L'ambiente (creato ad hoc)

L'ambiente (modellato con *Blender, data collection with Godot v3.5.3*) è una città virtuale al cui interno sono presenti 19 *landmark*: alimentari, libreria, banca, poste, scuola, museo, fontana, hotel, lunch bar, ospedale, chiesa, fioreria, gelateria, teatro, pizzeria, edicola, statua, palasport e parco giochi (Figura 1). Il partecipante si siede su una sedia di fronte ad uno schermo *CAVE* che ricopre una visuale di circa 180°. Il posizionamento permette al partecipante di avere una prospettiva della realtà virtuale in prima persona.



Figura 1. Mappa dell'ambiente proposto per la navigazione

Esplorazione libera

Durante l'esplorazione libera dell'ambiente virtuale (preceduta da una fase di familiarizzazione con il *joystick*), al partecipante viene mostrata una città virtuale proiettata su un grande schermo (schermo *CAVE*). Al partecipante viene chiesto di esplorare liberamente la città muovendosi all'interno di essa tramite l'ausilio del *joystick*. Al partecipante viene detto inoltre di prestare attenzione all'ambiente circostante, in particolare agli edifici (indicati rispettivamente con delle etichette ben visibili) e alle strade che ne delineano la struttura. L'esplorazione libera dell'ambiente ha una durata di 5 minuti (300 secondi) e viene data indicazione di continuare l'esplorazione fino a che il compito non si arresti al termine delle tempistiche preimpostate. I punteggi registrati dal *software* e presi in considerazione durante le analisi dei risultati sono:

- La durata totale della fase di familiarizzazione col *joystick*;
- La lunghezza totale del percorso svolto durante la fase di familiarizzazione col *joystick*;
- La lunghezza totale del percorso svolto durante l'esplorazione libera;
- Il numero totale di pause svolte durante l'esplorazione libera.

Compito di disegno di mappa (creato ad hoc)

Il compito di ricordo dell'ambiente prevede il posizionamento degli elementi (*landmark*) dell'ambiente esplorato all'interno di una mappa creata ad hoc. La mappa cartacea mostrata al partecipante consiste in un perimetro che delimita l'area della città virtuale precedentemente esaminata ed appresa. Sulla mappa impoverita è anche presente una freccia indicante il punto di partenza dell'esplorazione come suggerimento da dare al partecipante (Figura 2). Al partecipante viene richiesto di indicare all'interno della mappa il punto in cui sono posizionati i vari *landmark* e le strade viste all'interno della città virtuale esplorata. Questo compito non prevede limiti di tempo e viene lasciato al partecipante il tempo necessario per completare la mappa inserendo tutti gli elementi dell'ambiente che ricorda. Il punteggio ottenuto in questo compito viene calcolato sommando il numero di *landmark* posti nella corretta ubicazione all'interno della *Sketch Map* impoverita svolgendo due analisi:

- Per la prima analisi, il giudice valuta l'accuratezza della posizione assoluta dei *landmark* inseriti dal partecipante all'interno della mappa assegnando 1 punto se l'ubicazione assoluta del *landmark* risulta corretta oppure 0 punti se l'ubicazione assoluta del *landmark* risulta errata. Il punteggio di ogni partecipante si calcola sommando il punteggio ottenuto per ogni *landmark*. Se il partecipante traccia le strade, viene aggiunto 1 punto al punteggio totale, se il disegno non contiene le strade non viene aggiunto alcun punto. Questa operazione di correzione ed assegnazione dei punteggi viene svolta individualmente da due giudici. Successivamente, vengono individuate le discrepanze nella correzione degli item e un terzo giudice confronta le due analisi determinando quella più corretta e concludendo così l'assegnazione dei punteggi assoluti;
- Per la seconda analisi, viene misurata l'accuratezza *square root canonical organization* utilizzando il *software GMDA* (Gardony, 2014; <https://www.aarongardony.com/tools/map-drawing-analyzer>). In particolare, viene caricato il disegno di ogni partecipante all'interno del *software* che analizza l'accuratezza relativa di ogni *landmark* rispetto agli altri in base agli assi Nord, Sud, Est, Ovest.

Riassumendo, per ogni disegno si ottiene una misura di accuratezza del posizionamento assoluto dei *landmark* (correzione giudice) e una misura di accuratezza complessiva considerando la posizione relativa tra *landmark* (correzione *GMDA*).

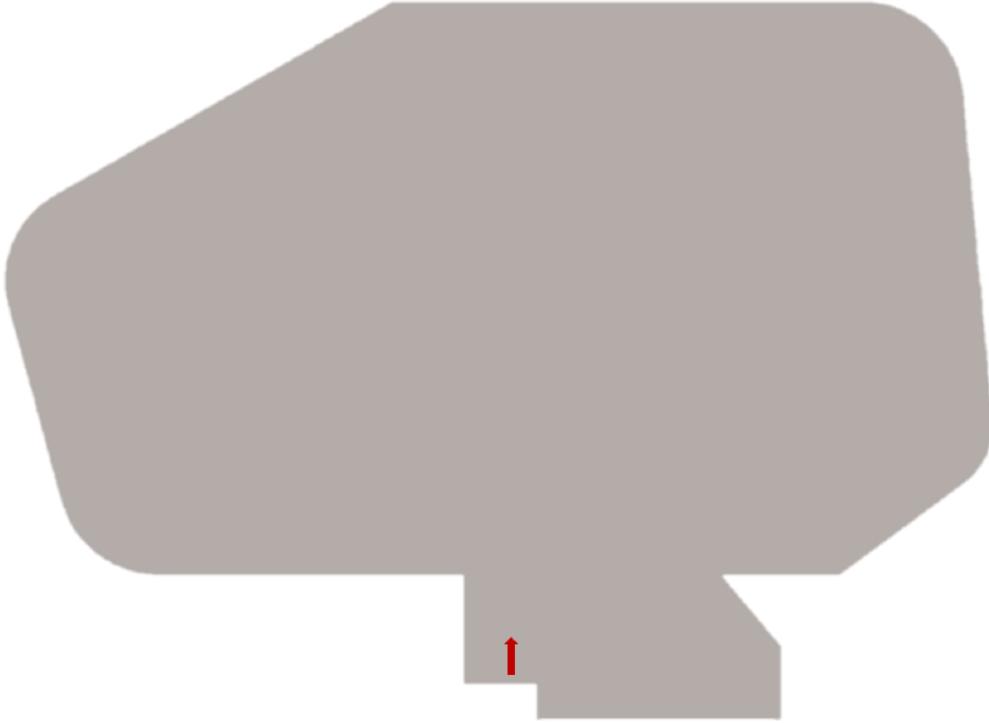


Figura 2. *Sketch map* usata per il disegno di mappa

2.2.3 Procedura

L'esperimento, svolto da ottobre 2023 a maggio 2024, si articola in due sessioni differenti ed è stato: la prima sessione consiste nella compilazione di alcuni questionari, mentre nella seconda sessione è stato chiesto ai partecipanti di svolgere dei compiti cognitivi. La prima sessione dell'esperimento aveva una durata di circa 30 minuti, la seconda sessione aveva una durata di circa 20 minuti (10 minuti per lo svolgimento del Puzzle immaginativo e 10 minuti per il compito di esplorazione libera e ricordo dell'ambiente).

2.2.3.1 Sessione 1

La prima sessione dell'esperimento è stata svolta interamente online dai partecipanti. Essi sono stati invitati ad accedere tramite un link fornito via mail dagli sperimentatori ad un *qualtrics* contenente il consenso informato relativo alla ricerca in oggetto e alcuni questionari.

Prima della compilazione dei questionari, al partecipante è stato presentato lo studio proposto tramite una breve descrizione degli obiettivi di ricerca, dei materiali utilizzati e delle sessioni a cui si richiedeva di prendere parte. Successivamente, sono stati specificati i criteri di inclusione alla partecipazione (non soffrire di *motion sickness* o chinetosi) e di esclusione alla partecipazione (soffrire di malattie psichiatriche, neurologiche o patologie in grado di causare deficit cognitivi, visivi, uditivi o motori). Infine, è stata presentata la modalità di trattamento dei dati ed è stato chiesto al partecipante di esprimere il proprio consenso alla partecipazione e al trattamento dei propri dati personali.

In seguito, ad ogni soggetto è stato chiesto di compilare i seguenti questionari: Questionario demografico; *Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire (OSIVQ)*; Questionario di Ansia Spaziale; Questionario su piacere e autoefficacia di esplorazione; Questionario sulle Abilità comportamentali, emotive e sociali. I vari questionari sono stati presentati in ordine casuale e randomizzato, per cui l'ordine di compilazione è risultato diverso per ogni partecipante.

2.2.3.2 Sessione 2

La seconda sessione dell'esperimento è stata svolta interamente in presenza nei laboratori di psicologia. Per poter prendere parte a questa sessione dell'esperimento, i partecipanti hanno dovuto prenotarsi utilizzando un link e selezionando una fascia oraria tra quelle proposte all'interno degli slot inseriti in *Google Calendar*.

Per prima cosa i partecipanti completano il compito di Puzzle immaginativo in un laboratorio dotato di sedia e scrivania.

Successivamente, il partecipante viene accompagnato in laboratorio *CAVE*. I partecipanti sono stati invitati ad accomodarsi su una sedia posta in mezzo alla stanza davanti a cui era presente un tavolo con un *joystick* posizionato sopra. Successivamente, lo sperimentatore esce dal *CAVE* e si dirige nella sala di comando da cui può comunicare con il partecipante tramite un microfono. Prima di iniziare il compito, lo sperimentatore deve chiedere al partecipante con che mano scrive e quanto si sente familiare nell'utilizzo del *joystick*. In seguito, vengono inseriti i dati del partecipante e viene fatta partire una modalità di *training* (ambiente virtuale con delle forme geometriche) grazie alla quale il partecipante può familiarizzare con il *joystick* prima dell'inizio del compito di esplorazione vero e proprio. La durata del *training* viene modulata in base alle capacità del partecipante: quando il partecipante afferma di sentirsi sicuro di come funzioni il *joystick*, viene chiusa la modalità *training* e si inizia con il compito di esplorazione. Il compito di esplorazione libera ha una durata complessiva impostata dallo sperimentatore di 5 minuti (300 secondi).

Al termine dell'esplorazione, si procede con la somministrazione del compito di ricordo dell'ambiente: il compito di disegno su mappa.

2.3 Risultati

Sono state svolte delle correlazioni per analizzare la relazione tra le variabili.

Rispetto all'obiettivo del presente elaborato, verranno esposte prima le relazioni tra prova di memoria di lavoro visuospatiale e indicatori di accuratezza del disegno di mappa e successivamente le relazioni tra compito di disegno e comportamento di esplorazione.

Relazione tra memoria di lavoro visuospaziale e rappresentazione dell'ambiente (disegno di mappa).

Per quanto riguarda le correlazioni con la memoria di lavoro visuospaziale (MLVS, misurata con il compito di Puzzle immaginativo) sono emerse delle correlazioni significative con la lunghezza totale del percorso svolto durante l'esplorazione libera ($r = 0.17$; $p < 0.05$) e il compito di ricordo dell'ambiente. Per quanto riguarda la correlazione tra MLVS e il compito di ricordo dell'ambiente sono emerse correlazioni significative con entrambe le analisi del disegno di mappa: sia con quella svolta dai giudici relativa alla posizione assoluta dei *landmark* ($r = 0.30$; $p < 0.001$), che con quella svolta tramite l'ausilio del *software GMDA* prendendo in considerazione l'accuratezza relativa di ogni *landmark* rispetto agli altri in base alle coordinate Nord, Sud, Est, Ovest ($r = 0.22$; $p < 0.001$).

Relazione tra e rappresentazione dell'ambiente (disegno di mappa) e comportamento di esplorazione.

Per quanto riguarda la correlazione tra compito di disegno e comportamento di esplorazione sono emersi risultati differenti in base alle due analisi svolte. L'analisi del legame tra l'accuratezza della posizione assoluta dei *landmark* esaminata dai giudici del compito di disegno e i vari indici del comportamento di esplorazione presi in considerazione non ha evidenziato correlazioni significative. Per quanto riguarda l'accuratezza relativa dei vari *landmark* rispetto agli altri in base alle coordinate Nord, Sud, Est, Ovest esaminata tramite *GMDA* è emersa una unica correlazione significativa con i tagli per settori grigi svolti dal partecipante durante l'esplorazione libera (correlazione negativa: $r = -0.15$; $p < 0.05$). Per le altre variabili riguardanti l'esplorazione (lunghezza, numero di pause), invece, non sono emerse correlazioni significative con l'accuratezza del disegno di mappa (giudice e *GMDA*). L'accuratezza del disegno di mappa *GMDA*, inoltre, correla con il compito di disegno analizzato dai giudici (correlazione positiva: $r = 0.42$; $p < 0.001$).

Si veda Tabella 1 per Medie, Deviazioni Standard e Correlazioni tra variabili.

Tabella 1. Statistiche descrittive (M e DS) e correlazioni tra le variabili di interesse.

	<i>M</i>	<i>DS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>1. Puzzle Immaginativo</i>	22.57	4.83							
<i>2. Lunghezza percorso (esplorazione)</i>	1474.26	374.06	0.17*						
<i>3. Numero di pause (esplorazione)</i>	7.81	5.19	-0.11	-0.88***					
<i>4. Numero di tagli per settori grigi (esplorazione)</i>	6.18	4.52	0.12	0.43***	-0.40***				
<i>5. Pezzi di strada visti due volte (esplorazione)</i>	3.82	2.33	-0.00	0.35***	-0.35***	0.05			
<i>6. Pezzi di strada visti più di due volte (esplorazione)</i>	1.87	1.94	0.04	0.49***	-0.38***	0.10	0.03		
<i>7. Disegno mappa: posizione assoluta (giudice)</i>	4.17	2.63	0.30***	0.07	-0.06	0.09	0.08	0.03	
<i>8. Disegno mappa: posizione relativa (GMDA)</i>	0.72	0.16	0.22***	-0.07	0.03	-0.15*	0.06	0.08	0.42***

Nota Tabella 1: $p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$; in grassetto sono riportate le correlazioni significative

CAPITOLO 3. Discussione

Il presente studio si è proposto di esaminare la relazione tra la memoria di lavoro visuospatiale, l'esplorazione libera di un ambiente e il successivo ricordo.

L'analisi si è basata sulla valutazione delle correlazioni intercorrenti tra le variabili prese in esame e misurate tramite compiti appositi. In particolare, sono stati utilizzati: un compito di Puzzle immaginativo (per calcolare la capacità di memoria di lavoro visuospatiale), l'esplorazione libera di un ambiente (di cui sono stati misurati alcuni indici) e un compito di disegno su mappa (per testare il ricordo dell'ambiente).

3.1 Correlazione tra memoria di lavoro visuospatiale, esplorazione libera e ricordo dell'ambiente

L'analisi delle correlazioni emerse tra le variabili prese in considerazione nello studio, ha sottolineato la presenza un legame tra capacità di memoria di lavoro visuospatiale ed esplorazione libera. In particolare, è stato rilevato che le persone che svolgono un percorso più lungo durante l'esplorazione libera dell'ambiente ottengono punteggi maggiori nel compito di Puzzle immaginativo (misura della MLVS). Inoltre, punteggi maggiori nel compito di Puzzle immaginativo (MLVS), correlano positivamente anche con valutazioni migliori nel compito di ricordo dell'ambiente. È stata evidenziata una correlazione positiva della MLVS sia con l'analisi del disegno svolta dai giudici tenendo in considerazione la posizione assoluta dei *landmark* che con l'analisi del disegno svolta da *GMDA* tenendo in considerazione la posizione relativa dei vari *landmark* rispetto agli altri in base alle coordinate Nord, Sud, Est, Ovest. Questi risultati sembrano quindi validare l'ipotesi di partenza che prevedeva una correlazione positiva tra memoria di lavoro visuospatiale, esplorazione libera e ricordo dell'ambiente.

La correlazione tra capacità di memoria visuospatiale e le due differenti analisi del compito di ricordo dell'ambiente, inoltre, risulta essere in linea con il lavoro di Hirtle & Jonides (1985). Essi avevano evidenziato che il raggruppamento soggettivo dei vari *landmark* nella formazione della rappresentazione mentale di un ambiente porta a

distorcere la distanza reale tra i vari *landmark*. In particolare, è stata osservata una tendenza a sovrastimare la distanza tra *landmark* appartenenti a *cluster* differenti e una tendenza a sottostimare la distanza tra *landmark* appartenenti allo stesso *cluster*. Questi due *bias* nella rappresentazione mentale dell'ambiente sono stati riscontrati nelle prestazioni dei partecipanti in vari compiti spaziali (tra cui il disegno di mappa). Allo stesso modo, nel presente studio è stata rilevata una correlazione di indice maggiore tra capacità di memoria di lavoro visuospaziale e posizione assoluta dei *landmark* nel compito di disegno valutata dai giudici ($r = 0.30$; $p < 0.001$) rispetto a quella tra capacità di memoria di lavoro visuospaziale e posizione relativa dei *landmark* nel compito di disegno valutata da *GMDA* ($r = 0.23$; $p < 0.001$). La minor accuratezza registrata riguardo alla posizione relativa dei vari *landmark* nel compito di disegno di mappa potrebbe essere dovuta, quindi, ai due *bias* di sovrastima e sottostima della distanza tra *landmark* appartenenti a diversi *cluster* o allo stesso *cluster*.

Per quanto riguarda la correlazione tra compito di disegno e comportamento di esplorazione sono emersi risultati differenti in base alle due analisi svolte. L'analisi del legame tra l'accuratezza della posizione assoluta valutata dai giudici del compito di disegno e i vari indici presi in considerazione non ha evidenziato correlazioni significative. Per quanto riguarda l'accuratezza della posizione relativa dei vari *landmark* rispetto agli altri in base alle coordinate Nord, Sud, Est, Ovest sono emerse due correlazioni significative: la prima con il numero di tagli per settori grigi svolti dal partecipante durante l'esplorazione libera (correlazione negativa) e la seconda con il compito di disegno analizzato dai giudici (correlazione positiva). La correlazione negativa tra i tagli per settori grigi svolti dal partecipante durante l'esplorazione libera e l'accuratezza della posizione relativa dei vari *landmark* rispetto agli altri in base alle coordinate Nord, Sud, Est, Ovest potrebbe essere dovuta ad una maggiore difficoltà per i partecipanti nel crearsi una rappresentazione cognitiva accurata dell'ambiente esplorato. In particolare, avendo svolto l'esplorazione in un ambiente strutturato con i vari *landmark* disposti lungo un percorso delineato da strade, è possibile che i partecipanti che hanno usato delle scorciatoie passando per le zone verdi dell'ambiente abbiano distorto l'effettiva distanza e relazione tra i vari *landmark* ottenendo come esito una minore accuratezza nella correzione *GMDA* della mappa. Risultati simili, sono stati osservati in un altro studio (Keller & Sutton, 2022) in cui è stato rilevato che partecipanti con mappe

cognitive meno accurate osservano maggiormente il cielo e il terreno rispetto ai partecipanti con mappe cognitive più accurate.

Si potrebbe quindi inferire che la memoria di lavoro visuospatiale sia una componente molto importante nel dirigere il comportamento di esplorazione dell'individuo e nel favorire un apprendimento ottimale dell'ambiente facilitandone il ricordo. L'assenza di correlazioni statisticamente significative tra comportamento di esplorazione e compito di ricordo (disegno di mappa corretto dai giudici), infatti, supporta l'ipotesi formulata in partenza secondo cui la MLVS giochi un ruolo fondamentale nella creazione di una mappa cognitiva accurata dell'ambiente. Il ruolo della memoria di lavoro visuospatiale risulta quindi maggiormente influente rispetto alla modalità di esplorazione nel favorire il ricordo dell'ambiente. I risultati ottenuti, inoltre, suggeriscono che il comportamento esplorativo sia meno influente rispetto alla capacità di MLVS nello sviluppo di una conoscenza *survey* dell'ambiente.

La differenza nell'accuratezza delle mappe cognitive potrebbe quindi non essere dovuta a differenze nell'esplorazione e nell'osservazione dei *landmark*, ma piuttosto a differenze nella capacità di codifica e recupero della memoria. Queste differenze (a livello di MLVS) potrebbero influenzare l'accuratezza della rappresentazione cognitiva in quanto l'incapacità di ricordarsi le posizioni e le caratteristiche visive dei vari *landmark* potrebbe rendere difficile per il partecipante formarsi una mappa cognitiva dell'ambiente (Keller & Sutton, 2022). La memoria di lavoro visuospatiale, inoltre, contribuirebbe in maniera sostanziale nell'integrazione progressiva delle informazioni riguardanti i vari *landmark* favorendo così la creazione di una rappresentazione ricca e completa dell'ambiente esplorato. Esploratori e navigatori meno esperti, infatti, hanno solitamente capacità di memoria di lavoro spaziale e verbale minori (Weisberg & Newcombe, 2016) e la memoria di lavoro visuospatiale risulta essere un predittore significativo di una navigazione efficace (Ploran et al., 2015).

Durante la raccolta dati del presente studio, sono state svolte anche osservazioni qualitative rispetto alle strategie di ricordo messe in atto dai partecipanti durante l'esplorazione libera. È stata rilevata una buona variabilità nell'impiego di strategie che favorissero il ricordo dell'ambiente: alcuni partecipanti si sono limitati ad osservare l'ambiente durante il movimento, altri si sono posizionati in punti nevralgici della città e

hanno spostato lo sguardo tramite il *joystick*, altri ancora hanno spostato fisicamente la propria testa e il proprio sguardo lungo lo schermo *CAVE*. Durante l'esplorazione libera, inoltre, vari partecipanti hanno ripetuto le etichette dei *landmark* osservati durante il percorso (alcuni hanno svolto questa operazione pure durante il compito di ricordo). Questi dati qualitativi registrati durante la raccolta dati suggeriscono un'effettiva differenza interindividuale nelle strategie di codifica che potrebbe influire nell'immagazzinamento e nel successivo ricordo dei vari *landmark* promuovendo anche una maggiore o minore accuratezza nella rappresentazione *survey* dell'ambiente esplorato.

3.2 Prospettive future

I risultati del presente studio sottolineano un evidente ruolo della memoria di lavoro nel guidare l'esplorazione libera e il ricordo di ambienti.

Le evidenze emerse nel presente esperimento potrebbero inoltre promuovere un'apertura verso lo studio della memoria di lavoro come super-fattore nell'influenzare le prestazioni degli individui in compiti disparati. Vari studi (Uttal et al., 2013; Wai et al., 2009), infatti, hanno rilevato un legame tra abilità spaziali e successo accademico e lavorativo nelle discipline STEM (*Science, Technology, Engineering, Math*) indicando inoltre dei benefici nel caso di *training* delle varie abilità (Uttal et al., 2013). Questo potrebbe risultare un interessante campo di indagine per studiare se percorsi di potenziamento delle capacità della memoria di lavoro visuospatiale possano avere dei benefici nel comportamento di esplorazione e nella relativa rappresentazione spaziale.

Dallo studio condotto da Tikhomirova et al. (2020) è inoltre emersa una correlazione significativa tra gli anni di scolarità e la capacità memoria di lavoro visuospatiale (misurata tramite appositi compiti). Nel presente studio, gli anni di scolarità sono stati raccolti e considerati come una variabile di controllo. Sarebbe tuttavia interessante approfondire il legame intercorrente tra gli anni di scolarità e lo sviluppo della memoria di lavoro visuospatiale e analizzare se e come queste due variabili possano influenzare positivamente il comportamento di esplorazione e di ricordo di ambienti.

Anche le strategie di codifica messe in atto dai partecipanti potrebbero risultare un'interessante variabile da tenere in considerazione nello studio delle differenze di prestazione in compiti di ricordo di ambiente. I due differenti servosistemi della memoria di lavoro (loop fonologico e taccuino visuospatiale), infatti, potrebbero elaborare in maniera differente le informazioni ottenute durante l'esplorazione e potrebbero portare ad una codifica diversa dell'ambiente. In particolare, come suggerito dallo studio di Labate et al. (2014), il servosistema implicato nella memoria di lavoro verbale potrebbe essere maggiormente coinvolto nella codifica e nel mantenimento delle informazioni relative ai *landmark* promuovendo una rappresentazione cognitiva di tipo *route*, mentre il servosistema implicato nella memoria di lavoro visuospatiale potrebbe essere maggiormente coinvolto nella codifica delle proprietà configurazionali dell'ambiente e nell'inferenza delle relazioni intercorrenti tra i vari *landmark* promuovendo una rappresentazione cognitiva di tipo *survey*. Inoltre, le evidenze emerse nello studio di Meneghetti et al. (2021), potrebbero indicare un coinvolgimento funzionale della memoria di lavoro verbale nel ricordo degli ambienti in caso di sovraccarico del taccuino visuospatiale. In particolare, quando il servosistema della memoria di lavoro visuospatiale è in sovraccarico a causa delle svariate informazioni spaziali codificate durante l'apprendimento di un ambiente, la memoria di lavoro verbale potrebbe entrare in gioco avendo un effetto positivo sul ricordo dell'ambiente grazie alla strategia di ripasso subvocalico.

CAPITOLO 4. Conclusioni

Lo studio del legame che intercorre tra l'esplorazione e il ricordo di ambienti è in costante aumento in quanto risulta essere un'abilità molto importante nella quotidianità. L'esplorazione attiva dell'ambiente che ci circonda, infatti, è la modalità più efficace grazie alla quale gli individui riescono a creare una rappresentazione cognitiva accurata del luogo osservato. Tuttavia, sono ancora pochi gli studi che mettono in relazione queste due capacità (esplorazione libera e ricordo di ambienti) con la memoria di lavoro (in particolare la componente visuospatiale). Per questo motivo, nel presente studio sono state prese in considerazione e analizzate le correlazioni tra tre variabili: memoria di lavoro visuospatiale, esplorazione libera e ricordo di ambienti. In particolare, l'obiettivo di questa ricerca è stato evidenziare il ruolo principale della memoria di lavoro visuospatiale nell'influenzare il comportamento di esplorazione e nel favorire il successivo ricordo dell'ambiente. Il campione preso in esame è composto da 237 partecipanti (la cui maggioranza è costituita da studenti universitari): 150 donne e 87 uomini, di età compresa tra i 19 e i 36 anni. L'esperimento si articola in due sessioni differenti: la prima consiste nel completamento di cinque questionari mentre nella seconda è stato chiesto ai partecipanti di svolgere dei compiti cognitivi. In particolare, sono stati svolti un compito di Puzzle immaginativo, un'esplorazione libera di un ambiente virtuale e un compito di disegno su mappa. Dopo aver calcolato i punteggi ottenuti dai partecipanti ai vari compiti, è stato possibile determinare le correlazioni tra le tre variabili d'interesse. I risultati delle analisi di correlazione hanno evidenziato una correlazione significativa tra capacità di memoria di lavoro visuospatiale (misurata tramite il compito di Puzzle immaginativo) e ricordo di ambiente (compito di disegno su mappa, analizzato dai giudici e da *GMDA*). È inoltre emersa un'altra correlazione significativa tra la memoria di lavoro visuospatiale e la lunghezza totale del percorso esplorato dal partecipante (indice ricavato dal compito di esplorazione libera). Questi risultati suggeriscono che la memoria di lavoro abbia un'effettiva influenza sulle variabili di esplorazione libera e ricordo dell'ambiente come ipotizzato. Per quanto riguarda la relazione diretta tra comportamento d'esplorazione e ricordo dell'ambiente non sono emerse correlazioni significative rispetto agli indici d'esplorazione presi in esame e

all'analisi della posizione assoluta dei *landmark* sulla mappa, mentre è emersa una correlazione negativa significativa tra il numero di tagli per settori grigi e l'analisi della posizione relativa dei *landmark* rispetto agli altri e alle coordinate Nord, Sud, Est e Ovest. Questa relativa mancanza di correlazioni significative dirette tra la modalità di esplorazione libera e il compito di ricordo dell'ambiente potrebbe essere indicativa della maggiore influenza che invece ha la memoria di lavoro nella creazione di una mappa cognitiva ambientale accurata. In particolare, la memoria di lavoro visuospatiale potrebbe risultare preponderante nel guidare l'individuo durante l'esplorazione libera per promuovere una migliore codifica, un buon immagazzinamento e un recupero ottimale dell'informazione relativa ai vari *landmark*. La memoria di lavoro visuospatiale, inoltre, potrebbe avere un ruolo di prim'ordine nel favorire l'integrazione e la progressiva elaborazione delle informazioni visuospatiali in entrata dando la possibilità all'individuo di raggiungere un livello di conoscenza *survey* ricco e completo. La correlazione positiva emersa tra posizione assoluta dei vari *landmark* e posizione relativa dei vari *landmark* rispetto agli altri e rispetto alle coordinate Nord, Sud, Est e Ovest potrebbe suggerire la presenza di una relazione tra il ricordo dei *landmark* e lo sviluppo di una conoscenza *survey* dell'ambiente accurata. Queste due abilità, potrebbero essere controllate dalla memoria di lavoro visuospatiale e potrebbero influenzarsi vicendevolmente nella promozione di un recupero efficace della rappresentazione dell'ambiente esplorato. I risultati messi in luce da questo studio dimostrano quindi che le differenti capacità di memoria di lavoro visuospatiale degli individui sono un fattore cruciale nel dirigere la successiva esplorazione dell'ambiente e il conseguente ricordo dello stesso e che l'approfondimento delle effettive implicazioni della memoria di lavoro nella conoscenza spaziale può risultare proficuo anche per un miglioramento in altre discipline.

Bibliografia

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). *Working memory*. In *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
[https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baldwin, C. L., & Reagan, I. (2009). Individual differences in route-learning strategy and associated working memory resources. *Human Factors*, 51(3), 368-377.
<http://dx.doi.org/10.1177/0018720809338187>
- Blazhenkova, O., & Kozhevnikov, M. (2009). The new object-spatial-verbal cognitive style model: Theory and measurement. *Applied Cognitive Psychology*, 23(5), 638-663.
<http://dx.doi.org/10.1002/acp.1473>
- Brunec, I. K., Nantais, M. M., Sutton, J. E., Epstein, R. A., & Newcombe, N. S. (2023). Exploration patterns shape cognitive map learning. *Cognition*, 233, 1-12.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105360>
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1037/a0032382>
- Chrastil, E. R., & Warren, W. H. (2014). From cognitive maps to cognitive graphs. *PLoS ONE*, 9(11).
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0112544>

- Chrastil, E. R., & Warren, W. H. (2015). Active and passive spatial learning in human navigation: Acquisition of graph knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *41*(4), 1162-1178.
<http://dx.doi.org/10.1037/xlm0000082>
- De Beni, R., Meneghetti, C., Fiore, F., Gava, L., & Borella, E. (2014). *Batteria visuospatiale. Strumenti per la valutazione delle abilità visuo-spaziali nell'arco di vita adulta [Visuo-spatial battery: Instrument for assessing visuo-spatial abilities across adult life span]*. Firenze, IT: Hogrefe.
- Gagnon, K. T., Thomas, B. J., Munion, A., Creem-Regehr, S. H., Cashdan, E. A., & Stefanucci, J. K. (2018). Not all those who wander are lost: Spatial exploration patterns and their relationship to gender and spatial memory. *Cognition*, *180*, 108-117.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2018.06.020>
- Garden, S., Cornoldi, C., & Logie, R. H. (2002). Visuo-spatial working memory in navigation. *Applied Cognitive Psychology*, *16*(1), 35–50.
<http://dx.doi.org/10.1002/acp.746>
- Gehrke, L., Iversen, J. R., Makeig, S., & Gramann, K. (2018). The Invisible Maze Task (IMT): Interactive Exploration of Sparse Virtual Environments to Investigate Action-Driven Formation of Spatial Representations. *Lecture Notes in Computer Science Spatial Cognition*, *9*, 293-310.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-96385-3_20
- Feraco, T., Casali, N., Pellegrino, G., Soto, C. J., Napolitano, C., Carretti, B., & Meneghetti, C. (2023). The Italian Behavioral, Emotional, and Social Skills Inventory (BESSI-I). *Journal of Personality Assessment*
<http://dx.doi.org/10.1080/00223891.2024.2335912>

- Hilton, C., Wiener, J., & Johnson, A. (2021). Serial memory for landmarks encountered during route navigation. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 74(12), 2137-2153.
<http://dx.doi.org/10.1177/17470218211020745>
- Hirtle, S. C., & Jonides, J. (1985). Evidence of hierarchies in cognitive maps. *Memory & Cognition*, 13(3), 208-217.
<http://dx.doi.org/10.3758/BF03197683>
- Hund, A. M. (2016). Visuospatial working memory facilitates indoor wayfinding and direction giving. *Journal of Environmental Psychology*, 45, 233-238.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.01.008>
- Kant, I. (1781). *Critica della ragion pura*. (2013). Torino, UTET.
- Keller, M., & Sutton, J. E. (2022). Individual differences in the allocation of visual attention during navigation. *Canadian Journal of Experimental Psychology / Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 76(1), 10-21.
<http://dx.doi.org/10.1037/cep0000247>
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.11.007>
- Meneghetti, C., Zancada-Menéndez, C., Sampedro-Piquero, P., Lopez, L., Martinelli, M., Ronconi, L., & Rossi, B. (2016). Mental representations derived from navigation: The role of visuo-spatial abilities and working memory. *Learning and Individual Differences*, 49, 314-322.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.002>

- Meneghetti, C., Labate, E., Toffalini, E., & Pazzaglia, F. (2021). Successful navigation: The influence of task goals and working memory. *Psychological Research*, 85(2), 634-648.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00426-019-01270-7>
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101614>
- 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.
<http://dx.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, 1-7.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101820>
- Péruch, P., Vercher, J.-L., & Gauthier, G. M. (1995). Acquisition of spatial knowledge through visual exploration of simulated environments. *Ecological Psychology*, 7(1), 1-20.
http://dx.doi.org/10.1207/s15326969eco0701_1
- Ploran, E. J., Rovira, E., Thompson, J. C., & Parasuraman, R. (2015). Underlying spatial skills to support navigation through large, unconstrained environments. *Applied Cognitive Psychology*, 29(4), 608-613.
<http://dx.doi.org/10.1002/acp.3135>

- Richardson, J. T. E., & Vecchi, T. (2002). A jigsaw-puzzle imagery task for assessing active visuospatial processes in old and young people. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 34(1), 69-82.
<http://dx.doi.org/10.3758/BF03195425>
- Tikhomirova, T. N., Malykh, A. S., & Malykh, S. B. (2020). Visuospatial working memory development across years of schooling. *Psychology in Russia: State of the Art*, 13(4), 207-222.
<http://dx.doi.org/10.11621/pir.2020.0414>
- Uttal, D. H., Miller, D. I., & Newcombe, N. S. (2013). Exploring and enhancing spatial thinking: Links to achievement in science, technology, engineering, and mathematics? *Current Directions in Psychological Science*, 22(5), 367-373.
<http://dx.doi.org/10.1177/0963721413484756>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835.
<http://dx.doi.org/10.1037/a0016127>
- Weisberg, S. M., & Newcombe, N. S. (2016). How do (some) people make a cognitive map? Routes, places, and working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42(5), 768-785.
<http://dx.doi.org/10.1037/xlm0000200>
- Wiener, J. M., & Mallot, H. A. (2003). 'Fine-to-Coarse' Route Planning and Navigation in Regionalized Environments. *Spatial Cognition and Computation*, 3(4), 331-358.
http://dx.doi.org/10.1207/s15427633scc0304_5