

**Corso di Dottorato in  
Learning Sciences and Digital Technologies  
XXXVIII ciclo**

**Tecnologie Tiflodidattiche**

Nuove vie di apprendimento nella didattica per disabili  
visivi

Tutor  
Prof.ssa Francesca Baralla

Firmato digitalmente da: Francesca Baralla  
Organizzazione: UNIMOLISE/00745460706  
Limitazioni d'uso: Explicit Text: I titoli fanno uso del certificato solo per le finalità di lavoro per le quali esso è rilasciato. The certificate holder must use the certificate only for the purposes for which it is issued.  
Luogo: Roma  
Data: 30/11/2025 19:58:33

Co-tutor  
Prof. Luca Refrigeri

Dottoranda  
Amalia Maria Paoletta



Anno Accademico 2024/2025



*A mia Madre e a mio Padre,  
nella vostra memoria,  
e per la vostra presenza invisibile*



## Abstract

Questa tesi esplora il potenziale delle Tecnologie Tiflodidattiche per sostenere l'apprendimento di bambini, adolescenti e adulti con disabilità visiva, con particolare attenzione alle rappresentazioni spaziali e all'accessibilità dei contesti educativi. Viene proposto il termine "Tecnologie Tiflodidattiche" per indicare strumenti che non sono semplicemente ausili compensativi, né soltanto tecnologie educative generiche, ma dispositivi progettati per integrare in modo strutturale esigenze tiflogiche, obiettivi didattici e mediazione tecnologica. All'interno di questo quadro viene sviluppata e sperimentata *Spatial Explorer*, una *Tangible User Interface* organizzata in 21 *task* su concetti topologici e direzionali di base. In uno studio pilota con 15 bambini ciechi o ipovedenti gravi di età compresa tra 4 e 9 anni, il numero totale di errori passa in media da circa 23,5 nella fase di apprendimento a 14,3 al pre-test e 7,1 al test finale, con una riduzione complessiva di circa il 70% e *effect size* entro-soggetto di ampiezza elevata. Il *pattern* di risultati è stabile lungo l'intero *range* d'età, non mostra differenze sostanziali tra maschi e femmine o tra cecità grave e totale e risulta particolarmente marcato nei profili con pluridisabilità, che pur partendo dai livelli di errore più alti, evidenziano i risultati assoluti maggiori. L'analisi per singolo *task* conferma una gerarchia di difficoltà coerente con la letteratura sulla cecità congenita: i compiti topologici risultano relativamente agevoli fin dall'inizio, mentre i compiti allocentrici e quelli che richiedono una codifica metrica della distanza restano più impegnativi, ma sono anche quelli che beneficiano maggiormente del *training*.



## **Abstract inglese**

This doctoral dissertation explores the potential of Tiflodidactic Technologies to support learning in children, adolescents, and adults with visual impairments, with particular attention to spatial representations and the accessibility of educational environments. The term “Tiflodidactic Technologies” is proposed to refer to tools that are not simply compensatory aids nor merely generic educational technologies, but devices designed to structurally integrate tiflological needs, educational goals, and technological mediation. Within this framework, *Spatial Explorer* is developed and tested as a Tangible User Interface organized into 21 tasks targeting basic topological and directional concepts. In a pilot study with 15 blind or severely visually impaired children aged between 4 and 9 years, the total number of errors decreases on average from about 23.5 in the learning phase to 14.3 at pre-test and 7.1 at the final test, corresponding to an overall reduction of approximately 70% and large within-subject effect sizes. The pattern of results is stable across the entire age range, shows no substantial differences between males and females or between severe and total blindness, and is particularly pronounced in participants with additional disabilities, who start from the highest error levels yet exhibit the largest absolute gains. Task-level analysis confirms a hierarchy of difficulty consistent with the literature on congenital blindness: topological tasks are relatively easy from the outset, whereas allocentric tasks and those requiring a metric coding of distance remain more demanding, but are also those that benefit the most from training.



## Indice

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Introduzione</b>                                                                                    | 5   |
| <b>Capitolo I</b>                                                                                      | 7   |
| 1.1 Proposta e definizione del termine Tecnologie Tiflodidattiche                                      | 7   |
| 1.2 Panoramica delle principali TUI presenti                                                           | 12  |
| 1.3 L'ampio spettro delle disabilità visive                                                            | 25  |
| <b>Capitolo II</b>                                                                                     | 27  |
| 2.1 La Questione dell'Accessibilità nei Contesti Educativi Formali e Informali                         | 27  |
| 2.1.1 Il caso del TOLC test                                                                            | 29  |
| 2.1.2 Alt text nella Comunicazione Social: Funzioni e Limiti                                           | 34  |
| 2.1.3 Alt Text nel Materiale Didattico                                                                 | 44  |
| 2.2 Arte Visiva, Contesti Museali e Accessibilità: Una Review della Letteratura                        | 50  |
| 2.2.1 Audiodescrizioni: Evoluzione e Pratiche Innovative                                               | 54  |
| 2.2.2 Soluzioni Tangibili e Riproduzioni Tattili                                                       | 55  |
| 2.2.3 Multisensorialità e Approccio Olistico                                                           | 59  |
| 2.3 Questionario sulle Audiodescrizioni: Strumenti e Risultati                                         | 61  |
| 2.4 MyPov App: migliorare l'Art Experience per non vedenti                                             | 73  |
| <b>Capitolo III</b>                                                                                    | 83  |
| 3.1 Cognizione Spaziale in Bambini Ciechi e Ipovedenti Gravi: Stato dell'Arte                          | 83  |
| 3.1.1 Rappresentazione mentale dello spazio                                                            | 88  |
| 3.1.2 Rotazione mentale                                                                                | 97  |
| 3.1.3 Orientamento                                                                                     | 100 |
| 3.1.4 Concetti Topologici: Prerequisiti di Organizzazione Spaziale                                     | 106 |
| 3.2 Sintesi schematica                                                                                 | 110 |
| 3.3 Pratiche educative e Assessment                                                                    | 119 |
| 3.4 Alcune delle Tecnologie Tiflodidattiche dedicate alle Abilità Spaziali                             | 123 |
| 3.4.1 Gamification e Storytelling                                                                      | 129 |
| 3.5 Riferimenti Neurocognitivi: Plasticità Cerebrale e Sviluppo                                        | 132 |
| <b>Capitolo IV</b>                                                                                     | 139 |
| 4.1 Individuazione del target e delle attuali pratiche educative: intervista ai referenti CCT italiani | 139 |
| 4.2 Spatial Explorer: una TUI per l'Apprendimento dei Concetti Spaziali                                | 142 |
| 4.3 Domanda di Ricerca, Obiettivo ed Ipotesi                                                           | 152 |
| 4.4 Metodologia                                                                                        | 153 |
| 4.5 Strumenti                                                                                          | 155 |
| 4.5.1 La parte Tangibile: dispositivi e materiali tattili                                              | 155 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5.2 La parte Digitale: funzionalità interattive e software | 156 |
| 4.5.3 Griglia di Valutazione: Criteri e Parametri di Analisi | 158 |
| 4.6 Risultati                                                | 158 |
| 4.7 Discussione                                              | 168 |
| 4.8 Limitazioni                                              | 171 |
| 4.9 <i>Usability</i>                                         | 173 |
| 4.10 Conclusioni del capitolo                                | 174 |
| <b>Conclusioni</b>                                           | 177 |
| <b>Bibliografia</b>                                          | 178 |
| <b>Sitografia</b>                                            | 203 |
| Ringraziamenti                                               | 206 |

## Introduzione

Le Tecnologie Tiflodidattiche, qui proposto come *neologismo concettuale* dall'autrice, rappresentano un ambito di studio e di applicazione in cui convergono aspetti pedagogici, tecnologici e neurocognitivi al fine di supportare processi di apprendimento più accessibili e inclusivi per gli studenti ciechi o ipovedenti gravi. La presente tesi di dottorato si propone di tracciare un quadro delle nuove opportunità offerte da strumenti tangibili e digitali, evidenziando come questi possano favorire una maggiore autonomia e consapevolezza nell'apprendimento per gli studenti con disabilità visive. Nell'elaborato, strutturato in quattro capitoli principali più le conclusioni, mi concentro su interfacce tangibili e soluzioni digitali che ho analizzato in letteratura e, in parte, sperimentato in contesti educativi italiani. L'obiettivo è chiarire quando e come funzionano, quali limiti mostrano e che cosa manca perché diventino routine didattica.

Il Capitolo I introduce e amplia il concetto di Tecnologie Tiflodidattiche, fornendo una panoramica delle principali interfacce tangibili esistenti e presentando, nello specifico, le declinazioni delle disabilità visive.

Nel Capitolo II si entra nel dettaglio della didattica, analizzando la questione dell'accessibilità in contesti educativi formali e informali. Vengono esaminati casi specifici, come il TOLC test, l'uso dell'alt text nella comunicazione sociale e nel materiale didattico, e l'accessibilità nell'arte e nei contesti museali. Inoltre, presento l'applicazione MyPov App, progettata per migliorare l'esperienza artistica delle persone non vedenti. Questa sezione si conclude con una riflessione critica sulle sfide e le opportunità legate all'implementazione di queste tecnologie.

Il Capitolo III si concentra invece sulla cognizione spaziale nei bambini ciechi e ipovedenti, esplorando i fondamenti teorici e le implicazioni pratiche di questo tema. A partire da una rassegna della letteratura sui concetti topologici, sulla prospettiva allocentrica e sui riferimenti

neurocognitivi, definisco le basi teoriche che sostengono la progettazione dell'interfaccia tangibile presentata nel capitolo successivo.

Il Capitolo IV presenta Spatial Explorer, una TUI progettata per supportare l'apprendimento dei concetti spaziali. Vengono descritti la metodologia, gli strumenti utilizzati (sia tangibili che digitali) e i criteri di valutazione adottati. I risultati ottenuti, analizzati attraverso un confronto pre e post intervento, vengono discussi alla luce della letteratura esistente, evidenziando limitazioni e potenziali sviluppi futuri.

Le conclusioni riassumono i principali risultati emersi dalla ricerca, sottolineando l'importanza di un approccio che coniughi teoria, pratica e innovazione tecnologica per promuovere l'inclusione e l'accessibilità. Si sottolinea come le tecnologie tiflodidattiche possano favorire percorsi di apprendimento più efficaci e motivanti per gli studenti con disabilità visive, aprendo nuove prospettive di ricerca in ambito pedagogico, tecnologico e neurocognitivo. L'adozione di dispositivi tangibili e di applicazioni digitali specificamente progettate si rivela, infatti, un fattore chiave per sostenere lo sviluppo di una reale inclusione scolastica, culturale e sociale, ponendo le basi per un futuro in cui l'accessibilità non sia più considerata un'opzione, bensì uno standard condiviso.

Questo lavoro si propone quindi come un contributo alla riflessione e alla progettazione di soluzioni sempre più efficaci per rispondere ai bisogni educativi e culturali delle persone con disabilità visive, in un'ottica di equità e partecipazione attiva.

In questo elaborato adotto il termine “*non vedenti*” come descrittore tecnico e non valutativo. La scelta risponde a criteri di chiarezza, coerenza terminologica e aderenza all'uso consolidato nel contesto italiano, dove il lemma è impiegato in ambito educativo e istituzionale senza connotazioni dispregiative. Il riferimento è puramente denotativo: indica una condizione sensoriale, non un'identità né un valore.

# Capitolo I

## Tecnologie Tiflodidattiche al servizio della didattica

### 1.1 Proposta e definizione del termine Tecnologie Tiflodidattiche

Le Tecnologie Tiflodidattiche (TTD) costituiscono un insieme di strumenti, metodologie e approcci progettati specificamente per favorire l'apprendimento e la crescita cognitiva di individui con disabilità visiva. A differenza delle tecnologie assistive, il cui obiettivo principale è compensare un deficit funzionale (ad esempio, facilitando la mobilità o la lettura di testi), le tecnologie tiflodidattiche si collocano all'interno di un panorama pedagogico ed educativo, ponendosi come strumenti di mediazione fra la persona non vedente e i contenuti didattici. Il termine racchiude una visione pedagogica e tecnologica che supera il tradizionale approccio assistivo, per promuovere invece l'apprendimento attivo, la costruzione di conoscenze e la partecipazione inclusiva degli studenti con disabilità visiva. Tale concetto affonda nella consapevolezza che ci muoviamo verso un'era in cui non si pensa alla tecnologia come possibile *ausilio*, nella matrice assistiva che le viene concessa, ma ad una vera e propria categoria della pedagogia, che trova richiami nelle nuove metodologie didattiche.

Nella tiflopedagogia questo passaggio è ancora più evidente: nel corso degli ultimi decenni, la ricerca accademica ha progressivamente dato vita a progetti quali, ad esempio, le Tangible User Interfaces (TUI), perfetto connubio tra il tangibile, al quale la tiflopedagogia ha sempre fatto riferimento, e il digitale, ormai sempre più utilizzato in ambito educativo.

La storia della tiflopedagogia è caratterizzata da eventi e strumenti che hanno rappresentato intere epoche; al fianco delle prime sperimentazioni di ausili assistivi per persone non vedenti, come il sistema di lettura e scrittura Braille, o il bastone bianco, compaiono i primi sussidi tiflodidattici: dal

Casellario Romagnoli alle mappe in rilievo, fino al piano in gomma e ad altri dispositivi che, ancora oggi, operano come mediatori didattici essenziali, facilitando l'esplorazione tattile e la costruzione di concetti nello studio quotidiano. Citando Lo Piccolo (2023, p. 45)<sup>1</sup>:

*“Nell'intervento educativo questi ultimi rivestono un ruolo fondamentale, appositamente studiati e realizzati per facilitare l'apprendimento concreto e non puramente verbalistico, delle diverse discipline, per agevolare le rappresentazioni mentali, per rinforzare la concretezza delle esperienze e ridurre la distanza conoscitiva tra il bambino e il mondo circostante, soprattutto nelle situazioni difficili da esperire direttamente. Ogni sussidio deve essere scelto con competenza e usato con corrette modalità, tenendo conto delle capacità espresse dal bambino.”*

Tali strumenti non si limitano a “compensare” la mancanza di input visivi, ma facilitano lo sviluppo di competenze specifiche, quali l'orientamento spaziale, la comprensione concettuale, e, più in generale, la costruzione di conoscenze scolastiche e interdisciplinari.

E se la rivoluzione digitale ha affiancato al sistema Braille i lettori di schermo, e al bastone bianco occhiali dotati di sofisticati sistemi in grado di “vedere” per la persona con disabilità visiva, ai sussidi tiflodidattici storici sta affiancando una serie di strumenti digitali. La diffusione di software e dispositivi digitali in ambito scolastico ha posto le basi per un più profondo ripensamento delle modalità di insegnamento rivolte agli studenti con disabilità visiva. Prima di entrare nel merito e illustrare le principali idee nel campo delle Tecnologie Tiflodidattiche, è doveroso spiegare perché si sente la necessità di introdurre nella letteratura questo nuovo termine ombrello.

---

<sup>1</sup> Lo Piccolo, A. (2023). Bisogni formativi dell'insegnante specializzato in relazione ai deficit visivi. *Tiflogia per l'integrazione* 02/2023, (2), 45.

In primo luogo, non è possibile ricondurre tali tecnologie esclusivamente alla categoria delle Tangible User Interfaces (TUI), poiché quest'ultima ha un'accezione più ampia e non necessariamente finalizzata all'ambito didattico. Inoltre, le TUI rappresentano solo una delle diverse tipologie di tecnologie tiflodidattiche, sebbene siano tra le più diffuse. L'innovazione tecnologica nel settore si estende anche a soluzioni avanzate, come applicazioni digitali e ambienti di realtà virtuale (VR), progettati per supportare l'apprendimento e lo sviluppo di competenze in bambini e adulti con disabilità visiva. L'adozione del termine "Tecnologie Tiflodidattiche" permette dunque di riconoscere e classificare in modo più preciso questo ecosistema di strumenti, favorendo una maggiore coerenza nella ricerca scientifica e nella pratica educativa.

Nel lessico didattico corrente, le tecnologie assistive utilizzate in ambito educativo sono un contenitore ampio: vi rientra tutto ciò che sostiene lo studio, dal lettore di schermo in braille, al software di videoscrittura con ingrandimento. Nelle Tecnologie Tiflodidattiche la finalità è esplicitamente didattica; non soltanto accesso o compensazione, ma apprendimento guidato e misurabile.

Si collocano, dunque, in alto lungo due traiettorie concettuali. La prima riguarda la finalità didattica, la seconda concerne il grado di integrazione sensoriale-tecnologica: si oltrepassa il mono-canale analogico per approdare a esperienze multimodali, in cui interfacce tangibili e audio dialogano con piattaforme e dati digitali. È in questo quadrante, dove obiettivi educativi e multimodalità digitale si incontrano, che le TTD

acquistano un profilo proprio, riconoscibile e, soprattutto, valutabile.

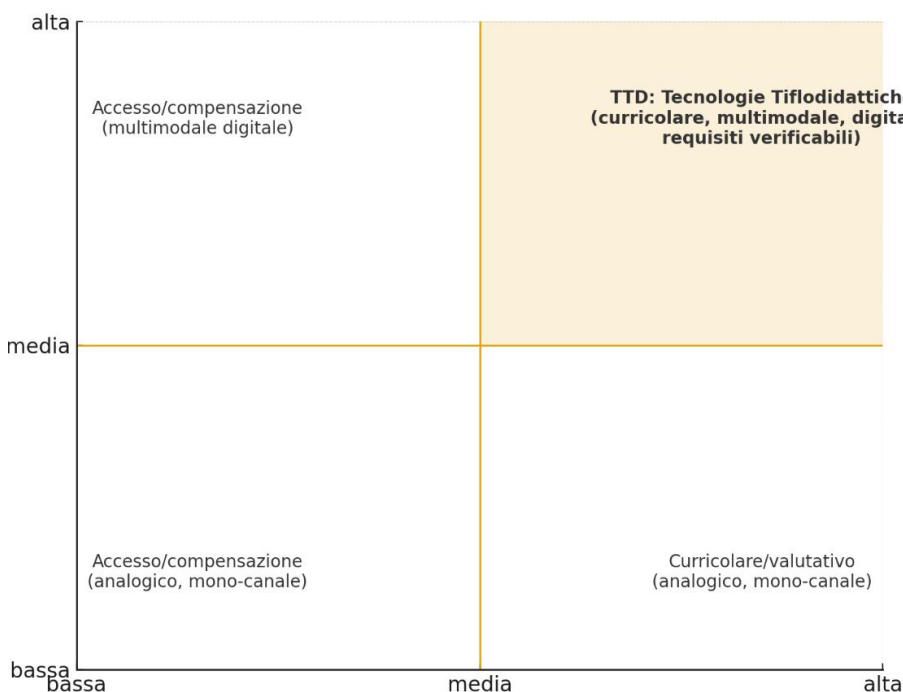


*Grafico 1: Asse X: Finalità didattica; Asse Y: integrazione tecnologica/digitale*

Inoltre, quando si affianca il termine “Tecnologia” alla “Tiflodidattica” si restituisce al primo termine, un’impronta chiara e caratteristica di un determinato settore; al secondo, la sua innovazione nell’epoca digitale e moderna rispetto alle innovazioni pedagogiche. Le nuove tecnologie in campo educativo seguono, infatti, la dottrina della costruzione del sapere in un’ottica costruttivista e inclusiva. Un aspetto chiave è il passaggio dalla logica della “disabilità” intesa come mancanza, alla logica dell’“apprendimento attivo” in cui lo studente è soggetto agente, capace di interagire con i contenuti in modo significativo. Qui entra in gioco la metodologia didattica, che deve prevedere attività strutturate e calibrate sulle esigenze sensoriali degli studenti ciechi o ipovedenti, ma che si avvale di soluzioni hardware e software mirate. L’obiettivo non è esclusivamente quello di fornire accesso al testo, ma di permettere una partecipazione attiva alla costruzione dei concetti disciplinari. Tale carattere “didattico” distingue in modo netto le tecnologie tiflodidattiche dalle tecnologie assistive classiche: le prime mirano a sviluppare competenze disciplinari e trasversali, le seconde a ridurre le barriere di accesso all’informazione e

all'interazione. Se la disabilità si riferisce, citando testualmente il WHO Report on Vision (World Health Organization, 2021, p.14)<sup>2</sup>: “..alle menomazioni, limitazioni e restrizioni che una persona con una condizione visiva affronta durante l'interazione con il proprio ambiente – fisico, sociale o attitudinale,” appare chiaro, come lo è già da tempo a tutte quelle strutture che si occupano di tiflodidattica, che le barriere all'apprendimento non possono essere superate dalla semplice presenza di strumentazioni assistive, ma che anche l'apprendimento stesso va riformulato e adattato alle esigenze dell'utenza. Spesso, infatti, la didattica è ripensata per l'utente con disabilità visiva, poiché metodi tradizionali (inclusi i più moderni, si pensi alla semplice proiezione di materiale video) non sono sufficienti ad una adeguata comprensione. Quel che però è ancora in via di sviluppo, è l'ambito della tecnologia digitale pensato per la didattica: nella quotidianità della pratica educativa ci si affida a sistemi analogici, chiaramente più che adatti allo scopo se consideriamo che l'apprendimento del bambino non vedente si affida prevalentemente al tatto, ma si nota un crescente interesse nei riguardi della tecnologia e del digitale, dacché le tecnologie assistive hanno spianato la strada a questa apertura. Non si intende sostituire l'analogico, bensì affiancarlo: citando Mark Prensky (2001),<sup>3</sup> parliamo di “Nativi Digitali”, che saranno a loro volta immersi in un mondo di nativi digitali, il cui linguaggio e le cui esperienze avranno, sempre di più, carattere digitale.

Il quadro teorico che sostiene le Tecnologie Tiflodidattiche affonda le sue radici nelle teorie costruttiviste (Vygotskij, 1978)<sup>4</sup> e sociali dell'apprendimento (Bandura, 1977;<sup>5</sup> Trentin, 2010<sup>6</sup>), in cui l'alunno è

---

<sup>2</sup> World Health Organization. (2021). *World report on vision*. Geneva, Switzerland: WHO.

[Disponibile online](#)

<sup>3</sup> Prensky, M. (2001), "Digital Natives, Digital Immigrants Part 1", *On the Horizon*, Vol. 9 No. 5, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>

<sup>4</sup> Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

<sup>5</sup> Bandura, A. (1977), *Social Learning Theory*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ

<sup>6</sup> Trentin, G. (2010). *Networked Collaborative Learning: Social Interaction and Active Learning*. Elsevier.

considerato protagonista attivo e cocostruttore del proprio sapere. In questo contesto, la “tiflodidattica” si connota come un approccio specifico che tiene conto delle peculiarità dell’apprendimento in assenza di input visivi, ma che non si limita a fornire “stampelle” tecnologiche. In altre parole, vi è una forte enfasi sugli aspetti di problem solving, sulla collaborazione fra pari e sull’interazione multisensoriale: esse favoriscono la creazione di scenari educativi all’interno dei quali lo studente esplora, manipola e costruisce significati in modo autonomo. Emblematici sono i casi di mappe tattili interattive, come ad esempio MapSense (Brulé et al, 2016),<sup>7</sup> corredate da feedback audio, che consentono una comprensione profonda di concetti geografici o storici, poiché l’alunno non vedente è stimolato a “navigare” lo spazio e a collegarlo mentalmente ad avvenimenti e fenomeni.

La diffusione di Tecnologie Tiflodidattiche è correlata al crescente interesse, negli ultimi vent’anni, verso l’inclusione scolastica e l’uso di tecnologie educational ICT (Information and Communication Technologies) che fossero realmente accessibili a tutti.

In un contesto in cui l’inclusione è un valore portante delle politiche educative (WHO, 2021), la precisione terminologica aiuta a differenziare gli strumenti di pura assistenza da quelli nati specificamente per fornire opportunità didattiche di alto livello.

## **1.2 Panoramica delle principali TUI presenti**

L’uso delle TUI nell’educazione di bambini con disabilità visiva ha combinato creatività, tecnologia, innovazione e sviluppo. La fusione di diversi campi disciplinari ha consentito di apprendere concetti e argomenti didattici in modo più efficace rispetto alla strumentazione tiflodidattica tradizionale. È previsto che la ricerca continui, poiché restano diverse aree

---

<sup>7</sup> Brulé, E., Bailly, G., Brock, A., Valentin, F., Denis, G., & Jouffrais, C. (2016). MapSense: Multi-sensory interactive maps for children living with visual impairments. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 445–457. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858375>

ancora inesplorate e potenzialità non ancora completamente sviluppate. L'obiettivo di questo lavoro di ricerca è di rivedere la letteratura esistente sull'uso delle TUI nell'educazione di persone cieche o ipovedenti (BLV), per evidenziare le tecnologie utilizzate, i campi in cui i lavori si sono concentrati e suggerire direzioni future. Allo stato attuale della ricerca, un lavoro di revisione ha il compito di riferire ciò che è stato fatto e quali innovazioni sono state introdotte dalla precedente revisione. In questo modo è possibile capire se ci sono stati progressi e in quale direzione si stiano muovendo. Dall'ultima revisione sull'argomento, sono stati pubblicati studi in varie direzioni e sono emerse innovazioni in direzioni già note. Ho ritenuto pertanto necessario fare nuovamente il punto della situazione.

Di seguito presento una breve illustrazione circa la storia, i progressi e le potenzialità delle TUI, per poi introdurre metodologia, risultati e discussione della ricerca specifica per le TUI in ambito tiflodidattico.

Fitzmaurice è stato il primo a distinguere le TUI da altre interfacce, sebbene le abbia inizialmente chiamate *graspable user interfaces* (Fitzmaurice, 1996, p. 1).<sup>8</sup>

*“Questi artefatti fisici, che chiamiamo "mattoncini", sono essenzialmente nuovi dispositivi di input che possono essere strettamente accoppiati o "collegati" a oggetti virtuali per la manipolazione o per esprimere azioni (ad esempio, per impostare parametri o avviare processi).”*

Ullmer e Ishii, del Tangible Media Group presso il MIT Media Lab, definiscono le TUI come dispositivi che danno forma fisica alle informazioni digitali, impiegando artefatti fisici come rappresentazioni e controlli dei dati computazionali (Ullmer & Ishii, 2000).<sup>9</sup> Le Tangible User Interfaces

---

<sup>8</sup> Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. A. S. (1995). Bricks: Laying the foundations for graspable user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 442–449. <https://doi.org/10.1145/223904.223964> (Traduzione a cura dell'autrice)

<sup>9</sup> Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3–4), 915–931. <https://doi.org/10.1147/sj.393.0915>

forniscono forma fisica alle informazioni e al calcolo digitali, facilitando la manipolazione diretta dei bit. I progettisti di TUI cercano un accoppiamento continuo fra fisicità e virtualità.

Come accade nella maggior parte delle tecnologie di Ubiquitous Computing, le tecnologie tangibili richiedono il mobile computing e le tecnologie wireless. Le tecnologie wireless disponibili comprendono Bluetooth, reti LAN wireless, tag identificativi RFID e lettori, reti in radiofrequenza (RF networking), beacon a infrarossi e ultrasuoni. Date queste doverose premesse, possiamo quindi associare alle TUI il concetto di Augmented Reality (AR),

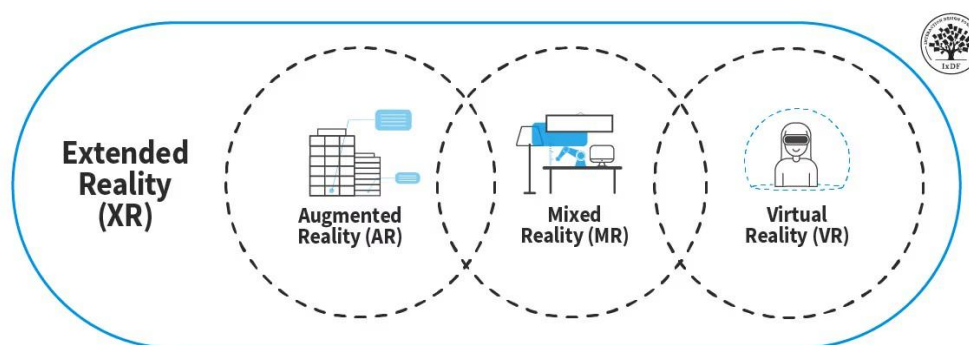


*Figura 1, Realtà estesa, aumentata, mista e virtuale*

10

L'Augmented Reality (AR), o Realtà Aumentata, è una tecnologia che sovrappone informazioni digitali, immagini, suoni o dati, sul mondo reale, arricchendo così la percezione dell'ambiente senza sostituirlo. Secondo Azuma (1997)<sup>11</sup>, uno dei primi studiosi della AR, essa deve soddisfare tre criteri fondamentali:

- Combinare il mondo reale e quello virtuale
- Essere interattiva in tempo reale
- Essere registrata spazialmente in 3D

<sup>10</sup> Tremosa, L. (2024, April 30). Beyond AR vs. VR: What is the Difference between AR vs. MR vs. VR vs. XR?. *Interaction Design Foundation - IxDF*. <https://www.interaction-design.org/literature/article/beyond-ar-vs-vr-what-is-the-difference-between-ar-vs-mr-vs-vr-vs-xr>

<sup>11</sup> Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

La Extended Reality (XR) è un termine generico che racchiude tutte le tecnologie immersive, includendo Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) e Mixed Reality (MR). Il concetto di XR nasce per descrivere un continuum di esperienze che combinano il mondo reale con elementi digitali, come delineato da Milgram e Kishino (1994)<sup>12</sup> nella loro tassonomia della realtà mista.

La VR crea un ambiente completamente simulato, isolando l'utente dal mondo fisico. Attraverso visori, ad esempio, le persone possono esplorare mondi virtuali, utilizzati in settori che vanno dall'intrattenimento ai simulatori di addestramento. In medicina, la VR è impiegata per la formazione dei chirurghi, consentendo loro di esercitarsi in ambienti virtuali iperrealistici senza rischi per i pazienti. Se la VR sostituisce la realtà, la MR crea una fusione dinamica tra mondo fisico e digitale. Milgram e Kishino (1994)<sup>12</sup> hanno introdotto il concetto di "continuum della virtualità", dove la MR si colloca tra la AR e la VR, permettendo agli oggetti virtuali di interagire con il mondo reale in tempo reale. La XR rappresenta dunque un contenitore per tutte queste tecnologie, rendendo sempre più sfumato il confine tra reale e digitale. Dalla formazione professionale ai videogiochi, dalla sanità al design, la XR sta trasformando il modo in cui interagiamo con il mondo, creando esperienze sempre più coinvolgenti e innovative.

Dal punto di vista psicologico ed educativo è ormai indiscusso il ruolo della manipolazione concreta di oggetti nell'apprendimento. Secondo O'Malley e Stanton Fraser (2004),<sup>13</sup> la manipolazione concreta di oggetti consente agli studenti di sviluppare rappresentazioni mentali che facilitano la successiva comprensione di concetti più astratti. La Montessori (1912)<sup>14</sup> aveva già osservato che i bambini imparano in modo spontaneo e concentrato attraverso il gioco con materiali fisici, e questo principio è alla

---

<sup>12</sup> Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.

<sup>13</sup> O'Malley, C., & Fraser, D. S. (2004). *Literature review in learning with tangible technologies*. NESTA Futurelab.

<sup>14</sup> Montessori, M. (1912). *The Montessori Method*. New York: Frederick Stokes Company.

base delle TUI. Esse permettono agli studenti di esternalizzare rappresentazioni cognitive solitamente interne, rendendo il processo di apprendimento più visibile e interattivo. Inoltre, gli oggetti fisici familiari sono più facilmente comprensibili per i bambini rispetto a entità maggiormente simboliche (Lonzano, 2018).<sup>15</sup>

In ambito tiflodidattico, dunque, le TUI rappresentano l'evoluzione perfetta degli strumenti classici della tiflogia. Nella ricerca che segue, presentata alla conferenza TeleXbe 2023, si vuole dare una panoramica delle principali TUI progettate per bambini non vedenti.

### *Metodo*

La metodologia di questa ricerca è stata definita facendo riferimento ad altre revisioni di letteratura pubblicate e si rifà alle linee guida PRISMA<sup>16</sup>.

Criteri di eleggibilità: prima di effettuare la ricerca, sono stati definiti i criteri di inclusione ed esclusione.

1. Il gruppo target dell'articolo deve essere K-12 (scuola dell'infanzia, primaria e secondaria di primo e secondo grado).
2. Gli articoli devono concentrarsi sulle TUI.
3. L'articolo deve concentrarsi sull'educazione di persone cieche o ipovedenti (BLV).
4. Sono inclusi solo lavori pubblicati; tesi e dissertazioni sono escluse.
5. Articoli non in lingua inglese sono esclusi.

Fonti di informazione: la ricerca è stata condotta dal 03 gennaio 2023 al 04 marzo 2023 su Google Scholar, utilizzando le seguenti stringhe:

---

<sup>15</sup> Lozano, M., Penichet, V., Leporini, B., & Fernando, A. (2018). Tangible user interfaces to ease the learning process of visually-impaired children. *Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference*, 1–5. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.87>

<sup>16</sup> Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <http://www.prisma-statement.org/>

- \*TUI + Visually Impaired + Children\*
- \*TUI + Visually Impaired\*

Il totale dei record individuati attraverso la ricerca nel database è pari a 3.040. Tra i primi risultati, ho trovato un articolo di revisione del 2021 che mi ha permesso di ripetere la stessa ricerca, ma partendo dal 2020. Analizzando i titoli e gli abstract dei nuovi 496+799 record, la maggior parte degli articoli non soddisfaceva i criteri (1) o (2). Lo screening ha portato a 12 articoli. Un lavoro di revisione in lingua spagnola è stato escluso a causa del criterio (5).

Un'altra ricerca è stata condotta dal 05 marzo al 16 marzo con le seguenti stringhe:

- \*TUI + Blind\* + Children
- \*TUI + Blind\*

L'acronimo BLV non ha restituito risultati, ma la sostituzione di "Blind\*" e "Visually Impaired" ha prodotto l'aggiunta di 8 articoli. Anche il periodo di tempo considerato è cambiato, poiché ho effettuato la ricerca senza limiti temporali. I criteri di inclusione ed esclusione non sono stati modificati. Ho trovato alcuni progetti di ricerca non inclusi nella revisione del 2021, che ho considerato in questa ricerca. In entrambe le ricerche (\*TUI + Visually Impaired/Blind\*), ho considerato articoli di tipo overview. Gli studi che presentavano nuovi prototipi dovevano includere partecipanti K-12. Il numero totale di articoli ora presi in esame è 17.

Sintesi dei dati: i lavori di revisione precedenti non sono stati considerati in questa fase. Nella tabella seguente (Figura 2) si possono vedere i risultati della precedente revisione<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup> Najjar, A. B., Alhussayen, A., & Jafri, R. (2021). Usability Engineering of a Tangible User Interface Application for Visually Impaired Children. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 11, . <https://doi.org/10.22967/HGIS.2021.11.014>

| Study                     | Year | Learning objective                                      | Proposed system                                                                                                                          |
|---------------------------|------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Breiter et al. [12]       | 2012 | Arithmetic problems                                     | AutOMathic; blocks embossed with Braille numbers and operators with barcodes attached to them                                            |
| Manshad et al. [10]       | 2012 | Geometry concepts                                       | Trackable Interactive Multimodal Manipulatives (TIMMs); marked programmable objects on an interactive tabletop                           |
| Jafri [8]                 | 2014 | Braille letters                                         | NFC tag-embedded blocks with audio feedback                                                                                              |
| Jafri et al. [3]          | 2017 | Tactual shape perception and spatial awareness concepts | Application based on tagged custom 3D-printed geometric shapes with audio instructions and feedback                                      |
| Adusei and Lee [11]       | 2017 | Geometry concepts                                       | Clicks; a construction kit with basic geometric shapes that snap together to produce more complex geometrical shapes, placed on a tablet |
| Avila-Soto et al. [13]    | 2017 | Basic math operations                                   | TanMath; a concept of a system utilizing tangible numbers and computer vision techniques to identify numbers                             |
| Lozano et al. [6]         | 2018 | Braille numbers, different shapes and textures          | TUI-based system based on speech recognition, touch, and sound                                                                           |
| Pires et al. [4]          | 2019 | Simple math problems and additive composition tasks     | Tangible blocks of different sizes and colors representing numbers 1 to 5 and giving auditory feedback                                   |
| Bintaleb and Al Saeed [9] | 2020 | Arabic Braille letters and numbers                      | Interactive tactile Braille keypad using an Arduino connected to a website                                                               |
| Gadiraju et al. [5]       | 2020 | Braille letters and words                               | BrailleBlocks; a set of interactive games with audio and multimedia feedback                                                             |

*Figura 2: Risultati precedente revisione*

Dopo lo screening, gli articoli sono stati valutati e letti integralmente per verificarne l'idoneità e controllare se soddisfacevano tutti i criteri di inclusione ed esclusione. I 17 articoli selezionati sono stati esaminati e presi in considerazione in questa revisione. Le domande di ricerca hanno guidato il processo di revisione, basato sui seguenti criteri:

1. Obiettivo dello studio.
2. Disciplina in cui lavoravano l'autore e i coautori degli articoli.
3. Tecnologia utilizzata nello studio.

## *Risultati*

Il grafico seguente (Grafico 2) mostra il diagramma a torta relativo alla disciplina in cui operavano gli autori degli articoli.

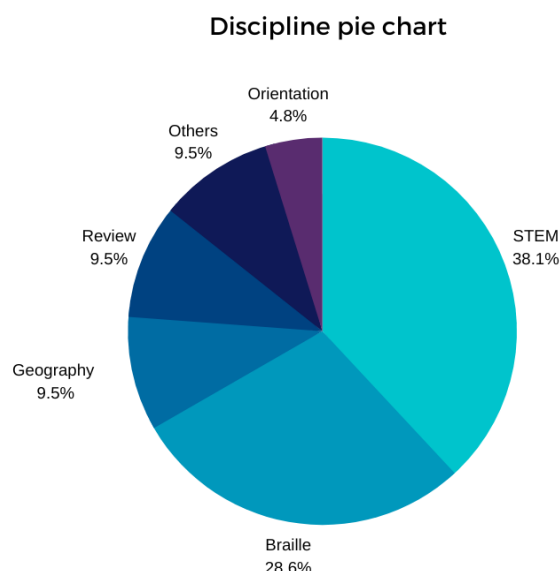


*Grafico 2: Grafico a torta delle discipline, STEM, Braille, Geografia, Reviews, Altro, Orientamento*

Come si può osservare, la maggior parte degli studi si è focalizzata su discipline STEM e sull'educazione Braille. Nella revisione precedente, non erano presenti apprezzabili approfondimenti in altri campi, se non quelli citati. Negli ultimi anni, sia le innovazioni nell'educazione STEM e in quella del Braille, sia gli studi in altri ambiti di applicazione si sono sviluppati in parallelo. È stato quindi compreso che l'uso delle TUI possiede un potenziale in molti campi di applicazione e che diverse discipline possono essere apprese più facilmente grazie al loro impiego. Di pari passo con l'uso di tecnologie sempre più sofisticate, cresce la possibilità di introdurre un numero sempre maggiore di discipline o necessità educative. Nella sezione seguente (Tabella 1) è possibile apprezzare le principali tecnologie utilizzate, e nella Figura 3 una selezione presentata visivamente.

**Tabella 1:** Schema delle tecnologie presenti

| Tecnologia | Sistema                                                  | Campo di<br>applicazione | Anno |
|------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|------|
| Sensori    | SensAble<br>PHANTOM<br>devices <sup>18</sup>             | STEM                     | 2008 |
|            | LETSMath <sup>19</sup>                                   | STEM                     | 2018 |
|            | iCETA <sup>20</sup>                                      | STEM                     | 2022 |
|            | TIMMs <sup>21</sup>                                      | Orientation              | 2012 |
|            | LEGO® blocks<br>adapted for the<br>Braille <sup>22</sup> | Braille                  | 2016 |
|            | Map-Learning<br>system <sup>23</sup>                     | Geography                | 2017 |
|            | MapSense <sup>24</sup>                                   | Geography                | 2016 |

<sup>18</sup> Brewster, Stephen. (2008). The Impact of Haptic ‘Touching’ Technology on Cultural Applications. *Digital Heritage in the New Knowledge Environment: Shared spaces & open paths to cultural content*, 135–139.

<sup>19</sup> Marichal, S., Rosales, A., Sansone, G., Pires, A. C., Bakala, E., Perilli, F. G., Fleischer, B., & Blat, J. (2018). LETSMath. *Adjunct Publication of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 313–320. <https://doi.org/10.1145/3236112.3236157>

<sup>20</sup> Pires, A. C., Bakala, E., González-Perilli, F., Sansone, G., Fleischer, B., Marichal, S., & Guerreiro, T. (2022). Learning maths with a tangible user interface: Lessons learned through participatory design with children with visual impairments and their educators. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100382>

<sup>21</sup> Manshad, M. S., Pontelli, E., & Manshad, S. J. (2012). Trackable interactive multimodal manipulatives: towards a tangible user environment for the blind. In *Computers Helping People with Special Needs: 13th International Conference, ICCHP 2012, Linz, Austria, July 11-13, 2012, Proceedings, Part II 13* (pp. 664-671). Springer Berlin Heidelberg.

<sup>22</sup> Sánchez García, L., Hilton Sayeg de Siqueira, J., Bueno, J., Galera Forcelini, P. (2016). A Tangible Interaction Platform as Concrete Support for Blind Children Literacy in Braille. In M. Antona & C. Stephanidis (Eds.), *Universal access in human-computer interaction. Users and context diversity* (pp. 147–158). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40238-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40238-3_14)

<sup>23</sup> Giraud, S., Brock, A. M., Macé, M. J.-M., & Jouffrais, C. (2017). Map learning with a 3D printed interactive small-scale model: Improvement of space and text memorization in visually impaired students. *Frontiers in Psychology*, 8, 930. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00930>

<sup>24</sup> Brulé, E., Bailly, G., Brock, A., Valentin, F., Denis, G., & Jouffrais, C. (2016). MapSense: Multi-sensory interactive maps for children living with visual impairments. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 445–457. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858375>

|                                              |                                                                                                                                                 |                                                    |                                       |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Barcodes                                     | /                                                                                                                                               | /                                                  | /                                     |
| Radio Frequency Identification (RFID) or NFC | “Touch&Learn” System <sup>15</sup><br>Electronic Braille Blocks <sup>25</sup><br>Music Blocks <sup>26</sup><br>Multisensorial TUI <sup>27</sup> | STEM<br><br>Braille<br>Music+Programm.<br>Multiple | 2018<br><br>2014<br>2020<br>2021<br>/ |
| Bluetooth                                    | /                                                                                                                                               | /                                                  | /                                     |
| Infra-red(IR)                                | /                                                                                                                                               | /                                                  | /                                     |
| Wireless LAN                                 | /                                                                                                                                               | /                                                  | /                                     |
| Sound and Video tracking                     | METUIGA <sup>28</sup>                                                                                                                           | STEM + Emotions                                    | 2021                                  |
| Computer Vision                              | PMBB <sup>17</sup>                                                                                                                              | STEM + Braille                                     | 2021                                  |
| Mixed                                        | Shape Perception (Barcode + videotracking) <sup>29</sup>                                                                                        | STEM + Orientation                                 | 2015                                  |

<sup>25</sup> Jafri, R. (2014). Electronic Braille Blocks: A Tangible Interface-Based Application for Teaching Braille Letter Recognition to Very Young Blind Children. In: Miesenberger, K., Fels, D., Archambault, D., Peñáz, P., Zagler, W. (eds) *Computers Helping People with Special Needs*. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science(pp. 561–568). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9\\_81](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9_81)

<sup>26</sup> Sabuncuoglu, A. (2020). Tangible music programming blocks for visually impaired children. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 423–429. <https://doi.org/10.1145/3374920.3374939>

<sup>27</sup> Somma, F., Di Fuccio, R., Lattanzio, L., & Ferretti, F. (2021). Multisensorial tangible user interface for immersive storytelling: A usability pilot study with a visually impaired child. *CEUR Workshop Proceedings*, 3100.

<sup>28</sup> Ramos Aguiar, L. R., & Álvarez Rodríguez, F. J. (2021). Methodology for Designing Systems Based on Tangible User Interfaces and Gamification Techniques for Blind People. *Applied Sciences*, 11(12), 5676. <https://doi.org/10.3390/app11125676>

<sup>29</sup> Jafri, R., Aljuhani, A. M., & Ali, S. A. (2015). A tangible interface-based application for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children. *Procedia Manufacturing*, 3, 5562–5569. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.734>

|  |                                                         |                 |      |
|--|---------------------------------------------------------|-----------------|------|
|  | Tac-Trace<br>(Barcode +<br>videotracking) <sup>30</sup> | STEM            | 2022 |
|  | Tip-Toy <sup>31</sup>                                   | Computer topics | 2020 |

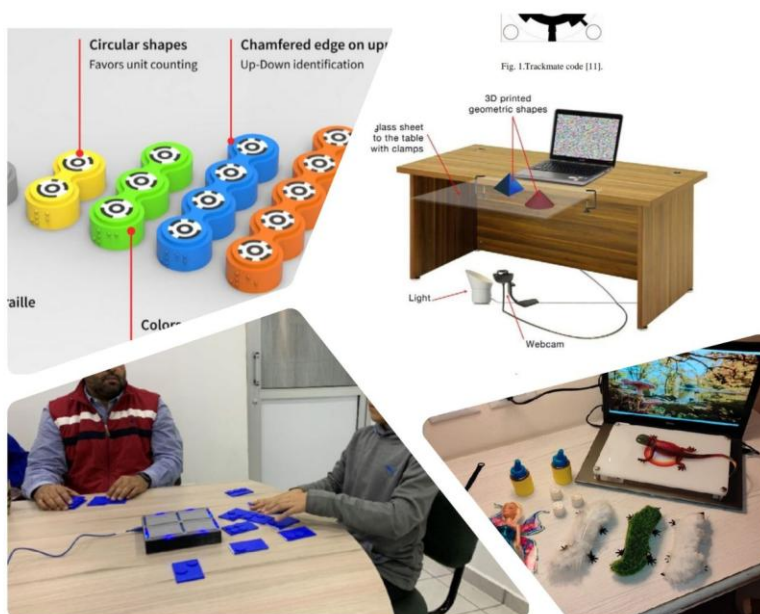


Figura 3 Panoramica di alcune TUI presentate

## Discussione

La letteratura sulle Tangible User Interfaces (TUI) applicate all'istruzione per persone cieche o ipovedenti mostra una marcata predilezione per le discipline di ambito STEM (Science, Technology, Engineering,

<sup>30</sup> Jafri, R., Althbiti, S. M. M., Alattas, N. A. A., Albraiki, A. A. A., & Almuhawwis, S. H. A. (2022). Tac-Trace: A tangible user interface-based solution for teaching shape concepts to visually impaired children. *IEEE Access*, 10, 131153–131165. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3228455>

<sup>31</sup> Barbareschi, G., Costanza, E., & Holloway, C. (2020). TIP-Toy: A tactile, open-source computational toolkit to support learning across visual abilities. *Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3373625.3417005>

Mathematics). Tale tendenza è comprensibile se si considera il potenziale multisensoriale delle TUI nell'aiutare gli studenti a comprendere concetti astratti tipici di queste materie, come formule, equazioni e strutture geometriche, spesso ostici quando veicolati in modalità esclusivamente visiva. Le caratteristiche tangibili di queste interfacce, che uniscono manipolazione fisica e contenuti digitali, risultano particolarmente efficaci per favorire l'apprendimento di concetti scientifici e di programmazione, grazie alla possibilità di manipolare "oggetti" che simulano parametri o istruzioni di codice.

Tuttavia, la prevalenza degli studi sulle materie STEM rischia di celare altre potenziali aree di sviluppo, ugualmente rilevanti per la formazione di studenti ciechi e ipovedenti. Tra queste, l'insegnamento del Braille, benché rappresenti un fondamento cruciale per l'alfabetizzazione di base, è stato affrontato in modo frammentario da parte delle TUI. In diversi casi, la tecnologia tangibile per il Braille si è limitata a riprodurre e semplificare concetti già veicolati da materiali fisici tradizionali – come cubetti braille, tavolette e regoli tattili – senza sfruttare appieno le potenzialità di un'integrazione più profonda con il contenuto digitale.

Un altro ambito poco esplorato riguarda la musica, disciplina che, al pari delle STEM, si presta a essere veicolata anche mediante elementi tattili e sonori. La natura multisensoriale della musica, fatta di ritmi, altezze e intervalli, ben si adatta a essere tradotta in oggetti tangibili o in interfacce fisiche in grado di "materializzare" i concetti fondamentali della teoria musicale.

Analogo discorso vale per la costruzione di mappe, destinata sia all'orientamento in contesti di vita quotidiana sia allo studio della geografia. L'orientamento e la mobilità rappresentano sfide costanti per studenti ciechi e ipovedenti, che spesso devono padroneggiare informazioni spaziali e geografiche attraverso metodi tradizionali, come cartine tattili o rilievi semplificati.

## *Conclusioni*

La potenzialità didattica delle TUI è stata prevalentemente impiegata nelle discipline STEM, pur dimostrando poliedricità. Il presente contributo si propone di ispirare la comunità scientifica a realizzare le possibilità delle TUI in più ambiti disciplinari. Studi futuri potranno confermare l'attuale concentrazione delle ricerche in ambito STEM oppure evidenziare un riequilibrio verso altre discipline.

### 1.3 L'ampio spettro delle disabilità visive

Le disabilità visive costituiscono una condizione eterogenea e complessa, che non può essere ridotta a una semplice dicotomia tra “vedenti” e “non vedenti”. Al contrario, esse configurano un vero e proprio spettro di condizioni che si collocano lungo un continuum, variabile per gravità, per qualità della percezione visiva residua, e per l'impatto che queste condizioni hanno sulla vita quotidiana.

In ambito clinico e riabilitativo, si riconosce infatti che la cecità assoluta – caratterizzata dalla totale assenza della percezione luminosa – rappresenta una condizione rara. La maggior parte delle persone con disabilità visive presenta piuttosto forme di ipovisione, che possono manifestarsi con caratteristiche molto differenti: dalla riduzione dell'acuità visiva centrale (come avviene nella degenerazione maculare senile), a limitazioni del campo visivo periferico (tipiche del glaucoma), fino a forme miste che comportano difficoltà sia nella percezione di dettagli sia nell'orientamento spaziale.

Questa diversità produce conseguenze molto differenti: ad esempio, un soggetto con un residuo visivo centrale ridotto può avere difficoltà a leggere testi o riconoscere i volti, ma riesce a muoversi nello spazio senza ostacoli; viceversa, una persona con un restringimento marcato del campo visivo periferico può leggere con relativa facilità, ma sperimenta gravi difficoltà nell'orientamento e nella mobilità autonoma.

Per questo motivo, la normativa italiana (Legge 138/2001)<sup>32</sup> ha adottato una classificazione basata non solo sull'acuità visiva, ma anche sul campo visivo, al fine di cogliere la molteplicità delle condizioni che rientrano nella categoria della disabilità visiva. La suddivisione operata è riassunta nella Tabella 2.

Tale impostazione riflette l'attuale consenso internazionale, secondo cui la disabilità visiva non è un'entità monolitica ma un fenomeno sfaccettato,

---

<sup>32</sup> Legge 3 aprile 2001, n. 138. *Definizione e quantificazione delle minorazioni visive e norme in materia di accertamenti oculistici*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

che coinvolge aspetti sensoriali, cognitivi, sociali e ambientali. Comprendere questa complessità è un passaggio fondamentale per promuovere politiche inclusive, strategie educative personalizzate e interventi riabilitativi efficaci.

**Tabella 2:** Classificazione delle disabilità visive secondo la normativa vigente in materia

| <b>Categoria</b>       | <b>Residuo visivo (occhio migliore o entrambi, con correzione)</b> | <b>Residuo perimetrico binoculare (campo visivo)</b> | <b>Dicitura corrente</b>       | <b>Gravità</b> |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Ciechi totali          | Nessuna vista percepibile, o percezione luce/ombra/moto della mano | < <b>3%</b>                                          | Ciechi assoluti / totali       | Gravissima     |
| Ciechi parziali        | ≤ <b>1/20</b>                                                      | < <b>10%</b>                                         | Cecità parziale (ventesimisti) | Grave          |
| Ipovedenti gravi       | ≤ <b>1/10</b>                                                      | < <b>30%</b>                                         | Ipovisione grave (decimisti)   | Grave          |
| Ipovedenti medio-gravi | ≤ <b>2/10</b>                                                      | < <b>50%</b>                                         | Ipovisione medio-grave         | Moderata-Grave |
| Ipovedenti lievi       | ≤ <b>3/10</b>                                                      | < <b>60%</b>                                         | Ipovisione lieve               | Lieve          |

## **Capitolo II**

### **Accessibilità Formale e dell'Arte Visiva**

#### **2.1 La Questione dell'Accessibilità nei Contesti Educativi Formali e Informali**

La questione dell'accessibilità nei contesti educativi, tanto formali quanto informali, rappresenta un tema cruciale per garantire a tutti i soggetti pari opportunità di apprendimento e di partecipazione culturale. In particolare, sebbene si sia assistito negli ultimi anni a un crescente interesse verso l'inclusione delle persone con disabilità, permangono tuttora ostacoli significativi che incidono sulla fruizione dei contenuti didattici e culturali da parte dei non vedenti. In questa sezione vedremo come nel caso di alcuni contesti formali, quale l'università, la carenza di tecnologie e di pratiche inclusive si manifesta sin dalle prime fasi di accesso al percorso di studi, ad esempio nel test di ingresso noto come TOLC (Test OnLine CISIA), che spesso risulta inaccessibile ai candidati con disabilità visiva. A ciò si aggiunge la diffusa assenza di testo alternativo (alt text) nelle immagini pubblicate sui canali social degli atenei e, più in generale, in tutto il materiale didattico, limitando sensibilmente l'autonomia e l'accesso a informazioni rilevanti per la formazione.

Le difficoltà non si fermano, tuttavia, all'ambiente universitario: altrettanto urgente è il tema dell'accessibilità nei contesti educativi informali, quali musei, mostre e spazi artistici in genere. Nonostante la sua ricchezza espressiva, l'arte visiva costituisce, tuttavia, una delle barriere più complesse da abbattere. Le soluzioni ad oggi adottate, illustrate nel presente capitolo, variano dalle audiodescrizioni, alle rappresentazioni bidimensionali e tridimensionali, fino a confluire nelle più recenti esperienze immersive.

In questo contesto, diventa essenziale sensibilizzare le istituzioni culturali ed educative all'uso di tecnologie assistive e buone pratiche, e indagare quali tipologie di descrizione siano ritenute più efficaci e coinvolgenti dagli utenti finali. A tal proposito, è stato sviluppato un questionario volto a comprendere se le persone con disabilità visiva preferiscano audiodescrizioni più “oggettive”, orientate cioè a una descrizione neutra e puntuale degli elementi visivi, oppure soluzioni più “soggettive”, che includano anche la dimensione emotiva o interpretativa dell'opera. La distinzione tra tali approcci non è puramente stilistica, poiché incide direttamente sull'esperienza di fruizione: una descrizione ricca di sfumature personali può favorire l'empatia e la condivisione dell'impatto estetico, ma rischia di veicolare interpretazioni parziali; al contrario, un registro più neutro e analitico offre un'informazione rigorosa, ma può ridurre la componente emotiva che spesso è parte integrante dell'arte.

A partire da questi presupposti, è stata ideata un'applicazione che intende superare la dicotomia tra oggettività e soggettività, mettendo a disposizione dei non vedenti la varietà di impressioni ed emozioni che l'osservazione delle opere d'arte suscita nei vedenti. L'idea alla base è quella di creare un ponte comunicativo in cui, accanto alle descrizioni più standardizzate, si possano integrare anche contributi personali, registrati o scritti da coloro che hanno visto l'opera. Tale approccio ha l'obiettivo di offrire una visione più sfaccettata e inclusiva dell'esperienza artistica, consentendo alle persone cieche di cogliere oltre agli elementi formali, anche gli aspetti emotivi e interpretativi che spesso rendono l'arte un veicolo privilegiato di riflessione e arricchimento interiore.

Nei paragrafi che seguono, verranno esaminati in dettaglio i principali ostacoli all'accessibilità in contesti formali e informali, mettendo in luce sia le problematiche più ricorrenti – come la mancanza di alt text nelle comunicazioni online o la scarsa attenzione ai requisiti di usabilità nei test d'ingresso universitari – sia le soluzioni tecnologiche e metodologiche attualmente allo studio. Si discuterà poi l'esito dell'indagine sul tipo di

audiodescrizione preferita dalle persone con disabilità visiva, analizzando le ragioni alla base di ciascun orientamento, per chiudere infine con la presentazione dell'applicazione sperimentale progettata per condividere l'esperienza soggettiva dell'arte. Tale percorso intende evidenziare come l'accessibilità non sia semplicemente una questione di strumenti tecnici, ma un processo culturale che richiede la collaborazione attiva di diversi attori (studenti, docenti, ricercatori, istituzioni culturali e sviluppatori) al fine di garantire un diritto fondamentale: il pieno e libero accesso all'istruzione e alla cultura.

### **2.1.1 Il caso del TOLC test**

Qui di seguito verrà riportato un caso, presentato durante la conferenza Isyde 2024, e i cui proceedings sono in corso di pubblicazione al momento della stesura della presente tesi, che è quello del TOLC test. Il TOLC (Test Online CISIA) è un test online utilizzato dalle università italiane per valutare la preparazione degli studenti in ingresso agli studi universitari. Rappresenta un passaggio cruciale per l'accesso all'istruzione superiore in Italia, ma attualmente costituisce una barriera per gli studenti ciechi e ipovedenti. Il test è somministrato in formato elettronico e le domande sono presentate in un formato a scelta multipla. Tuttavia, il TOLC e i relativi materiali di preparazione risultano inaccessibili agli studenti ciechi e ipovedenti.

L'accesso all'università è un passaggio decisivo per ampliare saperi, affinare competenze e incidere sulla società. Per gli studenti ciechi e ipovedenti, però, il percorso resta segnato da barriere strutturali, particolarmente evidenti nelle prove standardizzate: formati e procedure pensati per il "medio" non contemplanò bisogni visivi diversificati. In Italia, ciò interpella direttamente il TOLC, che richiede un rafforzamento mirato delle misure di accessibilità.

Nonostante l'espansione dell'istruzione superiore e la varietà di enti e tecnologie negli ultimi due decenni, persistono ostacoli per molti gruppi vulnerabili. Servono politiche di equità strutturali lungo l'intero sistema educativo, integrate da interventi straordinari quando necessario, per garantire a chi ha potenziale di successo pari opportunità reali di ingresso e partecipazione. In questa prospettiva, la selettività dell'istruzione superiore va conciliata con il principio, sancito dalla Dichiarazione Universale dei Diritti Umani, di un accesso basato sul merito e aperto a tutti. (UNESCO, 2020)<sup>33</sup>.

Nell'aprile 2019, il Gruppo di lavoro ET2020 sull'Istruzione superiore<sup>34</sup> ha organizzato un'attività di apprendimento tra pari, giungendo alla conclusione che, nonostante l'inclusione sociale sia un tema di rilievo nell'agenda degli Stati membri dell'UE, esistono pochissime strategie nazionali e approcci complessivi dotati di impegni politici a lungo termine sull'inclusione nell'istruzione superiore. Le politiche di inclusione nell'istruzione superiore dovrebbero far parte di un quadro più ampio di politiche intersettoriali. Sviluppare, rafforzare ed estendere i legami tra le istituzioni di istruzione superiore e le scuole risulta fondamentale per migliorare l'inclusività.

Il concetto di inclusione nell'istruzione superiore è influenzato da molteplici fattori su scala mondiale. Il rapporto ANVUR del 2022<sup>35</sup> sottolinea come le barriere digitali possano limitare l'accesso alle risorse educative per gli studenti con disabilità.

---

<sup>33</sup> UNESCO: (2020) *Making Higher Education more accessible*.

<sup>34</sup> European Commission. (2021). *Education and Training Monitor 2021: Italy*

<sup>35</sup> ANVUR. (2022). *Gli studenti con Disabilità e DSA nelle Università italiane, una risorsa da valorizzare*. Autorità Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca.  
[Collegamento](#)

## *Metodo*

La metodologia adottata in questo studio comprende una revisione della letteratura in forma di scoping review, condotta secondo il metodo PRISMA<sup>16</sup>, e interviste semi-strutturate con esperti del settore e professionisti del comparto.

La revisione è stata effettuata utilizzando la seguente stringa di ricerca:

> *TOLC o CISIA E accessibilit\**

Le interviste semi-strutturate hanno coinvolto 10 esperti nell'ambito della tifologia, dal punto di vista pratico e legislativo, oltre che dal versante tecnico.

Le domande si sono concentrate sullo stato dell'arte dell'accessibilità della piattaforma, sui motivi per cui la stessa non risulta fruibile dai lettori di schermo, su ciò che è stato fatto finora e su ciò che si sta facendo per risolvere la mancanza di una tecnologia in grado di riconoscere l'autonomia dei candidati ciechi o ipovedenti.

## *Risultati e discussione*

Mentre la scoping review ha prodotto 44 risultati, solo 13<sup>6</sup> ha soddisfatto i criteri di inclusione/esclusione. Le interviste semi-strutturate, invece, hanno fatto emergere risultati interessanti, riassumibili come segue:

1. Esiste una serie di normative che considerano discriminatorio consentire l'accesso agli esami TOLC con l'ausilio di un accompagnatore vedente.

---

<sup>36</sup> Armiento, R. (2018). Superare le barriere: accessibilità dei TOLC per l'ingresso ai corsi di studi universitari.

2. È stato avviato un tentativo da parte di un gruppo di ricerca italiano per rendere la piattaforma accessibile.

3. La piattaforma non è stata progettata fin dall'inizio con un approccio orientato all'accessibilità.

In Italia, l'esperienza d'esame per i candidati ciechi resta segnata da una prassi eterodiretta: aule separate, un lettore vedente che scandisce domande e opzioni, tempi e ritmi mediati da terzi. È un dispositivo pensato per aiutare che, di fatto, introduce distrazione, asimmetria relazionale e una distanza ingiustificata dai pari. Paradossalmente, molti di questi candidati hanno competenze digitali pienamente allineate ai coetanei—formazione precoce nelle tecnologie assistive, familiarità con ambienti informatici, uso esperto di screen reader, tastiera e display Braille—ma il formato d'esame tradizionale non le valorizza. Anziché piattaforme accessibili che consentano un'interazione autonoma, si perpetuano procedure che non riflettono le reali capacità dei candidati ciechi. Le conseguenze vanno oltre l'esito della prova: valutazioni non eque comprimono l'accesso all'istruzione superiore, innescano effetti di lungo periodo sulle opportunità professionali e alimentano sottorappresentazione e stereotipi. Il caso del TOLC è emblematico: l'assenza di integrazione nativa per sintesi vocale, navigazione da tastiera e output Braille configura un limite strutturale di progettazione che impedisce di sostenere la prova in condizioni di parità.

Si riportano di seguito tre importanti leggi italiane che tutelano l'accessibilità dei prodotti digitali per le persone con disabilità:

- *Legge 04/2004*<sup>37</sup>: Prevede l'obbligo di procurarsi soluzioni accessibili. Un contratto di acquisto che non includa previsioni in materia di requisiti di accessibilità è considerato nullo.

---

<sup>37</sup> Legge 9 gennaio 2004, n. 4. *Disposizioni per favorire l'accesso dei soggetti disabili agli strumenti informatici*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana

- *Legge 67/2006*<sup>38</sup>: La discriminazione diretta si verifica quando, per motivi di religione, convinzioni personali, disabilità, età o orientamento sessuale, una persona è trattata in modo meno favorevole di quanto sarebbe, sia stata o potrebbe essere trattata un'altra persona in una situazione analoga.
- *Legge 216/2003*<sup>39</sup>: La discriminazione indiretta si verifica quando una disposizione, un criterio, una prassi, un atto, un accordo o un comportamento apparentemente neutro può mettere persone che professano una particolare religione o ideologia di altra natura, persone con disabilità, di una determinata età o di un particolare orientamento sessuale, in una posizione di svantaggio rispetto ad altre.

In molti Paesi, gli esami di ammissione sono già fruibili in Braille o tramite piattaforme pienamente accessibili, e l'uso di un accompagnatore vedente per leggere le prove non è contemplato. Questo indica con chiarezza la direzione: sviluppare e adottare un nuovo software accessibile—soluzione che alcuni centri di ricerca stanno già prototipando—ma che necessita di un sostegno istituzionale per arrivare alla scala. Non si tratta di un traguardo utopico: lo sviluppo di ambienti d'esame accessibili è tecnicamente maturo ed è prassi consolidata altrove. Le tecnologie assistive possono elevare in modo sostanziale l'esperienza formativa degli studenti con disabilità visive, ma la loro integrazione, specie negli esami online, presenta ancora lacune critiche. Esistono tuttavia modelli d'avanguardia da cui trarre ispirazione, come il Computerized Adaptive Testing (CAT): un approccio che, adeguando dinamicamente la difficoltà degli item al livello del candidato, migliora validità e affidabilità della misura, riduce il numero di domande e

---

<sup>38</sup> Legge 1 marzo 2006, n. 67. *Misure per la tutela giudiziaria delle persone con disabilità vittime di discriminazioni*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

<sup>39</sup> Decreto legislativo 9 luglio 2003, n. 216. *Attuazione della direttiva 2000/78/CE per la parità di trattamento in materia di occupazione e di condizioni di lavoro*. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

i tempi di somministrazione, e avvicina la valutazione a un ideale di equità e comparabilità anche per gli studenti con disabilità visive (Senel, 2018).<sup>40</sup>

## *Conclusioni*

L'inclusività nelle prove standardizzate, come il TOLC, è passata da tema accessorio a criterio di qualità del sistema: il modello “uguale per tutti” mostra i suoi limiti di fronte alla pluralità di bisogni e percorsi degli studenti. Un TOLC realmente inclusivo richiede un cantiere permanente che coinvolga atenei, decisori pubblici e associazioni di settore, con investimenti stabili in ricerca, azioni di sensibilizzazione e cooperazione internazionale. L'innovazione tecnologica offre leve concrete: i test adattivi permettono di modulare la difficoltà in tempo reale, migliorando accuratezza e equità della misura; al contempo, la centralità della competenza digitale e la diffusione dell'apprendimento online aprono spazi per ambienti di prova più accessibili, progettati fin dall'origine per l'eterogeneità degli utenti. L'obiettivo non è derogare al merito, ma misurarlo meglio, riducendo rumore e barriere che nulla hanno a che vedere con la competenza.

### **2.1.2 Alt text nella Comunicazione Social: Funzioni e Limiti**

In questo paragrafo verrà illustrato il lavoro presentato in occasione del convegno ICS Exchange 2024, i cui atti sono di recentissima pubblicazione.<sup>41</sup>

Nell'era digitale, in cui le informazioni vengono diffuse con crescente frequenza attraverso contenuti visivi, garantire l'accessibilità per tutti gli

---

<sup>40</sup> Senel, S., & Kutlu, Ö. (2018). Computerized adaptive testing design for students with visual impairment. *Eğitim ve Bilim*, 43(195), 261–284.

<sup>41</sup> Paoletta, A.M., Refrigeri, L., Baralla, F. (2025). The Importance of Alt Text for Social Media and Outreach in Italian Higher Education: Building Inclusive Best Practices. In: Toto, G.A. (eds) *Inclusion, Communication, and Social Engagement. ICS exchange 2024. Communications in Computer and Information Science*, (pp.219-232). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-03021-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-032-03021-4_16)

utenti risulta di importanza cruciale. Un elemento fondamentale dell'accessibilità digitale è il testo alternativo (alt text). L'alt text fornisce descrizioni testuali delle immagini, permettendo alle persone con disabilità visive di comprendere il contenuto visivo mediante l'utilizzo di screen reader. La mancanza di testo alternativo costituisce un problema di accessibilità di lunga data sin da quando, oltre vent'anni fa, venne introdotto l'attributo "alt" in HTML 2.0. Inoltre, la diffusione di contenuti generati dagli utenti ha fatto aumentare esponenzialmente il numero di immagini condivise<sup>42</sup>.

Obiettivo di questo studio è sottolineare l'importanza dell'alt text e analizzare in che misura le università italiane lo abbiano effettivamente adottato nei propri canali social. La mancata inclusione del testo alternativo, infatti, esclude una parte rilevante di potenziali utenti e, al contempo, contraddice l'impegno degli atenei verso l'inclusione e l'uguaglianza. Inoltre, l'alt text è un requisito di conformità alle linee guida, come le Web Content Accessibility Guidelines.<sup>43</sup>

### *Metodo*

Questo studio indaga sull'utilizzo del testo alternativo (alt text) sui profili Instagram ufficiali di 76 università italiane (Figura 5) classificate secondo il ranking CENSIS 2023/2024. Attraverso un'analisi meticolosa del codice sorgente (vedi Figura 7) dei post pubblicati dagli atenei su Instagram, è stata valutata in modo rigoroso la presenza e la qualità dell'alt text creato manualmente. L'analisi ha riguardato i primi dieci post di ogni pagina Instagram ufficiale ed è stata condotta a febbraio 2024. Inizialmente, facendo riferimento alla classifica Censis 2023/2024, è stato creato un campione di 76 università italiane. Si è scelto di investigare l'intera popolazione piuttosto che impiegare campioni rappresentativi delle singole

---

<sup>42</sup> Gleason, C., Carrington, P., Cassidy, C., Ringel Morris M., Kitani, K. M. & Bigham J.P. (2019). "It's almost like they're trying to hide it": How User-Provided Image Descriptions Have Failed to Make Twitter Accessible. In *The World Wide Web Conference*, 549–559.  
<https://doi.org/10.1145/3308558.3313605>

<sup>43</sup> World Wide Web Consortium. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

categorie; la classifica Censis suddivide le università italiane in due categorie (statali e non statali) e cinque tipologie: statali di grandi, medie, mega, piccole dimensioni e politecnici; non statali di grandi, medie e piccole dimensioni. Successivamente, sono state individuate le pagine ufficiali delle 76 università sulla piattaforma social. Infine, sono stati esaminati i primi dieci post, indipendentemente dal formato (immagine singola, carosello o video), per identificare la presenza di alt text manuale o generato da intelligenza artificiale. L'alt text si trova nel codice sorgente della pagina, nella posizione evidenziata in Figura 6. L'alt text manuale è generalmente riconoscibile per la sua natura diretta, l'utilizzo della lingua italiana e la descrizione efficace del contenuto. L'alt text fornito dall'IA, invece, risulta individuabile dal prefisso "May it be...".

Non avendo trovato una classificazione specifica per le università telematiche in Italia, si è deciso di includere comunque due tra le più note e rinomate in via esemplificativa.

### Example



*Figura 4: Esempio di alt text su Twitter*

Un altro esempio di alt text usato su Twitter (Figura 5):

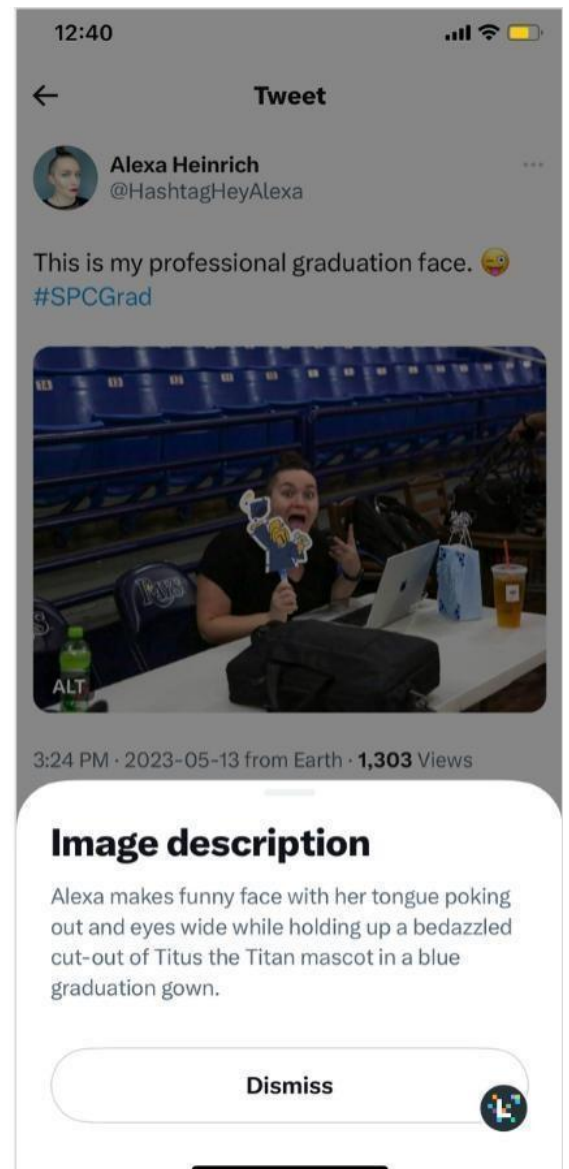


Figura 5: Altro esempio di alt text su Twitter<sup>1</sup>

44

<sup>44</sup> Later. (n.d.). *How to write alt text for social media*. Retrieved from <https://later.com/blog/alt-text/>

## Examine the page source to locate the alt text

```
<div class="_aagv"> == $0  

```

Figura 6: Posizione alt text nel codice sorgente

### Risultati

Dai risultati emersi, si evidenzia una notevole carenza di utilizzo di alt text manuale nei profili Instagram delle 76 università italiane prese in esame. Soltanto il 2,6% degli atenei statali e non statali analizzati ha mostrato di inserire descrizioni alternative create manualmente (Grafico 3, Tabella 3): nello specifico, una università tra quelle statali di grandi dimensioni e un'altra tra quelle non statali di grandi dimensioni. Il 97,4% degli atenei, invece, ha fatto uso di alt text generato dall'intelligenza artificiale, ricorrendo a strumenti di generazione automatica.

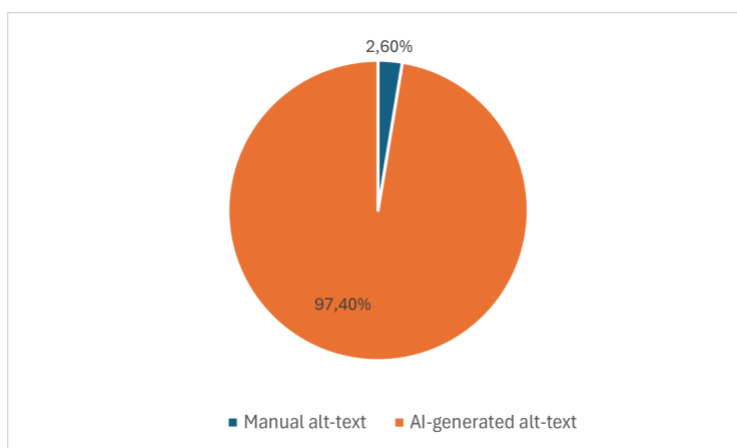


Grafico 3: Percentuale di utilizzo di alt text AI-generated o manuale nei profili Instagram delle università italiane

Questo dato implica che la maggioranza delle immagini presenti sui profili Instagram delle università italiane è accompagnata da alt text generato automaticamente, spesso in lingua inglese, con conseguenti limitazioni per l'utenza con disabilità visiva. Pur essendo in miglioramento, tali strumenti forniscono frequentemente descrizioni imprecise o non pertinenti. Resta dunque cruciale l'intervento umano per garantire accuratezza contestuale e sensibilità culturale. L'uso combinato di IA e supervisione umana può costituire una soluzione scalabile per le realtà con grandi quantità di contenuti.

Nella Tabella 3 si osserva il confronto tra il numero di atenei analizzati e catalogati e quelli che includono l'alt text sulle proprie pagine Instagram. Nello specifico, la Tabella 3 presenta i dati in forma schematica, mentre nel grafico seguente (Grafico 4) sono evidenziate, in rosso, le università che utilizzano l'alt text nelle diverse sottocategorie.

**Tabella 3:** Risultati relativi alla tipologia (statale, privata e telematica) delle università

|                        | N. | Manual alt text presence |
|------------------------|----|--------------------------|
| Università Pubbliche   | 58 | 1                        |
| Università Private     | 16 | 1                        |
| Università Telematiche | 2  | 0                        |

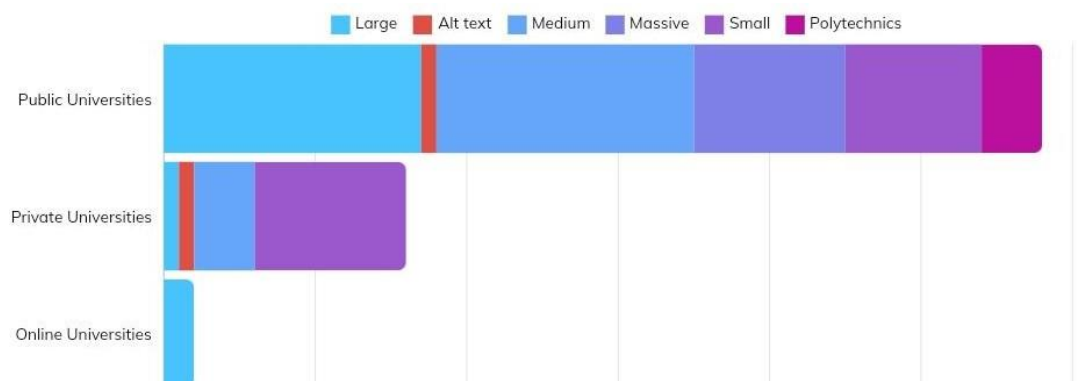


*Grafico 4: Riepilogo dei risultati*

In tutti i dieci post analizzati, l'alt text manuale è stato impiegato in modo costante laddove presente.

### *Discussione*

I risultati di questo studio delineano un quadro poco incoraggiante in merito all'accessibilità digitale nell'istruzione superiore italiana. L'ampio ricorso all'alt text generato da IA, spesso impreciso e in una lingua straniera per molti studenti e membri del personale, mette in luce una lacuna sistemica nel dare priorità alle esigenze delle persone con disabilità visiva. Tale mancanza non si limita a un mero aspetto tecnico, ma riflette anche un problema di natura culturale. L'alt text non è semplicemente un requisito di tipo tecnico, bensì un impegno verso l'accesso paritario a tutti gli utenti, indipendentemente dalle loro capacità. L'assenza di descrizioni testuali manuali suggerisce una visione secondo cui l'accessibilità è considerata un aspetto secondario, anziché parte integrante di una comunicazione efficace. Redigere manualmente l'alt text costituisce invece una competenza essenziale per creare esperienze digitali inclusive. Gleason et al.(2019)<sup>42</sup> hanno analizzato oltre nove milioni di tweet (inclusi sia tweet originali che retweet) raccolti in cinque giorni, provenienti da tutti i profili Twitter pubblicamente disponibili (senza distinzione tra scienziati e non-scienziati). È emerso che circa 1,09 milioni di tweet (l'11,84%) contenevano un'immagine, ma soltanto 1144 (0,1%) includevano una descrizione dell'immagine.

In un altro studio del 2019,<sup>45</sup> gli utenti hanno dichiarato di non ricordare di aggiungere il testo alternativo, di non avere tempo per farlo o di non sapere quali informazioni includere. Nel frattempo, l'elevato numero di immagini prive di alt text sui social media indica che molti utenti non abilitano questa funzione per le immagini che caricano (Bellscheidt et al., 2023).<sup>46</sup>

L'Intelligenza Artificiale (IA) ha compiuto progressi notevoli negli ultimi anni, rivoluzionando numerosi settori, fra cui il riconoscimento di immagini. Tuttavia, malgrado le sue capacità eccezionali, l'IA applicata a questo campo non è infallibile. In uno studio del 2022,<sup>47</sup> confrontando vari sistemi di riconoscimento delle immagini con le descrizioni curate dai collaboratori di Wikipedia per le stesse figure, gli autori giungono a una conclusione netta: l'alt text redatto a mano resta necessario. Gli strumenti automatici, pur in rapido miglioramento, non garantiscono ancora la precisione, la pertinenza semantica e il senso contestuale tipici della scrittura umana, e le loro prestazioni oscillano sensibilmente a seconda del tipo di immagine. Ne discende un'indicazione operativa chiara: i produttori di contenuti dovrebbero testare più soluzioni, combinando output automatici con revisione editoriale, così da assicurare descrizioni accurate, informative e realmente utili all'accessibilità.

Il progetto "Alt Text as Poetry"<sup>48</sup> mostra che il testo alternativo può farsi linguaggio evocativo: brevi descrizioni capaci di suggerire atmosfera,

---

<sup>45</sup> Chiarella, D., Yarbrough, J. & Jackson, C. AL. (2020). Using alt text to make science Twitter more accessible for people with visual impairments. *Nature Communications*, 11, 5803.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-19640-w>

<sup>46</sup> Bellscheidt, S., Metcalf, H., Elglaly D. P. & Elglaly, Y. (2023). Building the Habit of Authoring Alt Text: Design for Making a Change. In *Proceedings of the 25th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 65, 1–5.  
<https://doi.org/10.1145/3597638.3614495>

<sup>47</sup> Leotta, M., Mori, F. & Ribaudo, M. (2022). Evaluating the effectiveness of automatic image captioning for web accessibility. *Universal Access in the Information Society*. 22, 1-21.  
<https://doi.org/10.1007/s10209-022-00906-7>

<sup>48</sup> Coklyat, B., & Finnegan, S. (2022). Capitolo 22. In Cachia, *Curating Access: Disability Art Activism and Creative Accommodation* (pp. 278-288). Routledge: London.  
<https://doi.org/10.4324/9781003171935>

relazioni e concetti, utili a chi non vede e, insieme, arricchenti per chi vede. Questa via creativa, però, vive in equilibrio precario tra concisione, chiarezza informativa e divieto di gergo: l'alt text resta anzitutto un ausilio, non un esercizio di stile. Ne discende una proposta pragmatica: offrire opzioni di fruizione (essenziale vs. poetica), lasciando all'utente la scelta del registro, pur riconoscendo che un dibattito compiuto su tali alternative eccede gli scopi di questo lavoro. rappresenta un contributo stimolante e ricco di spunti, che esplora il potenziale di trasformare l'alt text in una forma di espressione poetica. Sulla scorta di tali ricerche, si potrebbe considerare l'alt text come un piccolo esercizio di scrittura creativa o narrativa. Va però ribadito che questa concezione si scontra con l'esigenza di fornire descrizioni concise, rapide ed efficaci. Nonostante ciò, potrebbe essere utile consentire agli utenti di scegliere il tipo di testo alternativo che preferiscono. In ogni caso, un dibattito più ampio su questi temi esula dagli obiettivi del presente contributo, che intendeva unicamente introdurre l'idea.

Le best practice dell'Università di Harvard <sup>49</sup> per scrivere un alt text efficace includono:

- Mantenere il testo breve, solitamente 1-2 frasi, senza eccessive complicazioni.
- Considerare gli elementi fondamentali che motivano la scelta dell'immagine e perché è stata inserita nel documento, anziché descrivere ogni dettaglio.
- Evitare formule come “immagine di” o “foto di”, ad eccezione dei casi in cui sia rilevante specificare che si tratta di un logo, un'illustrazione, un dipinto o un fumetto.
- Non duplicare il testo già presente in prossimità dell'immagine su sito o documento.
- Terminare la frase dell'alt text con un punto.

---

<sup>49</sup> Harvard University. (n.d.). *Describe content and images*. Digital Accessibility. Retrieved from <https://accessibility.huit.harvard.edu/describe-content-images>

Per ulteriori esempi su come creare alt text efficaci, si rimanda al “decision tree” sviluppato dal W3C.<sup>50</sup>

### *Conclusioni*

L’alt text costituisce un pilastro del design inclusivo, colmando il divario per gli utenti con disabilità e migliorando nel complesso l’esperienza dell’utente. L’adozione di buone pratiche e l’impiego di strumenti adeguati consentono a sviluppatori e designer di rendere i propri contenuti fruibili da parte di tutti. L’impegno verso un design accessibile non è soltanto un obbligo legale, ma riflette un imperativo sociale più ampio, volto a costruire un mondo digitale maggiormente inclusivo. Sebbene la tendenza attuale nella ricerca scientifica sia quella di sviluppare modelli di riconoscimento delle immagini basati su IA sempre più avanzati, il presente contributo propone di privilegiare un approccio differente: potenziare la formazione e incentivare gli addetti alla gestione dei social media a realizzare alt text manuali. L’assenza di descrizioni testuali nell’ambito dell’istruzione superiore italiana rappresenta un’occasione mancata per creare un ambiente di apprendimento più equo e inclusivo.

---

<sup>50</sup> World Wide Web Consortium. (n.d.). *An alt decision tree*. Web Accessibility Initiative. Retrieved from <https://www.w3.org/WAI/tutorials/images/decision-tree/>

### 2.1.3 Alt Text nel Materiale Didattico

L'inclusione delle persone con disabilità visiva all'interno dell'istruzione superiore costituisce un aspetto fondamentale delle politiche di pari opportunità e di miglioramento complessivo della qualità didattica.

*“L’Universal Design attribuisce grande valore alla diversità, all’equità e all’inclusione. Mira a rendere i prodotti e gli ambienti educativi accoglienti, accessibili e utilizzabili da tutti. Può essere applicato all’istruzione, ai servizi, alle tecnologie, alle informazioni e agli spazi fisici per assicurare esperienze educative accessibili e di qualità per studenti, docenti, personale e comunità accademica nel suo insieme.”* (Burgstahler, 2015, p.9)<sup>51</sup>

In ambito universitario, la diffusione crescente di piattaforme eLearning, contenuti multimediali e materiali didattici digitali rende imprescindibile l'adozione di pratiche e strumenti che garantiscano la piena fruibilità da parte di tutti gli studenti (Seale, 2006).<sup>52</sup> Uno degli elementi-chiave per promuovere tale accessibilità è l'uso corretto del testo alternativo (alt text): questa descrizione testuale, associata alle immagini, consente ai lettori di schermo di interpretare correttamente i contenuti non testuali presenti in slide, dispense, articoli scientifici in PDF e piattaforme di gestione dei corsi (Learning Management System – LMS). La presente sezione si propone di illustrare l'importanza dell'alt text nel contesto universitario, di delineare le principali linee guida e di discutere i risultati di alcune ricerche scientifiche autorevoli che ne hanno evidenziato l'impatto didattico.

Seale già nel 2006 stilava i principi cardine della consapevolezza nel costruire ambienti di e-learning inclusivi e attenti a rispettare le esigenze

---

<sup>51</sup> Burgstahler, S. (Ed.). (2015). *Universal Design in Higher Education: From Principles to Practice (2nd Ed)*. Harvard Education Press.

<sup>52</sup> Seale, J. K. (2006). *E-learning and Disability in Higher Education: Accessibility Research and Practice*. Routledge.

degli studenti con disabilità. Per progredire verso un e-learning veramente accessibile, non basta seguire delle linee guida tecniche, ma bisogna sviluppare una visione olistica e condivisa che comprenda la complessità dei bisogni degli studenti, integri l'accessibilità nella didattica e nell'organizzazione, e promuova una cultura collaborativa e di leadership condivisa all'interno dell'istituzione (Seale, 2006, p. 9).<sup>52</sup> Come evidenziato da Becker & Palladino (2016),<sup>53</sup> il tasso di abbandono scolastico tende a crescere quando gli studenti con disabilità percepiscono un mancato sostegno da parte della propria istituzione. In uno studio condotto da Reed & Curtis (2012),<sup>54</sup> il 59% degli studenti universitari canadesi con disabilità visiva ha riferito di aver incontrato difficoltà occasionali nell'accesso a sistemazioni adeguate, a causa di ritardi nella fornitura di formati alternativi dei materiali, materiali inaccessibili, o il rifiuto da parte del personale docente di concedere accomodamenti come le registrazioni audio. In tale scenario, la disponibilità di materiali didattici accessibili assume un rilievo strategico. Secondo le Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.1) del World Wide Web Consortium (W3C, 2018)<sup>55</sup>, ogni contenuto non testuale dovrebbe essere accompagnato da un testo alternativo appropriato, che ne descriva in maniera chiara e sintetica la funzione e il contenuto. Power (2024)<sup>56</sup> sottolinea che gli educatori spesso condividono risorse didattiche con gli studenti attraverso file PDF, rendendo di fatto i PDF uno strumento comune per la distribuzione di contenuti educativi. Chiaramente, sottolinea, senza un adeguato adattamento, gli studenti con disabilità visiva possono incontrare numerosi ostacoli nell'accesso a questi materiali didattici tradizionali rendendo di fatto un contenuto che è potenzialmente più accessibile della controparte materiale, inaccessibile. Uno studio

---

<sup>53</sup> Becker, S., & Palladino, J. (2016). Assessing faculty perspectives about teaching and working with students with disabilities. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 29(1), 65-82 <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1107476.pdf>

<sup>54</sup> Reed, M., & Curtis, K. (2012). Experiences of students with visual impairments in Canadian higher education. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(7), 414–425. p.419 <https://doi.org/10.1177/0145482X1210600704>

<sup>55</sup> World Wide Web Consortium. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

<sup>56</sup> Power, R. (2024). Are Your PDFs Accessible? In R. Power (Ed.), *The ALT Text: Accessible Learning with Technology*. Power Learning Solutions. ISBN 978-1-7390190-2-0. <https://pressbooks.pub/thealttext/chapter/are-your-pdfs-accessible/>

condotto in Tanzania nel 2022 ha rilevato che la maggior parte degli studenti (70,6%) dipendeva dal supporto del personale dell'unità di educazione speciale o di colleghi vedenti quando accedeva ai dispositivi di tecnologia assistiva (Kisanga & Kisanga, 2022).<sup>57</sup> Nel caso di slide universitarie, articoli caricati nelle piattaforme LMS (come Moodle, Blackboard o Canvas) o documenti PDF, l'alt text rappresenta uno strumento basilare per rendere comprensibile l'informazione visiva a studenti non vedenti o ipovedenti. La mancanza dello stesso rappresenta un problema basilare di accessibilità.

In uno studio condotto nel 2022 sono emerse alcune interessanti considerazioni:

*“Le persone cieche o ipovedenti tendono a fidarsi di didascalie generate dall'IA, anche quando sono errate, integrando dettagli per conciliare le discrepanze piuttosto che sospettare che le didascalie possano essere sbagliate. \ I risultati complessivi mostrano che, in media, le persone continuano a preferire testi redatti da esseri umani, anche quando le descrizioni generate dagli strumenti sono accurate. In effetti, le descrizioni generate non hanno ancora raggiunto un livello di precisione comparabile a quello dei testi scritti da persone. Riteniamo quindi che i produttori di contenuti web dovrebbero, come prima scelta, aggiungere manualmente descrizioni delle immagini ogni volta che sia possibile. \ Il nostro studio mostra chiaramente che, con la tecnologia attuale, la correttezza (e di conseguenza la qualità percepita) delle descrizioni redatte da esseri umani non è ancora raggiungibile dagli strumenti automatizzati. \ Come educatori, dobbiamo garantire che gli studenti con disabilità visiva abbiano accesso agli stessi contenuti dei loro coetanei vedenti, e riteniamo*

---

<sup>57</sup> Kisanga, S. E., & Kisanga, D. H. (2022). The role of assistive technology devices in fostering the participation and learning of students with visual impairment in higher education institutions in Tanzania. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(7), 791–800.  
<https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1817989>

*pertanto estremamente utile svolgere ricerche in questa direzione.”* (Leotta et al., 2022, pp. 1297-1312).<sup>58</sup>

Un secondo aspetto, spesso sottovalutato, riguarda l’impatto positivo dell’alt text anche sugli studenti normovedenti. Le cosiddette Universal Design practices (UDL – Universal Design for Learning) insegnano che soluzioni concepite per una specifica disabilità possono rivelarsi utili per l’intero corpo studentesco (CAST, 2018,<sup>59</sup> Rose and Mayer, 2002<sup>60</sup>);

*“L’esempio migliore rimane l’abbassamento del marciapiede (curb cut) – una caratteristica della pianificazione urbana progettata per favorire le persone in sedia a rotelle, ma che si è rivelata utile anche per molti altri, come i jogger, i genitori con i passeggini, ecc.”* (Moore, 2007, p.1).<sup>61</sup>

L’alt text, costringendo i docenti a esplicitare l’obiettivo comunicativo di un’immagine, può contribuire a una maggiore chiarezza didattica e a un’organizzazione più razionale dei contenuti. Inoltre, gli studenti che hanno difficoltà di apprendimento traggono vantaggio dal disporre di una descrizione testuale disponibile anche in formati leggeri o stampabili. C’è sicuramente da dire che manca una vera e propria formazione per gli educatori, soprattutto nel contesto accademico, per l’accessibilità dei contenuti didattici. Come sottolineato da Emore (2025, p.1)<sup>62</sup>:

---

<sup>58</sup> Leotta, M., Mori, F., & Ribaud, M. (2022). Evaluating the effectiveness of automatic image captioning for web accessibility. *Universal Access in the Information Society*, 22, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00906-7> (Traduzione a cura dell’autrice)

<sup>59</sup> CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. <https://udlguidelines.cast.org/>.

<sup>60</sup> Rose, D.H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal Design for Learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development

<sup>61</sup> Moore, S. L. (2007). [Review of the book *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*, by D. H. Rose & A. Meyer]. *Educational Technology Research and Development*, 55(5), 521–525. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9056-3> (Traduzione a cura dell’autrice).

<sup>62</sup> Emore, A. (2024) in Power, R. *The ALT Text: Accessible Learning with Technology. Post-Secondary and Workplace Education* <https://pressbooks.pub/thealttext/chapter/addressing-visual-impairment-in-higher-education-integrating-instructional-design-and-digital-resources/> (Traduzione a cura dell’autrice)

*“Si osserva una carenza significativa nella formazione fornita agli educatori riguardo alla creazione e alla distribuzione di contenuti accessibili. Molti insegnanti potrebbero non possedere le conoscenze e le competenze necessarie per formattare i materiali in modo da soddisfare le esigenze degli studenti con disabilità visive, perpetuando così barriere all'apprendimento e limitando l'efficacia degli approcci educativi volti all'inclusività. Inoltre, la disponibilità di tecnologie assistive e servizi di supporto specificamente progettati per aiutare gli studenti con disabilità visiva è spesso limitata, complicando ulteriormente la loro capacità di muoversi in autonomia nell'ambiente accademico e di accedere alle risorse necessarie per il successo nell'istruzione superiore.”*

Sul fronte delle prospettive, due ambiti di sviluppo appaiono particolarmente promettenti:

1. Sistemi di supporto alla creazione di alt text: numerose ricerche mirano a integrare algoritmi di Computer Vision e Natural Language Processing (NLP) in modo da generare proposte di descrizione automaticamente, lasciando all'utente la possibilità di revisionarle e migliorarle (Mack et al., 2021).<sup>63</sup> Questo metodo ibrido potrebbe ridurre il carico di lavoro per i docenti, pur garantendo un controllo finale sulla qualità.

2. Politiche istituzionali di inclusione: Accessibility Statements e procedure interne che rendono obbligatoria la verifica dell'accessibilità dei materiali didattici, compreso l'uso di alt text. L'implementazione effettiva di tali politiche, unita a programmi di formazione continua, si configura come un fattore determinante per trasformare le buone intenzioni in prassi consolidate.

---

<sup>63</sup> Mack, K., Cutrell, E., Lee, B., & Morris, M. R. (2021). Designing tools for high-quality alt text authoring. *Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3441852.3471207>

L'inclusione del testo alternativo all'interno del materiale didattico universitario non rappresenta soltanto un adempimento formale, ma è parte integrante di un processo di innovazione didattica e di crescita culturale. Nonostante le difficoltà legate alla mancanza di formazione, ai limiti delle soluzioni IA e a una cultura accademica in via di sensibilizzazione rispetto alle tematiche dell'accessibilità, le prospettive future appaiono incoraggianti. L'integrazione di politiche istituzionali, lo sviluppo di tecnologie di supporto e la diffusione di buone pratiche possono portare a un significativo incremento della qualità dell'offerta didattica. Investire sull'alt text significa, in ultima analisi, coltivare un'università più aperta, democratica e orientata al successo di tutti gli studenti.

## 2.2 Arte Visiva, Contesti Museali e Accessibilità: Una Review della Letteratura

*Fra i pregiudizi sulla cecità uno in particolare si è dimostrato particolarmente difficile da contrastare: che cioè solo ai vedenti sarebbe consentito l'accesso al mondo delle immagini. Ai ciechi no. Per loro resterebbe unicamente l'universo della parola.*

Socrati A.<sup>64</sup>

In questa sezione si intende affrontare una delle sfide più complesse nel campo dell'accessibilità: l'arte visiva. La presente review ha l'obiettivo di analizzare criticamente la letteratura più significativa riguardante le soluzioni proposte per favorire l'accesso all'arte visiva: dalle audiodescrizioni sempre più elaborate ai sistemi tangibili e multisensoriali. L'educazione all'arte visiva per le persone non vedenti rappresenta un tema di ampio dibattito nella letteratura scientifica, data la sua intrinseca complessità e la natura multidisciplinare che lo caratterizza. Questo paragrafo mira a esplorare i molteplici attori e fattori che contribuiscono a tale complessità, con l'obiettivo di introdurre, nel paragrafo successivo, una soluzione innovativa proposta per l'educazione artistica accessibile in contesti museali.

L'accessibilità all'arte visiva nei contesti museali rappresenta un ambito di ricerca e di intervento sempre più rilevante, in linea con l'attenzione internazionale al tema dell'inclusività culturale (UNESCO, 2009).<sup>65</sup> La piena fruizione delle opere, nelle loro componenti estetiche e simboliche, è un diritto universale che riguarda anche – e soprattutto – persone con

---

<sup>64</sup> Socrati, A. (2014). Arte e integrazione: l'educazione del non vedente in campo artistico ed estetico. *Formazione & Insegnamento*, 12(3), 197–210.

<sup>65</sup> UNESCO. (2019). *New methodology shows that 258 million children, adolescents and youth are out of school*. UIS/2019/ED/FS/59 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000177849>

disabilità visiva (Organizzazione Mondiale della Sanità, 2019).<sup>66</sup> Sul ruolo del museo e del diritto all'inclusione si riportano le parole di Cetorelli e Guido (2020, p.19)<sup>67</sup>:

*“Il museo tende oggi, sempre più, ad enfatizzare il “carattere inclusivo” della propria azione, al fine di garantire pari diritti e pari accesso al patrimonio da parte di ciascuna persona. Istituzione duttile, il museo racchiude, infatti, la finalità di rappresentare la società moderna, che gli riconosce il ruolo di interprete delle proprie radici, delle proprie aspirazioni, della propria identità, riversandovi aspettative, collettive e individuali, sui significati del presente e sulle attese del futuro. In tal senso i musei rivestono il ruolo di “attivatori sociali”, assumendo responsabilità, di natura etica e politica, sulla finalità di rafforzare la posizione di ciascun individuo, nel più ampio ambito della società, perché possa esercitare la facoltà di partecipare pienamente al contesto civile sulla base dei principi di parità, vita indipendente, autonomia e soddisfazione culturale, nell’assolvimento di un diritto in alcun modo derogabile. Il museo assume, pertanto, il rilevante ruolo di intermediario tra cultura, ben-essere e inclusione, ponendosi quale agente di democrazia e di cittadinanza, in un processo che richiede la costante analisi degli impatti, dei benefici e delle criticità delle iniziative intraprese, ai fini del proprio contributo alla crescita di strategie, singole e comuni, locali e nazionali.”*

Se per lungo tempo si è considerata l'arte visiva intrinsecamente non accessibile a chi non vede, l'evoluzione delle pratiche di audiodescrizione (Snyder, 2005),<sup>68</sup> l'adozione di soluzioni tattili e la realizzazione di soluzioni

---

<sup>66</sup> World Health Organization. (2019). *World report on vision*  
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>

<sup>67</sup> Cetorelli, G. & Guido, M. R. (2020). *Accessibilità e Patrimonio Culturale. Linee guida al Piano strategico-operativo, buone pratiche e indagine conoscitiva per la fruizione ampliata nei luoghi della cultura italiani*. Ministero della Cultura

<sup>68</sup> Snyder, J. (2005). Audio description: The visual made verbal. *International Congress Series*, 1282, 935–939. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2005.05.215>

che integrino entrambe le possibilità in un canale multisensoriale (Neves, 2012),<sup>69</sup> stanno dimostrando come questa convinzione sia superabile.

In primo luogo, si evidenzia quello che in Italia è presente a livello di servizi dedicati al diritto all'accesso culturale per persone non vedenti o con ipovisione. Tralasciando il sistema di supporto assistivo, come le barre con rilievi in Braille, o percorsi a terra dedicati, in questa sezione vogliamo concentrarci sulla pura educazione artistica e culturale, cercando i servizi offerti. Citando testualmente Tiberti (2020, p.43)<sup>70</sup>, troviamo:

*“Per servizi dedicati, servizi speciali o semplicemente educativi si intendono invece i servizi che il museo offre a categorie differenziate di pubblico, che partono da uno studio sulle esigenze e sui bisogni specifici emergenti attraverso indagini mirate sui pubblici; tra essi vanno inclusi i servizi di assistenza, supporto ed accompagnamento alla visita. Alcuni servizi educativi sono: Percorsi tattili – previsione di percorsi tattili che permettano al pubblico non vedente e ipovedente di conoscere oggetti e opere d'arte, in compatibilità con le esigenze di sicurezza e conservazione dei beni culturali, mettendo per esempio a disposizione riproduzioni delle opere originali qualora le condizioni fisico-chimiche o la deperibilità delle opere non permettessero di toccarle. Visite guidate e laboratori esperienziali con personale specializzato – offrire visite guidate specifiche e con terminologia per i non vedenti, poiché la costruzione mentale dell'immagine tattile segue un percorso diverso dalla formazione dell'immagine visiva dei normodotati. È necessario includere informazioni sugli aspetti stilistici ed iconografici ma allo stesso tempo sulle emozioni e sui sentimenti coinvolti nella percezione dell'opera d'arte.”*

I musei e gli spazi espositivi, tradizionalmente concepiti come luoghi in cui l'osservazione visiva rappresenta la via privilegiata alla conoscenza, stanno gradualmente ripensando la propria missione in funzione di una

---

<sup>69</sup> Neves, J. (2012). Multi-sensory approaches to (audio) describing the visual arts. *MonTI. Monografías de Traducción e Interpretación*, (4), 277–293. <http://dx.doi.org/10.6035/MonTI.2012.4.12>

<sup>70</sup> Tiberti, V. (2020). *Il museo sensoriale*. Sapienza University Press

platea più eterogenea. La sfida è ripensare agli spazi espositivi per abbandonare la cultura visiva dell'arte:

*“Chiedo loro anche di pensare in modo più creativo a come gli aspetti della cultura visiva nei loro musei possano diventare luoghi per una cultura sensoriale, abbandonando un'esperienza espositiva monosensoriale che è limitante sia per i corpi disabili che non disabili.”* (Cachia, 2022, p.5).<sup>71</sup>

L'ICOM (International Council of Museums), già nel 2007, ha sottolineato l'importanza di garantire opportunità di fruizione culturale inclusive, invitando i musei a superare le barriere fisiche, sensoriali e cognitive (ICOM, 2007).<sup>72</sup> A livello legislativo e normativo, diverse carte internazionali – tra cui la Convenzione ONU sui Diritti delle Persone con Disabilità (2006) – hanno sancito il principio secondo cui ogni individuo debba godere delle stesse opportunità di accesso ai beni culturali (ONU, 2006).<sup>73</sup> Nell'ambito dell'arte visiva, il dibattito su come rendere un quadro, una scultura o un'installazione comprensibile a chi non vede ha prodotto diversi orientamenti metodologici (Axel & Levent, 2003).<sup>74</sup> Da un lato, si è fatto ricorso alle descrizioni verbali, spesso definite *audiodescrizioni*, che mirano a rendere verbalmente l'aspetto visivo dell'opera, dall'altro, hanno preso piede strategie di tipo tattile e multisensoriale, come la riproduzione in rilievo, le maquette e i modelli tridimensionali, per consentire l'esplorazione fisica dell'opera o di una sua parte (Candlin, 2009).<sup>75</sup> Le due principali direttrici – la descrizione verbale e la mediazione tattile – possono

---

<sup>71</sup> Cachia, A. (Ed.). (2022). *Curating Access: Disability Art Activism and Creative Accommodation*. Routledge. Introduction. <https://doi.org/10.4324/9781003171935> (Traduzione a cura dell'autrice)

<sup>72</sup> International Council of Museums (ICOM). (2007). *Museum definition*. <https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/museum-definition/>

<sup>73</sup> United Nations. (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>

<sup>74</sup> Axel, E. S., & Levent, N. S. (Eds.). (2003). *Art beyond sight: A resource guide to art, creativity, and visual impairment*. AFB Press

<sup>75</sup> Candlin, Fiona. (2009). *Art, museums and touch*. Manchester University Press.

integrarsi in programmi più complessi, capaci di coinvolgere molteplici canali percettivi e di supportare un'esperienza immersiva.

Queste linee guida mirano a creare un'esperienza museale inclusiva e accessibile, arricchendo la comprensione e l'apprezzamento dell'arte per tutti i visitatori, indipendentemente dalle loro capacità visive.

### **2.2.1 Audiodescrizioni: Evoluzione e Pratiche Innovative**

*The success of AD 'depends on how the transposition of visual material into words is handled' (Taylor, 2014, p.42)<sup>76</sup>*

“Il successo delle AD dipende da come è gestita la trasposizione del materiale visivo in parole.”

Le audiodescrizioni sono uno strumento fondamentale per l'inclusione e l'accessibilità, applicabile in numerosi contesti (cinema, teatro, eventi sportivi, televisione, beni culturali e naturalmente, musei) per garantire che tutti possano godere di esperienze culturali, educative e di intrattenimento.

L'audiodescrizione è un mezzo per garantire l'accessibilità a persone cieche o con disabilità visive. Lo scopo dell'audiodescrizione è fornire a chi è cieco o ha una ridotta capacità visiva un'immagine più completa di ciò che viene mostrato, consentendo loro di apprezzare e condividere la presentazione in modo altrettanto pieno e soddisfacente rispetto a una persona vedente (American Council of the Blind, 2020).<sup>77</sup> Le linee guida internazionali (ABS, 1996 <sup>78</sup>; ACB, 2020)<sup>77</sup> insistono sul principio della *precisione* e della *chiarezza*, ossia sulla necessità di fornire informazioni essenziali per la comprensione dell'opera, evitando giudizi di valore o interpretazioni troppo soggettive. In origine, le audiodescrizioni si limitavano a una rapida enumerazione degli oggetti presenti nell'opera e alla

---

<sup>76</sup> Taylor, C. (2014). Textual cohesion. In A. Maszerowska, A. Matamala & P. Orero (Eds.), *Audio description: New Perspectives Illustrated* (pp. 41-60). Amsterdam: John Benjamins.

<sup>77</sup> Audio Description Project of the American Council of the Blind (2020). *Audio Description Standards and Guidelines*. <https://adp.acb.org/guidelines.html>

<sup>78</sup> Art Beyond Sight Project (1996). *Guidelines for verbal description*. Retrieved from <http://www.artbeyondsight.org/handbook/acs-guidelines.shtml>

loro disposizione spaziale; negli ultimi anni, tuttavia, si è cercato di arricchirle con elementi più dettagliati: informazioni sulle tecniche pittoriche o scultoree, la resa dei colori, i giochi di luce e ombra, il contesto storico e culturale della realizzazione (Braun, 2008).<sup>79</sup> Un'innovazione significativa è rappresentata dalle *audiodescrizioni creative o evocative* (Fryer, 2016).<sup>80</sup> Qui il focus si sposta dalla mera elencazione di dettagli visivi alla trasmissione del *tono* e dell'*atmosfera* dell'opera, includendo anche descrizioni delle emozioni potenzialmente suscitate. Tale approccio mira a rendere l'esperienza maggiormente coinvolgente e, pur sollevando alcune questioni di natura interpretativa, appare in linea con i principi dell'audience development, che incoraggiano forme di narrazione soggettiva e partecipativa (Walczak & Fryer, 2017).<sup>81</sup> Sempre Walczak e Fryer, nello studio citato, che ha riguardato la fruizione di un film con due tipologie differenti di AD (standard e creativa), scrivono (p.21):

*“Dallo studio condotto, è possibile concludere che lo stile creativo di descrizione ha avuto un effetto significativo sulla ricezione emotiva del film da parte del pubblico. Questo stile ha ottenuto punteggi più alti in tutte le sottoscale relative alla sensazione di presenza ed è stato valutato più favorevolmente dai partecipanti rispetto allo stile di audiodescrizione standard.”*

La questione della creatività e della soggettività nelle AD verrà approfondita nei prossimi paragrafi.

### **2.2.2 Soluzioni Tangibili e Riproduzioni Tattili**

Se le audiodescrizioni offrono una rappresentazione verbale dell'opera, le riproduzioni tattili forniscono un'esperienza fisica diretta, particolarmente apprezzata dalle persone cieche e ipovedenti (Axel & Levent, 2013).<sup>74</sup> In un

---

<sup>79</sup> Braun, S. (2008). Audiodescription research: State of the art and beyond. *Translation Studies in the New Millennium*, 6, 14–30.

<sup>80</sup> Fryer, L. (2016). *An Introduction to Audio Description: A Practical Guide*. Routledge

<sup>81</sup> Walczak, A., & Fryer, L. (2017). Creative description: The impact of audio description style on presence in visually impaired audiences. *British Journal of Visual Impairment*, 35(1), 6-17 (Traduzione a cura dell'autrice)

museo, la possibilità di *toccare* alcune copie delle opere o di esplorare modelli in rilievo costituisce un cambiamento sostanziale, in quanto sovverte la tradizionale regola del “vietato toccare” (Candlin, 2009).<sup>75</sup> Tali soluzioni tattili si declinano in diverse forme:

- *Modelli tridimensionali*: riproduzioni in scala di opere particolarmente complesse, come sculture monumentali o architetture, che consentono di percepirne la volumetria e le proporzioni complessive.
- *Rilievi bidimensionali*: trasposizioni a bassorilievo di dipinti o di parti di essi, dove i principali elementi compositivi (figure umane, contorni di oggetti, prospettive architettoniche) sono resi in una forma tattile semplificata.
- *Approcci multisensoriali*: sperimentazioni che, oltre alla dimensione tattile, associano suoni, al tatto per veicolare il messaggio artistico in modo multisensoriale.

Per un ulteriore approfondimento, si rimanda alla recentissima ricerca del 2024.<sup>82</sup>

La professoressa Secchi (2004, p.34) <sup>83</sup> introduce bene gli scopi dei modelli tattili tridimensionali:

*“Abbandonato il pregiudizio per il quale la tattilità non può permettere l’accesso alla visione di insieme, possiamo oggi affermare, sia pur con le dovute cautele e discriminanti, che ogni percezione (tattile e ottica) di “insiemi strutturati” deve fondarsi su un accurato esame dei procedimenti attraverso i quali prendiamo coscienza dei nostri strumenti e modi conoscitivi linguistici, visivi e verbali.”*

---

<sup>82</sup> Reinhardt, D., Holloway, L., Thøgersen, J., Guerry, E., Diaz, C., Havellas, W., & Poronnik, P. (2024). The museum of touch: Tangible models for blind and low vision audiences in museums. In J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (Eds.), *Virtual, augmented and mixed reality* (pp. 95–112). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-49511-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-49511-3_8)

<sup>83</sup> Secchi, L. (2004). *L’educazione estetica per l’integrazione*. Carrocci Editore



*Figura 6: Monna Lisa tridimensionale; Credits<sup>84</sup>*

---

<sup>84</sup> Retrieved from <https://www.archeomatica.it/ict-beni-culturali/arte-in-3d-per-non-vedenti-nuovo-progetto-sullla-condizione-e-stampa-di-modelli-3d>



*Figura 7: Esplorazione di rilievo bidimensionale Credits: Immagine dal libro "Il Museo Sensoriale"<sup>70</sup>*

Le nuove tecnologie di stampa 3D hanno aperto la strada a riproduzioni personalizzate e relativamente economiche, facilitando progetti di accessibilità museale a costi sostenibili. Citando testualmente Neumüller e colleghi (2014, p.1)<sup>85</sup>:

*“La produzione additiva, se accompagnata da un cambiamento di paradigma nel modello museale, può essere impiegata in molti modi per reintegrare il tatto e altri sensi non visivi nelle nostre esperienze culturali. Queste forme multisensoriali di fruizione della cultura portano anche un grande vantaggio in termini di accessibilità del patrimonio culturale, specialmente per le persone con difficoltà di apprendimento, per i bambini,*

<sup>85</sup> Neumüller, M., Reichinger, A., Rist, F., Kern, C. (2014). 3D Printing for Cultural Heritage: Preservation, Accessibility, Research and Education. In: Ioannides, M., Quak, E. (eds) *3D Research Challenges in Cultural Heritage*. Lecture Notes in Computer Science, vol 8355. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44630-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44630-0_9) (Traduzione a cura dell'autrice)

*gli anziani e per i visitatori non vedenti o ipovedenti. La stampa 3D si trova in una fase di rapidi cambiamenti tecnologici e promette esperienze sempre più arricchenti nel campo del patrimonio culturale.”*

### **2.2.3 Multisensorialità e Approccio Olistico**

*“Il cambiamento sensoriale in un contesto museale ha incoraggiato i visitatori a interagire con le esposizioni in modi corporei, sensoriali, emotivi e immersivi, in linea con concetti più ampi come “accesso e inclusione” e con le concezioni dei visitatori come partecipanti “attivi e coinvolti”./ Questa conoscenza consente di creare esperienze più coinvolgenti, inclusive e memorabili, in grado di rispondere alle diverse preferenze e necessità sensoriali dei visitatori.”* (Luo et al., 2024, p.12)<sup>86</sup>

L’approccio multisensoriale si basa sull’idea che la percezione estetica sia un fenomeno complesso, in cui gli organi sensoriali interagiscono e si compensano (Candlin, 2009).<sup>75</sup>

Rendere l’arte visiva accessibile a chi non vede o vede in misura limitata è una sfida complessa ma non insormontabile. I progressi compiuti nell’audiodescrizione – sia in termini di accuratezza che di potere evocativo – e l’adozione di soluzioni tangibili, come modelli tridimensionali e rilievi tattili, testimoniano la volontà di molti musei di trasformarsi in spazi realmente inclusivi. La letteratura più recente evidenzia, tuttavia, che i passi restano da compiere per rendere tali pratiche sistematiche, sostenibili ed efficacemente integrate nell’allestimento museale. Formazione specializzata del personale, investimenti economici e tecnologici, collaborazione con organizzazioni di persone con disabilità e aderenza a linee guida etico-legali sono solo alcune delle azioni che i musei devono intraprendere per consolidare questa svolta culturale. Soprattutto, è indispensabile adottare un approccio organico che riconosca nella partecipazione attiva dei

---

<sup>86</sup> Luo, D., Doucé, L., & Nys, K. (2024). Multisensory museum experience: an integrative view and future research directions. *Museum Management and Curatorship*, 1–28.  
<https://doi.org/10.1080/09647775.2024.2357071> (Traduzione a cura dell’autrice)

visitatori con disabilità visiva la risorsa primaria per costruire soluzioni creative e funzionali. In prospettiva futura, la sinergia tra ricerca accademica, istituzioni museali e tecnologie emergenti potrebbe ridefinire il concetto stesso di “visione” dell’arte, promuovendo un modello museale che esalti la dimensione sensoriale e cognitiva in tutte le sue declinazioni, e rendendo l’accessibilità non un’eccezione virtuosa, ma un tratto costitutivo dell’esperienza culturale.

## **2.3 Questionario sulle Audiodescrizioni: Strumenti e Risultati**

Il presente lavoro di ricerca è stato discusso all'interno della conferenza IAFOR tenutasi in Barcellona nel 2024 (BCE - Barcelona Conference on Education), i cui atti sono in corso di pubblicazione alla stesura della presente tesi.

Le audiodescrizioni offrono alle persone cieche un mezzo prezioso per fruire dell'arte visiva; tuttavia, il grado di integrazione di elementi soggettivi all'interno di tali descrizioni rimane oggetto di dibattito. Sebbene le descrizioni di tipo oggettivo forniscano informazioni fattuali sull'opera d'arte, l'inclusione di reazioni soggettive da parte dell'osservatore potrebbe arricchire ulteriormente l'esperienza complessiva. Per approfondire tale questione, abbiamo condotto uno studio che ha coinvolto 29 persone cieche o ipovedenti, confrontando le loro preferenze riguardo a descrizioni audio oggettive e soggettive, nonché riguardo al testo alternativo (alt text). Abbiamo inoltre esaminato la relazione tra queste preferenze, i fattori demografici e il livello di interesse per l'arte.

### *Metodo*

È stato progettato un questionario autocompilato e anonimo per valutare l'interesse dei partecipanti per l'arte e le loro preferenze riguardo alle descrizioni audio (AD) e al testo alternativo (alt text). I partecipanti, reclutati tramite organizzazioni regionali italiane a sostegno di persone cieche e ipovedenti (Unione Italiana dei Ciechi e degli Ipovedenti), hanno risposto al questionario in un periodo di un mese, dall'11 luglio all'8 agosto. I dati raccolti sono stati poi sottoposti ad analisi statistica tramite t-test.

### *Risultati e Discussione*

I partecipanti sono stati descritti come segue:

**Tabella 4:** Presentazione dei partecipanti

| <b>Età</b>       | <b>Genere</b>      | <b>Regione</b>              | <b>Titolo di studio</b>      | <b>Grado di cecità/Ipovisione</b> |
|------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 18-29<br>(13,8%) | Maschi<br>(62,1%)  | Nord<br>Italia<br>(55,2%)   | Diploma<br>(48,3%)           | Lieve (6,9%)                      |
| 30-39<br>(17,2%) | Femmine<br>(37,9%) | Centro<br>Italia<br>(20,7%) | Laurea triennale<br>(17,2%)  | Moderata<br>(3,4%)                |
| 40-49<br>(20,7%) |                    | Sud e<br>Isole<br>(24,1%)   | Laurea magistrale<br>(24,1%) | Grave (27,6%)                     |
| 50-59<br>(13,8%) |                    |                             | Dottorato<br>(10,3%)         | Ciechi (62,1%)                    |
| 60-69<br>(31%)   |                    |                             |                              |                                   |
| 70+<br>(3,4%)    |                    |                             |                              |                                   |

*Risultati*

L'interesse dei partecipanti per l'arte visiva è stato classificato come superiore o inferiore alla media (3,86 su scala Likert da 1 a 7). Le preferenze per la descrizione audio di opere d'arte (descrizioni oggettive: M=4,79, Dev.St 1,98 versus descrizioni soggettive: M=4,10, Dev.St 2,13) e per l'alt text (immagini in generale: M=5,10, Dev.St 1,83 versus M=3,5, Dev.St 2,13 su scala Likert 1-7) sono rappresentate nel grafico seguente.



*Grafico 5: grafico a baffi Traduzione: Oggettivo vs. Soggettivo. Blu: Audio descrizione oggettiva, Rosso: Audio descrizione soggettiva, Giallo: Alt text oggettivo, Verde: Alt text soggettivo*

Suddividendo i partecipanti in due categorie, basate su un interesse per l'arte visiva sopra e sotto la media, emerge che i partecipanti con un interesse per l'arte visiva al di sopra della media mostrano una maggiore propensione a preferire descrizioni audio soggettive ( $p=0,16 \sim 92\%$ ). Tali risultati evidenziano la crescente necessità di affiancare alle descrizioni oggettive degli elementi soggettivi, in modo da arricchire l'esperienza artistica e promuovere una più profonda comprensione dell'opera.

Abbiamo posto alcune domande ai partecipanti a risposta libera. In particolare, riportiamo qui di seguito alcune risposte alle domande:

- Motivi brevemente la sua risposta (punteggio sulla oggettività o soggettività di AD nelle opere d'arte)

**Tabella 5:** Motivazioni alla risposta

| Favorevoli                                                                                                                                                                                                                       | Contrari                                                                                                             | Neutre                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mi piace conoscere l'opinione degli altri.                                                                                                                                                                                       | Preferisco che un'opera mi venga descritta in modo realistico e neutrale in modo da formulare la mia interpretazione | Le mie risposte non significano che non apprezzi l'arte, semplicemente <i>non ho sufficiente competenza in materia.</i> |
| L'arte è interpretazione.                                                                                                                                                                                                        | La descrizione deve essere oggettiva, ma ben approfondita.                                                           |                                                                                                                         |
| Avendo già avuto in passato il dono della vista, posso integrare ed ampliare quanto ho nella mia memoria con le impressioni soggettive di terzi per aiutarmi a migliorare e qualificare l'immagine che ancora ho nella mia mente | Perche ognuno vedendo l'opera vede e interpreta in manier propria.                                                   |                                                                                                                         |
| Mi piace sentire le impressioni di chi descrive.                                                                                                                                                                                 | Preferisco avere un giudizio libero e non condizionato da letture soggettive.                                        |                                                                                                                         |
| Trovo che l'oggettività sia difficilmente applicabile ad un'opera d'arte. Se lo è, di fatto è svuotata di ogni                                                                                                                   | Se è oggettiva posso farmi un'idea più personale.                                                                    |                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                            |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>contenuto utile ai fini della fruizione dell'opera.</p> <p>preferisco un'interpretazione soggettiva (anche a rischio che sia parziale e non corrispondente a quella che avrei potuto farne io se avessi avuto i mezzi culturali e fisici per interpretare l'opera.</p> |                                                                            |  |
| <p>Mi piace conoscere l'opinione di chi mi accompagna.</p>                                                                                                                                                                                                                | <p>Per non essere influenzato nel pensare all'opera</p>                    |  |
| <p>Un parere soggettivo spinge a riflessioni più interessanti</p>                                                                                                                                                                                                         | <p>Preferisco un'interpretazione fedele alla realtà dell'opera d'arte.</p> |  |
| <p>Preferirei sempre avere la possibilità di 'leggere' personalmente l'opera, ma ciò non sempre è possibile e, pertanto, si deve usufruire anche di una interpretazione di terze persone.</p>                                                                             |                                                                            |  |

- Alla domanda conclusiva, “Qual è il tuo rapporto con l'arte?”, abbiamo raccolto alcune interessanti risposte, qui organizzate secondo la legenda: verde, rapporto positivo, Arancione, rapporto neutro, Rosso, rapporto negativo.

**Tabella 6:** Risposte alla domanda

|                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mi piace vedere cose belle, mi coinvolgono emotivamente                                                                                                                                      |
| Ne comprendo l'importanza e vorrei saperla apprezzare di più, ma sono generalmente piuttosto disinteressata                                                                                  |
| Il mio rapporto con l'arte è quasi inesistente                                                                                                                                               |
| Mi interessa eventualmente di arte soprattutto quando a fare da sottofondo è il contesto storico-politico.                                                                                   |
| Mi piace, m'incuriosisce.                                                                                                                                                                    |
| Non vedendo non posso avere molti rapporti con l'arte                                                                                                                                        |
| Avendo frequentato il liceo artistico, amo l'arte in ogni sua forma e manifestazione.                                                                                                        |
| FORTE                                                                                                                                                                                        |
| L'arte per persone 'non vedenti' come me, viene interpretata prima dal cervello nella sua razionalità per poi passare al cuore per conoscerne l'aspetto fantastico, almeno per me            |
| Mi interessa molto l'arte ed il mondo ad essa connesso perché mi permette di accrescere il mio bagaglio culturale, di avere incontri con persone interessanti e sviluppare rapporti creativi |
| Sapere di essere circondata da cose belle mi riempie di gioia                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rapporto attivo ogni giorno come artista                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Pessimo se si tratta di quadri e sculture, ottimo se di musica o letteratura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Alcuno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ho poche opportunità di spostarmi quindi fruisco dell'arte essenzialmente tramite il web Mi piace, la trovo un'esperienza arricchente e stimolante. Credo che la si dovrebbe rendere molto molto più a misura di bambino.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Essendo stato un insegnante per tanti e tanti anni nelle scuole speciali per non vedenti, ho sempre attribuito la massima attenzione alla modellatura. Il medesimo interesse ho cercato di infonderlo, in qualità di formatore, anche ai tanti e tanti docenti di sostegno. L'apprezzamento dell'arte in chi non vede non è un lusso, ma una priorità. L'ampliamento o l'apertura verso un mondo non sempre tridimensionale, ci taglierebbe fuori da quella quel mondo di sensibilità e dal gusto per il bello che non appartiene soltanto ne assolutamente a chi vede. |
| Non ho un rapporto sistematico e frequente con l'opera d'arte a causa delle difficoltà di accessibilità. Gli audiodescrittori mi aiuterebbero.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Mi ha sempre affascinato                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## Discussione

Lo studio ha evidenziato che, sebbene le descrizioni oggettive siano generalmente preferite, le persone con un maggiore interesse per l'arte tendono a preferire descrizioni soggettive, che includono elementi emotivi e interpretativi. Nella ricerca, emergono interessanti motivazioni per le quali si possa preferire una o l'altra tipologia di AD. Generalmente, si possono considerare due filoni principali: ho bisogno di oggettività per formare una mia percezione dell'opera, e, dall'altro lato, voglio conoscere l'impressione altrui per arricchire la mia esperienza. Questo risultato è in linea con le ricerche precedenti, come quelle di Soler Gallego (2019<sup>87</sup>, 2021<sup>88</sup>, 2023<sup>89</sup>), che sottolineano l'importanza della soggettività e della creatività nelle audiodescrizioni per arricchire l'esperienza artistica. Le audiodescrizioni oggettive, che forniscono informazioni fattuali sull'opera, sono state tradizionalmente considerate lo standard per garantire accessibilità.

Tuttavia, come evidenziato da Eardley et al. (2017, p.16)<sup>90</sup>, le descrizioni arricchite con elementi soggettivi possono migliorare l'esperienza museale, rendendola più coinvolgente e immersiva:

*“L'impiego di un ampio repertorio di immagini e metafore multisensoriali creerebbe un'esperienza più ricca per l'ascoltatore. / L'audiodescrizione può potenziare l'esperienza percettiva e, al tempo stesso, stimolare o evocare un livello più profondo di coinvolgimento cognitivo. / Il potenziale creativo di un'audiodescrizione multisensoriale e immersiva nei musei ha molteplici implicazioni, non da ultimo il fatto che*

---

<sup>87</sup> Soler Gallego, S. (2019). Defining subjectivity in visual art audio description. *Meta*, 64(3), 708-733. <http://dx.doi.org/10.7202/1070536ar>

<sup>88</sup> Soler Gallego, S. (2021). The minority AD: Creativity in audio descriptions of visual art. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 308-327). Cham: Springer. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78095-1\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78095-1_23)

<sup>89</sup> Soler Gallego, S. (2023). Diversity of experience: action, sensation, and immersion in audio descriptions of (visual) art. *Universal Access in the Information Society*, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s10209-023-01003-z>

<sup>90</sup> Eardley, A.F., Fryer, L., Hutchinson, R., Cock, M., Ride, P., Neves, J. (2017). Enriched Audio Description: Working Towards an Inclusive Museum Experience. In: Halder, S., Assaf, L. (eds) *Inclusion, Disability and Culture*. Inclusive Learning and Educational Equity, vol 3. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55224-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55224-8_13) (Traduzione a cura dell'autrice)

*essa possa arricchire l'esperienza delle persone vedenti insieme a quella dei loro pari con disabilità visiva.”*

Questo approccio è supportato anche da Holsanova (2021)<sup>91</sup>, che esplora il ruolo dell'immaginazione mentale e dell'embodiment nella fruizione dell'arte attraverso audiodescrizioni. L'imagery mentale è:

*“l'invenzione o ricreazione mentale di un'esperienza che in almeno alcuni aspetti assomiglia all'esperienza di percepire realmente un oggetto o un evento.”* (Finke, 1989)<sup>92</sup>

La loro imagery mentale è spesso rappresentata in modo molto spaziale, e invece di essere visiva è più dipendente dall'embodiment e dall'imagery aptica e motoria. Quando ascolta l'AD, il pubblico target può riconoscere le espressioni corporee, le emozioni e i sentimenti descritti dalle proprie precedenti esperienze fisiche e coinvolgersi attraverso l'embodiment (Holsanova, 2021).

L'uso di tecnologie assistive e piattaforme digitali, è emerso come un elemento chiave per migliorare l'accessibilità. Doore et al. (2024, p.12)<sup>93</sup> sottolineano l'importanza di descrizioni accessibili stratificate e di approcci multimodali per supportare l'esplorazione artistica non visiva, auspicando una collaborazione tra tecnologie IA e esperti umani per migliorare l'accessibilità museale. Secondo i loro studi, infatti L'IA sa riconoscere gli elementi base (“barca”, “castello”), ma fatica a descrivere relazioni spaziali complesse o a contestualizzare in modo ricco. La soluzione proposta quindi è la sinergia tra l'IA e l'umano, poichè

---

<sup>91</sup> Holsanova, J. (2021). Audio description of art: the role of mental imagery and embodiment. *Lund University Cognitive Studies*, (181), 1-19 <https://www.lucs.lu.se/publications/lund-university-cognitive-studies/>

<sup>92</sup> Finke, R. A. 1989. *Principles of Mental Imagery*. Cambridge, MA: MIT Press (Traduzione a cura dell'autrice)

<sup>93</sup> Doore, S. A., Istrati, D., Xu, C., Qiu, Y., Sarrazin, A., & Giudice, N. A. (2024). Images, Words, and Imagination: Accessible Descriptions to Support Blind and Low Vision Art Exploration and Engagement. *Journal of Imaging*, 10, 26. <http://dx.doi.org/10.3390/jimaging10010026> (Traduzione a cura dell'autrice)

*“I nostri risultati dimostrano che i modelli attuali non sono in grado di generare le descrizioni dettagliate preferite dai nostri partecipanti BLV. Tuttavia, riteniamo che il successo nella generazione di brevi descrizioni panoramiche adeguate [...] porterà a disporre, all’interno dei modelli di didascalizzazione delle immagini, di sufficienti informazioni spaziali da supportare in futuro la costruzione di modelli mentali da parte delle persone BLV.”*

Questo approccio è in linea con le raccomandazioni di Snyder (2020)<sup>94</sup>, che sottolinea l’importanza di formare professionisti nell’uso di strumenti digitali per creare audiodescrizioni efficaci.

La soggettività nelle audiodescrizioni è stata esplorata in profondità da Soler Gallego (2019, 2021, 2023), che ha proposto metodi per studiare e integrare elementi interpretativi nelle descrizioni. Ad esempio, Colmenero & Gallego (2020)<sup>95</sup> hanno analizzato l’uso di metafore nelle audiodescrizioni per musei d’arte, dimostrando che queste possono rendere le descrizioni più creative e coinvolgenti. Allo stesso modo, Luque & Gallego (2018)<sup>96</sup> hanno sviluppato un metodo per studiare la soggettività nelle audiodescrizioni, evidenziando come l’inclusione di elementi emotivi possa migliorare la comprensione e l’apprezzamento dell’arte. I risultati dello studio suggeriscono che le istituzioni culturali dovrebbero adottare un approccio bilanciato, combinando descrizioni oggettive e soggettive per soddisfare le diverse esigenze del pubblico. Hadley & Rieger (2021)<sup>97</sup> hanno sottolineato l’importanza di un design partecipativo, coinvolgendo le persone con disabilità visive nella creazione delle audiodescrizioni per garantire che

---

<sup>94</sup> Snyder, J. (2020). *The visual made verbal: A comprehensive training manual and guide to the history and applications of audio description*. Æ Academic Publishing

<sup>95</sup> Colmenero, M. O. L., & Gallego, S. S. (2020). Metaphor as creativity in audio descriptive tours for art museums: from description to practice. *Journal of Audiovisual Translation*, 3(2), 64-78. <http://dx.doi.org/10.47476/jat.v3i2.2020.128>

<sup>96</sup> Luque, M. O., & Gallego, S. S. (2018). Paintings to my ears: A method of studying subjectivity in audio description for art museums. *Linguistica Antverpiensia, New Series—Themes in Translation Studies*, 17. <https://doi.org/10.52034/lanstts.v17i0.472>

<sup>97</sup> Hadley, B., & Rieger, J. (2021). Co-designing choice: objectivity, aesthetics and agency in audio-description. *Museum Management and Curatorship*, 36(2), 189-203. <http://dx.doi.org/10.1080/09647775.2021.1878469>

siano efficaci e inclusive. Inoltre, Perego (2017)<sup>98</sup> ha evidenziato la necessità di standardizzare le norme per le audiodescrizioni, specialmente in contesti come l'Italia, dove l'accessibilità è ancora in fase di sviluppo.

Al netto delle considerazioni “tecniche” emerge un importante elemento rispetto al coinvolgimento del pubblico con disabilità visiva. Nel chiedere loro quale fosse il loro rapporto con l'arte, sono state raccolte frasi come:

*“Non vedendo non posso avere molti rapporti con l'arte” “Non ho un rapporto sistematico e frequente con l'opera d'arte a causa delle difficoltà di accessibilità. Gli audiodescrittori mi aiuterebbero.” “Le mie risposte non significano che non apprezzi l'arte, semplicemente non ho sufficiente competenza in materia.”*

Resta quindi da comprendere se l'impiego di maggiori risorse nel rendere i musei luoghi più accessibili e con servizi dedicati sempre più all'avanguardia, possa colmare quel gap ancora, evidentemente, esistente.

### *Conclusioni*

Lo studio conferma che le audiodescrizioni sono uno strumento essenziale per rendere l'arte visiva accessibile alle persone cieche o ipovedenti. Tuttavia, per massimizzare l'impatto di queste descrizioni, è opportuno integrare elementi soggettivi e creativi, specialmente per un pubblico con un forte interesse per l'arte. Benché la soggettività nell'interpretazione dell'arte sia certamente un tema meritevole di ulteriori approfondimenti al di fuori dell'ambito di questa ricerca, i risultati ottenuti indicano chiaramente che occorre prestare maggiore attenzione a questo aspetto nello studio dell'educazione artistica per persone con disabilità visive. Studi futuri potrebbero supportare l'inclusione di descrizioni audio

---

<sup>98</sup> Perego, E. (2017). Audio description norms in Italy: state of the art and the case of “Senza Barriere”. *Rivista Internazionale di Tecnica della Traduzione*, 19, 207-228.

soggettive, specialmente attraverso l'uso di tecnologie assistive e piattaforme digitali.

## **2.4 MyPov App: migliorare l'Art Experience per non vedenti**

Questa sezione, invece, riporta un estratto di un lavoro di ricerca che è stato naturale conseguenza del precedente paragrafo ed oggetto di discussione all'interno della prestigiosa conferenza ARICON 2024 in Oxford, i cui atti non sono ancora disponibili alla stesura del presente elaborato.

L'arte funge spesso da linguaggio universale di creatività, memoria culturale e critica sociale. I musei, in quanto istituzioni civiche, svolgono il ruolo essenziale di custodi delle opere d'arte e dei manufatti storici, trasformandosi in punti focali per l'educazione del pubblico, la conservazione del patrimonio e la contemplazione estetica (Soler Gallego, 2019)<sup>87</sup>. Tuttavia, per le persone cieche o ipovedenti, l'ambiente museale può risultare ostico a causa di barriere come opportunità tattili inadeguate, scarsa presenza di etichette in braille, esiguo numero di visite guidate adattate alla cecità e un'attenzione generalmente rivolta quasi esclusivamente alla dimensione visiva. L'audiodescrizione (AD) è emersa come un importante strumento per ridurre queste distanze, offrendo narrazioni verbali dettagliate che traducono gli elementi visivi in una forma di comunicazione più accessibile. In genere, le istituzioni che forniscono AD si sono orientate verso uno stile neutro o "oggettivo", mirato a rispettare l'autonomia dell'utente e a evitare ciò che potrebbe essere percepito come un'imposizione di un bias curatoriale o personale, come suggeriscono le linee guida internazionali già menzionate.<sup>77-78</sup>

Ciononostante, questo approccio "oggettivo" è stato sempre più messo in discussione nel dibattito accademico. Alcuni studiosi hanno rilevato che la pura oggettività rischia di ridurre l'arte a un inventario clinico di forme, colori e disposizioni spaziali, trascurando gli aspetti simbolici, emotivi o contestuali che conferiscono all'opera un significato profondo per il pubblico. Un semplice riassunto fattuale, ad esempio, potrebbe omettere tali livelli di interpretazione, negando all'utente cieco o ipovedente l'accesso

a quella ricca dimensione interpretativa che un visitatore vedente potrebbe invece cogliere in modo intuitivo dai segnali visivi dell'opera.

Questa tensione tra dettaglio fattuale e dimensione interpretativa ha portato a evoluzioni nella pratica museale a livello internazionale. Tali sviluppi sono stati influenzati dall'enfasi crescente sul modello sociale della disabilità, secondo il quale molte delle barriere affrontate dalle persone disabili derivano dalle strutture e dagli atteggiamenti sociali, più che dalle limitazioni individuali (Oliver, 1990).<sup>99</sup> Se i musei scelgono di presentare l'arte in una modalità che escluda la sfumatura interpretativa e la risonanza emotiva, possono inavvertitamente rafforzare quelle barriere che impediscono a molti visitatori di accedere a dimensioni intangibili ma essenziali del significato di un'opera. L'UNESCO ha esortato le istituzioni culturali ad adottare pratiche tese a facilitare una partecipazione significativa (UNESCO, 2015),<sup>100</sup> possibile solo se si ricrea un ambiente in cui la persona con disabilità avverte coinvolgimento.

Nel contesto della traduttologia, l'AD è vista come una forma di traduzione intersemiotica, ovvero che converte un'immagine in linguaggio, sollevando questioni di equivalenza, fedeltà e creatività (Fryer, 2016).<sup>80</sup> MyPov Project, unendo dettagli fattuali a contributi interpretativi generati dagli utenti, si fonda su un'ampia base di dibattiti teorici e innovazioni pratiche. Non si limita a migliorare la fruizione artistica, ma sollecita una riflessione più profonda sullo spazio culturale condiviso in cui comunità vedenti e non vedenti possono incontrarsi, interagire e arricchire collettivamente la comprensione dell'arte.

In molti aspetti, questo progetto rispecchia un'evoluzione più ampia dell'accessibilità culturale, che travalica la dicotomia semplicistica tra descrizione oggettiva e commento soggettivo. Al contrario, esso prefigura un futuro in cui l'audiodescrizione diventi dinamica, personalizzata e co-

---

<sup>99</sup> Oliver, M. (1990). *Politics of Disablement*. Palgrave Macmillan

<sup>100</sup> UNESCO. (2015). Recommendation on the Protection and Promotion of Museums and Collections. Paris: UNESCO

creata. I musei possono trasformarsi in laboratori di sperimentazione sociale, dove tecnologie inclusive come MyPov stimolano sinergie creative e interpretazioni condivise, abbattendo le barriere che in passato hanno relegato le persone cieche o ipovedenti ai margini della vita culturale. In questo contesto, l'arte rimane un patrimonio universale e un dialogo aperto, che invita alla partecipazione di tutti, a prescindere dalla capacità visiva.

### *Metodo*

Per stabilire una solida base concettuale ed empirica per il MyPov Project, si è effettuata una revisione sistematica della letteratura e delle applicazioni esistenti, seguendo la metodologia PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).<sup>16</sup> Il percorso metodologico si è articolato in due obiettivi paralleli. Il primo ha riguardato l'analisi del continuum tra oggettività e soggettività nell'audiodescrizione museale, attraverso la consultazione di articoli accademici e atti di conferenze pubblicati dal 2016 in poi. Il secondo, con un taglio più tecnologico, si è concentrato sull'identificazione di soluzioni digitali (attuali o emergenti) che sfruttino dispositivi mobili, IA o contributi degli utenti per migliorare l'accessibilità dell'arte alle persone cieche o ipovedenti.

Prima di condurre ricerche nelle banche dati (SCOPUS, Web of Science, Google Scholar), il gruppo di ricerca ha definito criteri di inclusione chiari, dando priorità a studi e tecnologie che trattassero la disabilità visiva in ambito museale, il dibattito sull'oggettività versus soggettività e fossero pubblicati in inglese, italiano, spagnolo o francese tra il 2016 e luglio 2024. Sono stati esclusi lavori più datati o tangenziali, prototipi non pertinenti agli spazi museali e documenti in lingue non accessibili al team. Questa strategia ha prodotto un set di 32 articoli accademici o atti di conferenze e 4 applicazioni o prototipi digitali volti a migliorare la fruizione artistica. Una valutazione completa dei testi ha ulteriormente ridotto il corpus in base alla rilevanza e alla solidità metodologica.

In definitiva, due applicazioni sono state selezionate per un'analisi più approfondita: MultiArt e MusA, entrambe con differenti livelli di contenuto fattuale e interpretativo.

### *Risultati*

Applicazioni come MultiArt (The Douglas MortimerS)<sup>101</sup> e MusA (Ahmetovic, 2023)<sup>102</sup> hanno ispirato la creazione del modello di MyPov App.

### *Discussione*

Il leggero scarto nelle preferenze per le descrizioni oggettive rispetto a quelle soggettive (4,79 vs. 4,10) della ricerca di cui al sottocapitolo precedente, indica che molti partecipanti apprezzano o accettano in una certa misura la componente interpretativa, pur ritenendo fondamentali le informazioni basate sull'oggetto stesso. Parallelamente, coloro che nutrono un maggiore interesse per le arti visive si dichiarano più favorevoli alla soggettività, a conferma del ruolo significativo giocato da motivazioni personali, conoscenze pregresse e gusti individuali. Riflettere su come convertire in parole le percezioni visive induce a una maggiore sensibilità verso le sfide sensoriali incontrate da chi non vede (Neves, 2012).<sup>69</sup>

Si propone ora un riepilogo delle funzionalità dell'applicazione per come è stata concepita.

L'applicazione si presenta con un'interfaccia flessibile che risponda alle esigenze sia degli utenti vedenti sia di quelli non vedenti o ipovedenti, offrendo due modalità di utilizzo (user mode) distinte e un set di funzioni che consentono una fruizione personalizzata delle opere d'arte.

---

<sup>101</sup> Artribune. (2024, Gennaio 15). *MultiArt, l'app per ascoltare le opere d'arte*. <https://www.artribune.com/progettazione/new-media/2024/01/multiart-app-ascoltare-opere-arte/>

<sup>102</sup> Ahmetovic, D., Bernareggi, C., Keller, K., & Mascetti, S. (2021). MusA: Artwork accessibility through augmented reality for people with low vision. In *Proceedings of the 18th International Web for All Conference (W4A '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 1, 1–9. [10.1145/3430263.3452441](https://doi.org/10.1145/3430263.3452441)

## 1. **Modalità Utente** (User Mode)



*Figura 8: le due modalità utente, Vedente, Cieco*

### *Modalità Vedente*

- Interfaccia grafica pensata per un uso touch-screen o mouse/monitor, con icone e layout ad alta leggibilità.
- Possibilità di inserire contenuti (ad es. impressioni personali sull'opera) sotto forma di testo o di note vocali.
- Sezioni di navigazione immediate: ricerca, pubblicazione di impressioni, chat con Lisa, impostazioni dell'account.

### *Modalità Non Vedente*

- Compatibile con screen reader (ad esempio VoiceOver su iOS e TalkBack su Android).
- Layout lineare con pulsanti e menù opportunamente etichettati (alt text e descrizioni testuali).
- Comandi vocali per interagire con le funzioni chiave (ricerca, consultazione delle impressioni, conversazione con il chatbot Lisa).

- Feedback audio/tattile per segnalare l'avvenuta selezione e l'esecuzione dei comandi.

## 2. *Funzionalità Principali*

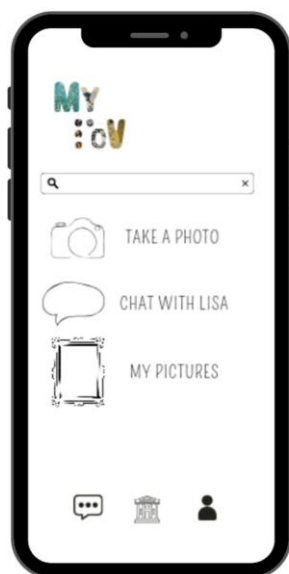


*Figura 9: Funzionalità dell'applicazione Traduzione: Fai una foto; Parla con Lisa, Le mie foto*

### A. *Ricerca dell'Opera tramite Google Lens*

1. Fotografare o inquadrare l'opera con la fotocamera dello smartphone: grazie all'integrazione con Google Lens, l'applicazione è in grado di riconoscere l'opera (o qualcosa di molto simile, se si tratta di una riproduzione o di un'immagine parziale).
2. Riconoscimento automatico: una volta identificata l'opera o un set di possibili opere, l'app mostra (o comunica vocalmente, in modalità non vedente) le informazioni di base: titolo, autore, eventuale data di creazione.
3. Accesso alla scheda opera: da qui, l'utente può scegliere di consultare le impressioni soggettive lasciate da altri utenti, interagire con il chatbot per maggiori informazioni o contribuire con le proprie impressioni.

### B. *Impressioni Soggettive degli Utenti*

1. Ascoltare o leggere le impressioni: l'utente ha la possibilità di accedere alle riflessioni, reazioni o descrizioni soggettive pubblicate da altri.
  - In Modalità Vedente: si presentano in forma testuale o di brevi clip audio lasciate dagli utenti.
  - In Modalità Non Vedente: i contenuti testuali sono disponibili tramite screen reader, mentre le note audio sono direttamente riproducibili.
2. Lasciare la propria impressione: chiunque, sia vedente sia non vedente, può registrare un contenuto scritto o vocale che descriva le proprie sensazioni, interpretazioni o reazioni all'opera.
  - L'applicazione fornisce suggerimenti per aiutare l'utente a strutturare il contributo (ad es. "Descrivi brevemente l'emozione suscitata dall'opera").
  - Un sistema di moderazione (eventualmente supportato da un'IA) valuta la pertinenza e l'adeguatezza dei contenuti prima della pubblicazione, per evitare spam o contenuti offensivi.

### *C. Chatbot "Lisa" per Informazioni Personalizzate*

1. Conversazione con Lisa: l'utente può porre domande su storia, interpretazioni artistiche, contesto culturale e altre curiosità relative all'opera.
  - Il chatbot utilizza un motore di intelligenza artificiale addestrato su fonti attendibili (documentazione museale, testi critici, dati storici) per fornire risposte esaustive.
2. Personalizzazione del livello di dettaglio: Lisa può adattare la propria risposta in base alle preferenze dell'utente (ad esempio, breve riepilogo, descrizione dettagliata, approfondimenti tecnici o interpretazioni storiche).
3. Approfondimenti emotivi/interpretativi: oltre alle informazioni oggettive, l'utente può richiedere descrizioni più "soggettive" o

interpretative, includendo anche eventuali contributi degli storici dell'arte o di altri utenti.

4. Funzione di sintesi o “recap”: al termine della conversazione, Lisa può generare un riepilogo vocale o testuale, particolarmente utile per gli utenti non vedenti che desiderano salvare le informazioni raccolte durante la visita.

### **3. *Funzionamento pratico***

1. Apertura dell'App: all'avvio, l'utente sceglie se utilizzare la Modalità Vedente o Non Vedente (eventualmente, l'app può memorizzare questa preferenza).
2. Ricerca dell'Opera: tramite la funzione “Inquadra l'opera”, l'utente scatta una foto; l'IA confronta l'immagine con un database, trovando la corrispondenza più vicina.
3. Esplorazione dei Contenuti: una volta identificata l'opera, l'app propone tre sezioni principali:
  - Impressioni altrui: raccolta di reazioni soggettive lasciate da altri utenti (testo e/o audio).
  - Contribuisci: possibilità di registrare nuove impressioni personali (la piattaforma incoraggia la creatività e l'espressione libera, pur mantenendo linee guida di decoro).
  - Chat con Lisa: un pulsante dedicato avvia la conversazione con il chatbot, che risponde vocalmente o testualmente in base alla modalità selezionata.
4. Navigazione e Interfaccia Adattata:
  - In Modalità Vedente: l'app fornisce un layout con icone, pulsanti e una barra di navigazione intuitiva.
  - In Modalità Non Vedente: l'app guida l'utente con feedback sonori, etichette testuali per lo screen reader e supporto ai comandi vocali.

5. Salvataggio e Condivisione: al termine, l'utente può salvare l'esperienza (per esempio, tenere traccia delle opere consultate) e/o condividere i propri commenti sui social o all'interno dell'app stessa.

### *Conclusioni*

MyPov nasce come risposta dinamica al nodo centrale dell'audiodescrizione museale: non l'alternativa secca tra "neutralità" e "interpretazione", ma un continuum guidato dall'utente. Accetta che la neutralità assoluta sia un miraggio e combina due registri: da un lato, informazioni essenziali e verificabili sui tratti dell'opera; dall'altro, spunti soggettivi capaci di attivare risonanze emotive e intellettuali.

Le evidenze raccolte, tra revisione sistematica e studio con partecipanti, mostrano che le descrizioni oggettive restano un fondamento, ma una parte del pubblico, soprattutto il più interessato all'arte, chiede anche chiavi interpretative. MyPov risponde integrando riflessioni personali, contributi della folla e moderazione assistita dall'IA, in linea con il design universale (Rose e Meyer, 2002)<sup>103</sup> e con la missione inclusiva dei musei.

---

<sup>103</sup> Rose, D., & Meyer, A. (2002). *Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning*. Alexandria, Association for Supervision and Curriculum Development.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11423-007-9056-3>



## Capitolo III

### **La Cognizione Spaziale in Bambini Ciechi ed Ipovedenti: tra Neuroscienze e Principi Educativi**

#### **3.1 Cognizione Spaziale in Bambini Ciechi e Ipovedenti Gravi: Stato dell'Arte**

Il presente capitolo intende approfondire i diversi componenti della cognizione spaziale, affrontandone in un primo momento l'analisi in termini generali, prescindendo dalla distinzione tra individui vedenti e non vedenti. In una seconda fase, l'attenzione sarà focalizzata sulle specificità che caratterizzano i soggetti ciechi, con particolare riferimento alla popolazione infantile.

La capacità di rappresentare e comprendere lo spazio che ci circonda è un aspetto centrale dello sviluppo cognitivo di tutti i bambini. Tale abilità, definita in modo ampio come “cognizione spaziale”, comprende competenze fondamentali quali l'orientamento, la localizzazione degli oggetti, la percezione delle distanze e la capacità di muoversi con sicurezza nell'ambiente. La comprensione delle abilità visuo-spaziali e del loro sviluppo rappresenta un tema centrale nello studio della cognizione umana, soprattutto in contesti educativi e riabilitativi. Queste abilità, che includono la percezione, l'orientamento, il pensiero spaziale e la memoria di lavoro visuo-spaziale, sono fondamentali per interagire con l'ambiente circostante e per svolgere compiti complessi come la navigazione, la risoluzione di problemi spaziali e la pianificazione motoria. Cornoldi e Vecchi (2003)<sup>104</sup> hanno fornito una classificazione dettagliata delle abilità visuo-spaziali, distinguendole come nella tabella che segue:

---

<sup>104</sup> Cornoldi C. e Vecchi T. (2003). *Visuo-Spatial Working Memory and Individual Differences*, Psychology Press, New York. pp. 16

**Tabella 7:** Classificazione dettagliata e assessment

| Abilità                      | Descrizione                                                                                                      | Test/strumenti di misurazione                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Organizzazione visiva        | La capacità di organizzare schemi incompleti, non perfettamente visibili o frammentati                           | Street Completion test (Street, 1931) <sup>105</sup> , Embedded Figures test (Witkin, Oltman, Raskin, & Karp, 1971) <sup>106</sup> , Hooper Visual Organisation test (Hooper, 1958) <sup>107</sup> , WAIS Object Assembly (Wechsler, 1944) <sup>108</sup> |
| Scansione visiva pianificata | La capacità di scansionare rapidamente ed efficientemente una configurazione visiva per raggiungere un obiettivo | Elithorn's Perceptual Maze test (Elithorn, Jones, Kerr, & Lee, 1964) <sup>109</sup> , Trail-making test (Spreen & Strauss, 1991) <sup>110</sup>                                                                                                           |
| Orientamento spaziale        | La capacità di percepire e ricordare                                                                             | Judgement of Line Orientation (Benton,                                                                                                                                                                                                                    |

<sup>105</sup> Street, R. F. (1931). *A Gestalt completion test*. Teachers College Contributions to Education, 481.

<sup>106</sup> Witkin, H. A., Oltman, P. K., Raskin, E., & Karp, S. A. (1971). *A manual for the embedded figures tests*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.

<sup>107</sup> Hooper, H. E. (1958). *The Hooper Visual Organization Test*. Manual. Los Angeles: Western Psychological Series.

<sup>108</sup> Wechsler, D. (1944). *The measurement of adult intelligence* (3rd ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins

<sup>109</sup> Elithorn, A., Jones, D., Kerr, M., and Lee, D. (1964). The effects of the variation of two physical parameters on empirical difficulty in a perceptual maze test. *British Journal of Psychology*. 55:31-37.

<sup>110</sup> Spreen, O. & Strauss, E. (1991). *A compendium of neuropsychological test*. New York: Oxford University Press.

|                                               |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               | un particolare orientamento spaziale o di orientarsi nello spazio in generale                                   | Hamsher, Varney, & Spreen, 1983) <sup>111</sup>                                                                                                                                                                                                                |
| Abilità visuo-ricostruttiva                   | La capacità di ricostruire un modello (disegnando o utilizzando elementi forniti) sulla base di un esempio dato | Koh's Blocks (vedi subtest Block Design nei test WAIS e WISC; Wechsler, 1945) <sup>112</sup> , Bender Gestalt test (Bender, 1938) <sup>113</sup> , Benton Visual Retention test (Benton, 1960) <sup>114</sup> , Complex Figure test (Rey, 1941) <sup>115</sup> |
| Capacità di generazione di immagini mentali   | La capacità di generare rapidamente immagini mentali visuo-spaziali vivide                                      | VVIQa (Marks, 1972) <sup>116</sup>                                                                                                                                                                                                                             |
| Capacità di manipolazione di immagini mentali | La capacità di manipolare un'immagine mentale visuo-spaziale per                                                | Mental Rotation test (Vandenberg & Kuse, 1978) <sup>117</sup> , Spatial Subtest of DATb                                                                                                                                                                        |

<sup>111</sup> Benton, A. L., Hamsher, K. D., Varney, N. R., & Spreen, O. (1983). *Contributions to neuropsychological assessment. A clinical manual*. Oxford: Oxford University Press.

<sup>112</sup> Wechsler, D. (1945). A standardized memory scale for clinical use. *Journal of Psychology*, 19, 87–95.

<sup>113</sup> Bender, L. (1938). *A visual motor Gestalt test and its clinical use*. Research Monographs, American Orthopsychiatric Association, No. 3, xi + 176.

<sup>114</sup> Benton, A. L. (1960). *Test de rétention visuelle. Manuel d'application*. Paris: CPA.

<sup>115</sup> Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. *Archives de Psychologie*, 28, 286–340.

<sup>116</sup> Marks, D. F. (1972). Individual differences in the vividness of visual imagery and their effect on function. In P. W. Sheehan (Ed.), *The function and nature of imagery* (pp. 83–108). New York: Academic Press.

<sup>117</sup> Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599–604.

|                                                   |                                                                            |                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | trasformarla o valutarla                                                   | (Bennett, Seashore, & Wesman, 1954) <sup>118</sup>                                                 |
| Memoria a breve termine sequenziale spaziale      | La capacità di ricordare una sequenza di diverse posizioni                 | Corsi test (Milner, 1971) <sup>119</sup> , Tomal Subtests (Reynolds & Bigler, 1996) <sup>120</sup> |
| Memoria visuo-spaziale simultanea a breve termine | La capacità di ricordare diverse posizioni presentate simultaneamente      | Visual Pattern test (Della Sala, Gray, Baddeley, & Wilson, 1997) <sup>121</sup>                    |
| Memoria visiva                                    | La capacità di ricordare informazioni visive                               | Contributo della memoria nel Complex Figure test (Rey, 1941) <sup>115</sup>                        |
| Memoria spaziale a lungo termine                  | La capacità di mantenere informazioni spaziali per lunghi periodi di tempo | Spatial Labyrinth (Milner, 1971) <sup>119</sup>                                                    |

Questa categorizzazione ha permesso di comprendere meglio come queste competenze siano interconnesse e come contribuiscano alla nostra capacità di muoverci e agire nello spazio. In questa review ci occupiamo di analizzare alcune di esse. Per una comprensione visiva del complesso argomento che stiamo trattando, si propone lo schema qui di seguito.

<sup>118</sup> Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. *A manual for the Differential Aptitude Tests*. New York: The Psychological Corporation, 1947; second edition 1954.

<sup>119</sup> Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27, 272–277.

<sup>120</sup> Reynolds, C. E., & Bigler, E. D. (1996). Factor structure, factor indexes, and other useful statistics for interpretation of the Test of Memory and Learning (TOMAL). *Archives of Clinical Neuropsychology*, 11, 29–43.

<sup>121</sup> Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A. D., & Wilson, L. (1997). *The Visual Patterns Test: A test of short-term visual recall*. Bury St Edmunds, UK: Thames Valley Test Company.

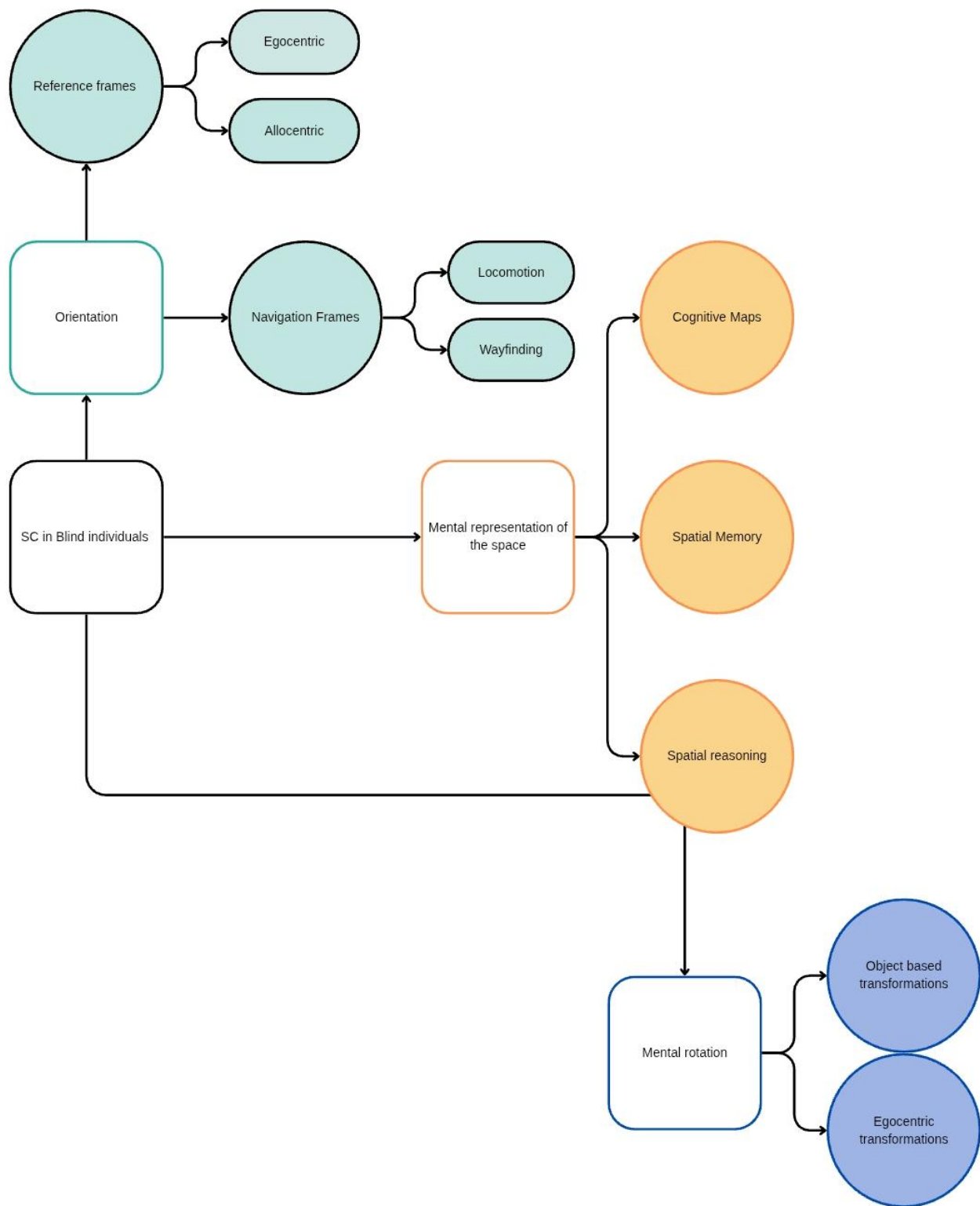


*Figura 10: Cognizione Spaziale negli individui ciechi: Orientamento, Rappresentazione mentale dello spazio, Rotazione Mentale; Orientamento: Schemi di riferimento; Egocentrico, Allocentrico e Schemi di Navigazione, Locomotion, Wayfinding; Rappresentazione mentale dello spazio: Mappe cognitive, Memoria Spaziale, Ragionamento Spaziale; Rotazione mentale: Trasformazioni basate sull'oggetto; Trasformazioni egocentriche*

### 3.1.1 Rappresentazione mentale dello spazio

Approfondiamo più avanti il paragrafo dedicato all'orientamento e alle abilità e caratteristiche ad esso correlate. Il paragrafo è di particolare interesse per la parte sperimentale del presente lavoro e si è preferito inserirlo a ridosso dello stesso.

Ci concentriamo quindi sulle rappresentazioni mentali dello spazio, opportunamente suddivise in questa sede in Mappe Cognitive, Memoria Spaziale e Ragionamento spaziale.

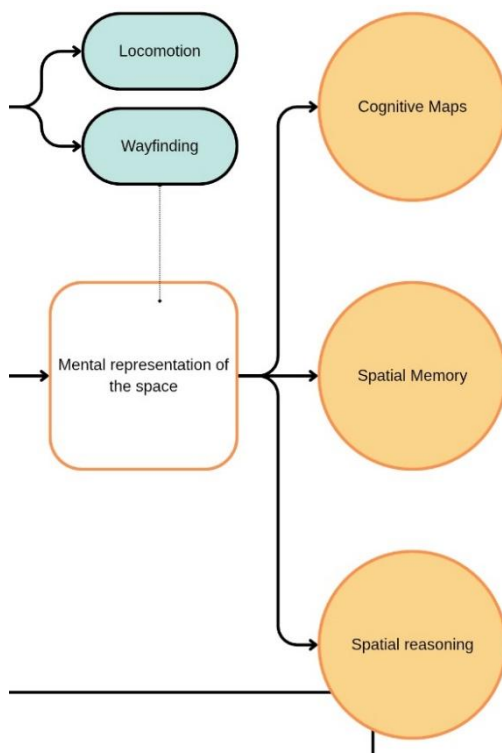


*Figura 11: Rappresentazione mentale dello spazio*

Il termine mappa cognitiva indica una rappresentazione mentale organizzata dello spazio che consente a un individuo di orientarsi, pianificare percorsi e prendere decisioni spaziali. L'idea è stata introdotta in psicologia sperimentale da Tolman per descrivere come i ratti apprendono la struttura di un labirinto non solo attraverso risposte condizionate, ma

costruendo una rappresentazione interna dello spazio esplorato (Tolman, 1948)<sup>122</sup>. La nozione è stata successivamente ampliata nelle neuroscienze cognitive e nella ricerca sul comportamento spaziale umano. Una mappa cognitiva funziona come un modello allocentrico dell'ambiente (cioè indipendente dalla posizione dell'osservatore), capace di integrare informazioni da diverse modalità sensoriali (visive, uditive, tattili, vestibolari, propriocettive) e di supportare processi come pianificazione di percorsi, identificazione di scorciatoie e stima delle relazioni metriche tra punti nello spazio. A livello neurale, la letteratura collega la costruzione e l'uso delle mappe cognitive all'attività di strutture medial del lobo temporale (ippocampo e circuiti correlati), ruolo particolarmente evidenziato da ricerche su animali e umani (Epstein, 2017).<sup>123</sup>

La domanda centrale per la disabilità visiva è se la visione sia necessaria per costruire mappe cognitive ricche e funzionali. La risposta, sulla base della letteratura comportamentale e neuroscientifica, è no nel senso assoluto: individui privi di visione possono sviluppare rappresentazioni spaziali complesse utilizzando input non-visivi (uditivi, tattili, propriocettivi/vestibolari) e strategie compensative, ma l'efficacia e la natura di tali mappe dipendono fortemente da fattori quali età di insorgenza della cecità (congenita vs acquisita), esperienze di esplorazione attiva e strumenti di supporto (per es. mappe tattili o istruzioni verbali). Review e studi sperimentali mostrano pattern misti: in molte prove i ciechi congeniti (CB) mostrano capacità di navigazione e mappatura corrette (soprattutto se addestrati), ma in altri compiti, specie quando è richiesta integrazione visuo-spaziale fine o valutazioni metriche precise, emergono differenze rispetto ai vedenti (Schinazi, 2016).<sup>124</sup>

---

<sup>122</sup> Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*. 55(4), 189–208. <https://doi.org/10.1037/h0061626>

<sup>123</sup> Epstein, R. A., Patai, E. Z., Julian, J. B., & Spiers, H. J. (2017). The cognitive map in humans: spatial navigation and beyond. *Nature neuroscience*, 20(11), 1504–1513. <https://doi.org/10.1038/nn.4656>

<sup>124</sup> Schinazi, V. R., Thrash, T., & Chebat, D. R. (2016). Spatial navigation by congenitally blind individuals. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 7(1), 37–58. <https://doi.org/10.1002/wcs.1375>

La costruzione delle mappe cognitive nei bambini con disabilità visiva rappresenta un ambito di grande interesse teorico e pratico, poiché permette di comprendere lo sviluppo della cognizione spaziale e di progettare interventi educativi e riabilitativi mirati (Ungar, Blades e Spencer, 1996).<sup>125</sup>

Le prime ricerche in materia si sono mosse lungo tre direttrici teoriche principali. La *Deficiency Theory* sosteneva che l'assenza di esperienza visiva precludesse l'acquisizione di concetti spaziali (Von Senden, 1932)<sup>126</sup>, mentre la *Inefficiency Theory* proponeva che i bambini ciechi congeniti sviluppassero rappresentazioni spaziali funzionali, ma qualitativamente inferiori rispetto a quelle dei vedenti (Rieser, 1990).<sup>127</sup> Successivamente, la *Difference Theory* ha messo in luce come i bambini ciechi possano raggiungere competenze spaziali comparabili a quelle dei vedenti, pur adottando strategie e tempi differenti (Juurmaa, 1973<sup>128</sup>; Millar, 1988<sup>129</sup> Ungar, 1996). Queste prospettive suggeriscono che la mancanza di visione non costituisca un limite insormontabile, ma richieda approcci specifici e mirati all'apprendimento dello spazio.

La distinzione tra spazi di piccola e grande scala fornisce ulteriori indicazioni sulle modalità di codifica spaziale. Nei contesti di piccola scala, i bambini ciechi tendono a orientarsi attraverso riferimenti egocentrici, basati sul proprio corpo e sui propri movimenti, mentre i vedenti privilegiano strategie allocentriche, fondate sui rapporti tra oggetti nello spazio (Millar, 1988). Tuttavia, alcuni bambini ciechi utilizzano anche

---

<sup>125</sup> Ungar, S., Blades, M., Spencer, C. (1996). The Construction of Cognitive Maps by Children with Visual Impairments. In: Portugali, J. (eds) *The Construction of Cognitive Maps*. GeoJournal Library, vol 32. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1_11)

<sup>126</sup> Senden, S.M.von (1932). *Space and Sight: the Perception of Space and Shape in the Congenitally Blind Before and After Operation*. Glencoe, IL: Free Press.

<sup>127</sup> Rieser, J.J. (1990). Development of perceptual-motor control while walking without vision: the calibration of perception and action. In *Sensory-Motor Organizations and Development in Infancy and Early Childhood* (H. Bloch and B.I. Berenthal, eds.). Kluwer Academic Publishers.

<sup>128</sup> Juurmaa, J. (1973). Transposition in mental spatial manipulation: a theoretical analysis. *American Foundation for the Blind Research Bulletin* 26, 87-134.

<sup>129</sup> Millar, S. (1988). Models of sensory deprivation: the nature/nurture dichotomy and spatial representation in the blind. *International Journal of Behavioural Development* 11, 69-87.

riferimenti esterni, dimostrando che lo sviluppo di rappresentazioni allocentriche non dipende esclusivamente dalla vista (Ungar et al., 1996, pp. 250–252).

Quando si considerano spazi di grande scala o ambienti familiari, emerge un approccio pragmatico alla rappresentazione spaziale. I bambini ciechi costruiscono mappe basate sui percorsi abituali e sulle funzioni pratiche degli spazi, più che su distanze geometriche o mappe globali integrate. In ambienti nuovi o sperimentali, la costruzione di rappresentazioni spaziali più complesse risulta più sfidante. I bambini ciechi tendono a sviluppare conoscenze sequenziali, organizzando lo spazio come una successione di tappe (route knowledge). Tuttavia, con l'esperienza guidata e il progresso dello sviluppo cognitivo, emergono progressivamente rappresentazioni più integrate, che si avvicinano a quelle tipiche dei vedenti (Ungar et al., 1996, pp. 256–261).

Un elemento chiave nel supportare questo processo è rappresentato dalle mappe tattili. Questi strumenti consentono ai bambini ciechi di apprendere simultaneamente la struttura di un ambiente, facilitando l'integrazione delle informazioni spaziali. Ungar (1994)<sup>130</sup> ha dimostrato che bambini di età compresa tra 5 e 11 anni ottenevano rappresentazioni più coerenti e dettagliate attraverso mappe tattili rispetto all'esplorazione diretta, suggerendo che tali strumenti favoriscono il passaggio da strategie egocentriche a strategie allocentriche (Ungar et al., 1996, pp. 268–269).

Passando ora ad analizzare il secondo componente delle Rappresentazioni Mentali, e dunque la Memoria Spaziale. Colleghiamo quest'ultima alle Mappe Cognitive attraverso il concetto di Abilità Visuo-Costruttive. Le Abilità Visuo-Costruttive rappresentano un dominio cruciale dello sviluppo cognitivo e motorio. Esse si fondano sulla capacità di analizzare i rapporti spaziali tra gli elementi di un modello, pianificare sequenze di azioni e riprodurle sia graficamente sia attraverso materiale

---

<sup>130</sup> Ungar, S.J. (1994). *The Ability of Young Visually Impaired Children to Use Tactile Maps*. Unpublished PhD, University of Sheffield.

concreto. Secondo Gagliardi e Negri (2018)<sup>131</sup>, tali abilità implicano processi attentivi complessi (attenzione sostenuta e flessibilità attentiva), memoria di lavoro e capacità inferenziali. La progressione riabilitativa prevede attività via via più complesse, dal disegno alla costruzione fino alla rappresentazione di mappe cognitive, con l'obiettivo di sostenere la pianificazione e l'organizzazione del compito. Queste competenze risultano strettamente legate allo sviluppo della coordinazione motoria fine e delle abilità grafiche, e richiedono strategie specifiche di facilitazione ed esercizi orientati al miglioramento dell'integrazione percettivo-motoria.

La memoria di lavoro visuo-spaziale (MLVS) gioca un ruolo altrettanto importante. Secondo il modello di Baddeley (2000)<sup>132</sup>, (Figura 12)

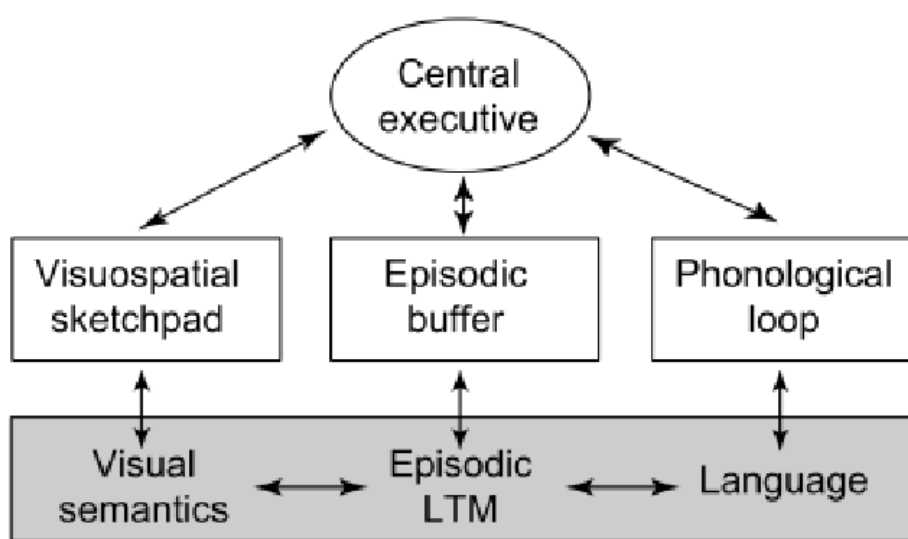


Figura 12: Modello della MLVS proposto da Baddeley, 2000 Esecutivo centrale, Taccuino visuo-spaziale, Buffer Episodico, Loop fonologico, semantica visiva, Memoria a lungo termine episodica, Linguaggio

la MLVS è un sistema che mantiene e manipola informazioni visive e spaziali, permettendoci di ricordare la posizione degli oggetti e di aggiornare

<sup>131</sup> Gagliardi C. e Negri L., (2018). *Percorsi di riabilitazione. I disturbi visuocognitivi. Strategie e materiali operativi*, Erikson.

<sup>132</sup> Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component in working memory? Cap. 4, pp. 417-423, *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)

la nostra rappresentazione mentale dello spazio mentre ci muoviamo. Cornoldi e Vecchi<sup>104</sup> propongono un modello di memoria di lavoro a forma di cono, che introduce due dimensioni principali:

- **Dimensione Verticale:** rappresenta il grado di controllo cognitivo richiesto per un compito. Questo continuum va da processi passivi, che richiedono un controllo attentivo minimo (simili ai sottosistemi del modello multi-componenziale di Baddeley), fino a processi attivi, che richiedono un alto livello di controllo cognitivo (paragonabili al sistema Esecutivo Centrale). Cornoldi e Vecchi sottolineano che un compito non può essere definito come esclusivamente attivo o passivo, ma piuttosto ogni processo può essere collocato lungo un continuum di controllo, con diversi livelli di impegno cognitivo.
- **Dimensione Orizzontale:** la dimensione orizzontale, invece, riguarda la natura percettiva dell'input da elaborare. A un estremo del continuum si trova il materiale spaziale, mentre all'altro estremo si colloca il materiale verbale. Tra questi due poli si situano sistemi periferici legati a informazioni visive e tattili. Cornoldi e Vecchi evidenziano che non esistono sottosistemi discreti e specifici per ogni tipo di materiale, ma piuttosto una dimensione continua in cui i sistemi sono più o meno vicini tra loro. Ad esempio, gli aspetti visivi e spaziali sono abbastanza vicini da sfumare l'uno nell'altro, mentre gli aspetti visuo-spaziali e verbali sono più distanti.

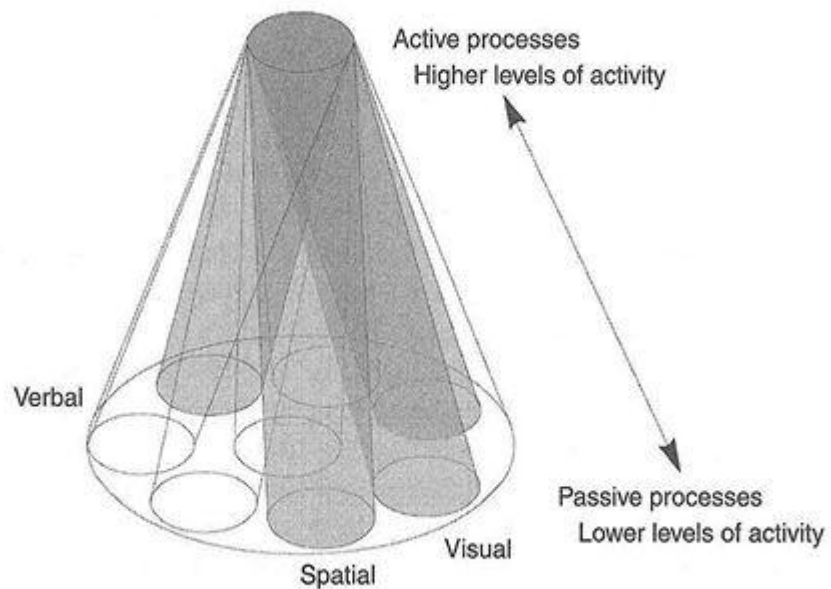


*Figura 13: Modello del continuum Cornoldi, Vecchi (2000); Processi attivi, alti livelli di attività, processi passivi, bassi livelli di attività, Verbali, Spaziali, Visive*

Rispetto al modello multi-componenziale di Baddeley, il modello di Cornoldi e Vecchi offre una visione più flessibile e integrata della memoria di lavoro. Mentre il modello di Baddeley separa chiaramente i sottosistemi (come l'anello fonologico e il taccuino visuo-spaziale), il modello del continuum permette di attribuire diversi gradi di controllo ai compiti e di assegnare anche ai processi centrali una certa specificità materiale-dipendente. In altre parole, il modello di Cornoldi e Vecchi riconosce che i processi centrali non sono completamente indipendenti dalla natura del materiale, ma possono variare in base al tipo di informazioni da elaborare.

Negli anni sono emersi altri termini e modalità di ridefinire alcune abilità visuo spaziali: ad esempio, la percezione spaziale, definita da Gori e Cappagli (2022)<sup>133</sup> come la consapevolezza della relazione tra il corpo e l'ambiente, è un prerequisito essenziale per la mobilità autonoma e la navigazione. Senza una solida percezione spaziale, sarebbe difficile orientarsi in un ambiente complesso o pianificare un percorso verso una

<sup>133</sup> Gori, M., & Cappagli, G. (2022). Children with visual impairment: Assessment, development, and management. In *Visual impairment in children* (pp. 175–192). Mac Keith Press.

meta. La percezione spaziale è influenzata da tre fattori critici: la distanza di visualizzazione, la natura del compito e il movimento. La distanza di visualizzazione, in particolare, determina quali comportamenti possiamo eseguire e quali meccanismi cerebrali vengono attivati (De Lucia, 2008).<sup>134</sup> Ad esempio, la via dorsale del cervello media la percezione dello spazio vicino, mentre la via ventrale si occupa dello spazio lontano. Questo significa che il nostro cervello elabora le informazioni spaziali in modo diverso a seconda della distanza, influenzando la nostra capacità di interagire con oggetti vicini o di navigare in ambienti ampi.

Lo sviluppo di queste abilità nel bambino normo-vedente inizia con l'interazione con l'ambiente attraverso il movimento. Man mano che il bambino impara a camminare e a esplorare, costruisce sistemi di riferimento spaziale che gli permettono di comprendere e navigare il mondo che lo circonda. Questo processo è alla base dello sviluppo psicomotorio e cognitivo, poiché la “conquista” dello spazio è essenziale per l'autonomia e l'interazione sociale.

Quando si parla di bambini ciechi o con ipovisione grave, l'assenza o la riduzione significativa dello stimolo visivo rende l'acquisizione di queste competenze particolarmente complessa e, al contempo, stimola meccanismi di compensazione che coinvolgono gli altri canali sensoriali (Houwen et al, 2022).<sup>135</sup> La cecità ha l'impatto più significativo nel dominio spaziale, causando importanti ritardi nello sviluppo, specialmente se congenita o acquisita entro i primissimi anni. (Bigelow, 1991<sup>136</sup>; Morrongiello et al.,

---

<sup>134</sup> De Lucia P. (2008). Critical Roles for Distance, Task, and Motion in Space Perception: Initial Conceptual Framework and Practical Implications *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 52(11), 811–815. <https://doi.org/10.1518/001872008X312297>

<sup>135</sup> Houwen, Suzanne & Cox, Ralf & Roza, Minette & Lansink, Femke & Wolferen, Jannemieke & Rietman, Andre. (2022). Sensory processing in young children with visual impairments: Use and extension of the Sensory Profile. *Research in Developmental Disabilities*. 127. 104251. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2022.104251>

<sup>136</sup> Bigelow, A. E. (1991). Spatial mapping of familiar locations in blind children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 85(3), 113-117. <https://doi.org/10.1177/0145482X9108500307>

1995<sup>137</sup>; Brambring, 2006<sup>138</sup>). La difficoltà maggiore è quella di mettere in relazione spaziale gli oggetti tra loro (Fraiberg & Adelson, 1973<sup>139</sup>; Fraiberg, 1977<sup>140</sup>).

Passiamo infine all'ultimo componente della rappresentazione mentale dello spazio, ovvero il Ragionamento Spaziale, che comprende l'insieme di processi cognitivi che permettono di percepire, rappresentare, manipolare e utilizzare informazioni relative alla posizione, alla forma, alle relazioni metriche e topologiche degli oggetti nello spazio. Include capacità come la localizzazione di oggetti (percezione di distanza e direzione), l'orientamento (senso dell'orientamento e aggiornamento spaziale), la rappresentazione mentale di mappe cognitive, il ragionamento sulle trasformazioni spaziali (rotazioni, traslazioni) e la scelta di percorsi (navigazione). Queste funzioni si sviluppano tipicamente durante l'infanzia attraverso l'interazione multisensoriale con l'ambiente e il linguaggio spaziale che accompagna l'apprendimento (Zaira, Cattaneo e Vecchi, 2013).<sup>141</sup>

---

<sup>137</sup> Morrongiello, B. A., Timney, B., Humphrey, G. K., Anderson, S. and Skory, C. (1995). Spatial knowledge in blind and sighted children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59(2), 211-233. <https://doi.org/10.1006/jecp.1995.1010>

<sup>138</sup> Brambring, M. (2006). Divergent development of gross motor skills in children who are blind or sighted. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 100(10), 620-634. <https://doi.org/10.1177/0145482X0610001014>

<sup>139</sup> Fraiberg, S. & Adelson, E. (1973) Self-Representation in Language and Play: Observations of Blind Children. *The Psychoanalytic Quarterly*, 42(4), 539-562. <https://doi.org/10.1080/21674086.1973.11926648>

<sup>140</sup> Fraiberg, S. (1977). *Insights from the blind: Comparative studies of blind and sighted infants*. Basic Books.

<sup>141</sup> Cattaneo, Z., & Vecchi, T. (2011). *Blind vision: The neuroscience of visual impairment*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262015035.001.0001>

### 3.1.2 Rotazione mentale

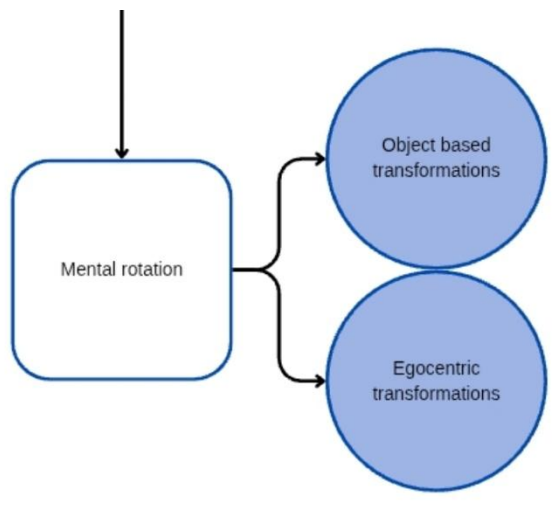


Figura 14: Rotazione Mentale

La **rotazione mentale** è un'operazione cognitiva mediante la quale un individuo immagina un oggetto (o la propria prospettiva) ruotarlo mentalmente, per valutarne corrispondenza, differenza, o per confrontare due oggetti sotto diversi orientamenti. Tipicamente si misura tramite il tempo che serve per decidere se due figure sono la stessa figura ruotata o sono figure speculari ("mirror image") oppure se due figure, ruotate di un angolo, coincidono (Shepard & Metzler, 1971).<sup>142</sup>

Nel contesto teorico moderno, si distingue almeno fra due tipi principali di trasformazioni mentali:

- **Rotazione oggetto-basata (object-based rotation):** l'oggetto è mentalmente ruotato pur mantenendo la prospettiva dell'osservatore fissa; l'osservatore non "si muove" mentalmente, ma manipola la posizione dell'oggetto rispetto a sé. Questo tipo di rotazione è tipico dei compiti in cui si confrontano oggetti ruotati o speculari, mantenendo la posizione del soggetto costante.
- **Rotazione egocentrica (egocentric rotation):** implica che l'osservatore si immagina da un'altra posizione, ruotando

<sup>142</sup> Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>

mentalmente la propria prospettiva (cioè cambiare “io”); spesso coinvolge corpi o parti del corpo come stimoli, o richiede giudizi di laterality (ad esempio, “il braccio destro è alzato?”) in posizioni ruotate.

Questa distinzione è importante perché può implicare processi, neuralmente e funzionalmente, diversi: ad esempio, rotazioni object based sembrano coinvolgere maggiormente visual imagery e memoria spaziale, mentre le egocentriche possono implicare simulazioni corporee e integrazione con percezione del corpo.

Il tempo di risposta nei compiti di rotazione mentale aumenta linearmente con l’aumento dell’angolo di rotazione tra le figure da confrontare. Questa è una delle evidenze fondamentali dalla classica ricerca di Shepard e Metzler (1971).

Negli adulti ciechi (sia congeniti, sia acquisiti), la letteratura suggerisce che la rotazione mentale è possibile anche in assenza di esperienza visiva, ma con alcune differenze rispetto ai vedenti. Uno studio ha mostrato che anche individui congenitamente ciechi e ciechi tardivi, nel fare discriminazioni tattili di forme successivamente presentate, mostrano tempi di risposta che aumentano linearmente con l’angolo di rotazione. Ciò indica che i ciechi usano un processo analogo a quello dei vedenti per “ruotare mentalmente” la forma tattile. (Marmor, 1976)<sup>143</sup>

Sono stati confrontati, all’interno di uno studio comparativo, ciechi congeniti, vedenti e vedenti bendati: tutti sono risultati molto accurati

---

<sup>143</sup> Marmor, G. S., & Zaback, L. A. (1976). Mental rotation by the blind: does mental rotation depend on visual imagery?. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 2(4), 515–521. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.2.4.515>

(>95%) nei giudizi di corrispondenza (“mirror vs non-mirror”), ma i ciechi congeniti avevano tempi di identificazione più lunghi (Güçlü, 2014).<sup>144</sup>

L’esperienza e la familiarità con materiali tattili o grafici sembra un fattore compensatorio importante. Si è osservato, infatti, che ciechi congeniti con alta competenza nell’uso di materiali grafici (superfici a rilievo, disegni tattili) performano meglio rispetto a ciechi non esperti, suggerendo che la pratica tattile può migliorare la precisione o la velocità del processo di rotazione mentale nei ciechi (Dulin, 2006).<sup>145</sup>

Ungar e colleghi hanno testato bambini ciechi congeniti e parzialmente vedenti, in compiti di rotazione mentale; essi dovevano esplorare con il tatto layout di simboli, quindi ricostruire il layout. Nei compiti in cui il bambino doveva ruotarsi fisicamente (muoversi di 90° attorno al tavolo) tra fase esplorativa e fase di ricostruzione (“rotated condition”) rispetto a quella in cui restava nella posizione originale (“aligned condition”), i bambini ciechi mostrano una performance qualitativamente simile ai vedenti, ma con errori superiori e tempi maggiori nella condizione ruotata. Questo indica che la rotazione mentale, o meglio la trasformazione spaziale del layout, è presente ma più impegnativa (Ungar et al, 1995).<sup>146</sup>

Anche in bambini ciechi parzialmente vedenti o con variazioni nella storia visiva, le strategie esplorative (ad esempio come esplorano tattilmente l’oggetto, se seguono sequenze sistematiche o casuali) sembrano avere un peso importante nel determinare la difficoltà nel fare rotazioni mentali; non è solo l’assenza di visione, ma *come* usano il tatto, come sono stati istruiti, quanto esercizio hanno con stimoli spaziali tattili (Ungar et al., 1995).

---

<sup>144</sup> Güçlü, B., Celik, S., & Ilci, C. (2014). Representation of haptic objects during mental rotation in congenital blindness. *Perceptual and motor skills*, 118(2), 587–607. <https://doi.org/10.2466/15.22.PMS.118k20w0>

<sup>145</sup> Dulin, D., & Hatwell, Y. (2006). The Effects of Visual Experience and Training in Raised-Line Materials on the Mental Spatial Imagery of Blind Persons. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 100(7), 414-424. <https://doi.org/10.1177/0145482X0610000705>

<sup>146</sup> Ungar, S., Blades, M., & Spencer, C. (1995). Mental Rotation of a Tactile Layout by Young Visually Impaired Children. *Perception*, 24(8), 891-900. <https://doi.org/10.1068/p240891>

### 3.1.3 Orientamento

In questo paragrafo verranno illustrati contenuti approfonditi anche all'interno della ricerca presentata in occasione della REN Conference 2025, i cui atti sono di recente pubblicazione.<sup>147</sup>

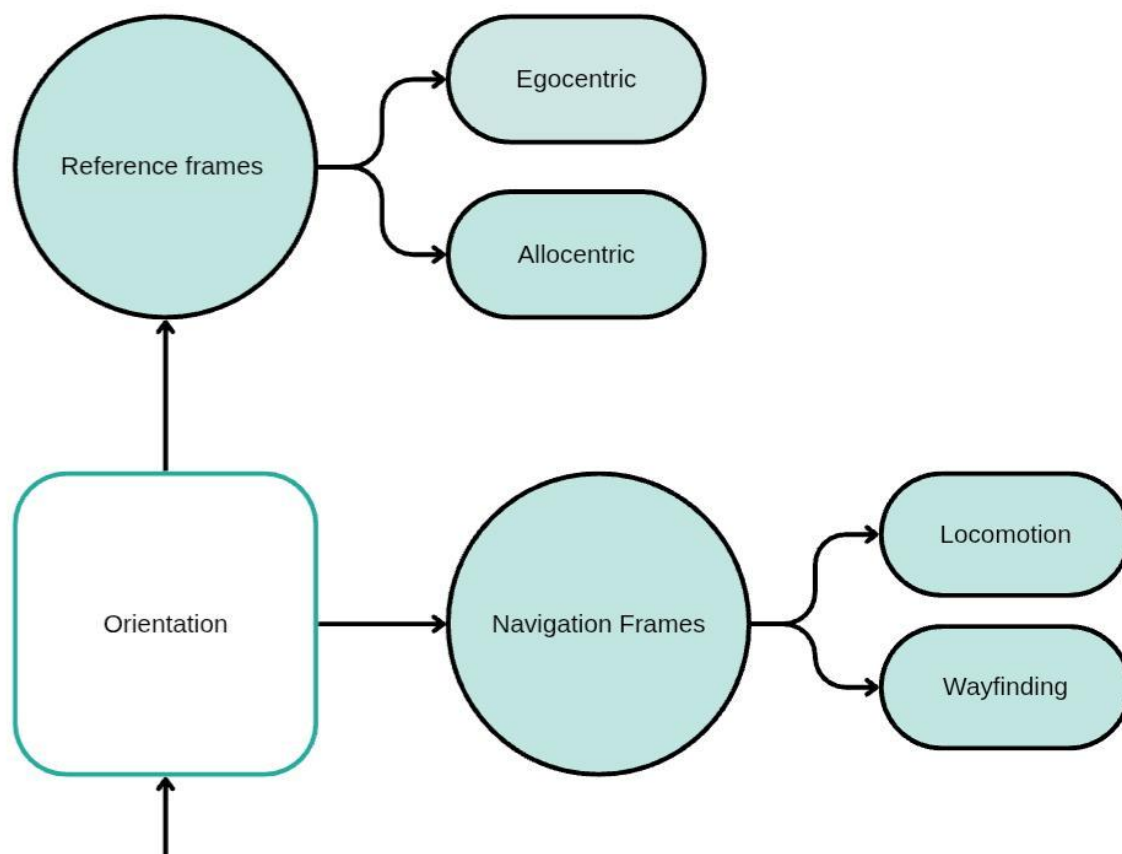


Figura 15: Orientamento

La capacità di orientarsi e di rappresentare mentalmente lo spazio è un requisito fondamentale per interagire con l'ambiente circostante. Negli individui ciechi, in particolare nei casi di cecità congenita, l'assenza dell'input visivo porta a un massiccio ricorso ad altre modalità sensoriali – come l'udito, il tatto e la proprioccezione – per costruire mappe mentali e

<sup>147</sup> Paoletta, A., Ali, L., Refrigeri, L., & Baralla, F. (2025). Educational and rehabilitative interventions for egocentric and allocentric frames of spatial cognition in congenital blindness: A multidisciplinary overview. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, 9(1). <https://doi.org/10.32043/gsd.v9i1.1500>

navigare in modo efficace (Pasqualotto & Proulx, 2012).<sup>211</sup> In questo contesto, la distinzione tra prospettiva egocentrica e prospettiva allocentrica risulta centrale: la prima si basa sulla posizione dell'individuo (cornice di riferimento corpocentrica), mentre la seconda prescinde dal punto di vista soggettivo e si focalizza sulle relazioni tra gli oggetti nello spazio (Corazzini et al, 2013 <sup>148</sup>; Millar, 1994 <sup>149</sup>).

Le evidenze sperimentali mostrano che lo sviluppo della prospettiva allocentrica, strettamente legato all'esperienza visiva, può essere compromesso o ritardato nei bambini ciechi e ipovedenti gravi. Questo ritardo ha implicazioni rilevanti per l'apprendimento scolastico, l'autonomia personale, la mobilità e la vita quotidiana in contesti complessi (Cattaneo & Vecchi, 2011 <sup>150</sup>; Thinus-Blanc & Gaunet, 1997 <sup>151</sup>). Di seguito verranno approfondite le caratteristiche della prospettiva allocentrica, con particolare attenzione alle tappe di sviluppo, alle difficoltà che emergono in condizioni di deprivazione visiva e alle possibili strategie di compensazione.

Possiamo distinguere:

- **Prospettiva Egocentrica:** l'individuo codifica la posizione degli oggetti in relazione al proprio corpo. È un sistema di coordinate “in prima persona”, che si attiva e si consolida grazie all'integrazione di segnali propriocettivi, tattili e uditivi.

---

<sup>148</sup> Corazzini, L. L., Tinti, C., Schmidt, S., Mirandola, C., & Cornoldi, C. (2010). Developing spatial knowledge in the absence of vision: Allocentric and egocentric representations generated by blind people when supported by auditory cues. *Psychologica Belgica*, 50(3-4), 327–334. <https://doi.org/10.5334/pb-50-3-4-327>

<sup>149</sup> Millar, S. (1994). *Understanding and representing space: Theory and evidence from studies with blind and sighted children*. Clarendon Press/Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198521426.001.0001>

<sup>150</sup> Cattaneo, Z., & Vecchi, T. (2011). *Blind vision: The neuroscience of visual impairment*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262015035.001.0001>

<sup>151</sup> Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in blind persons: vision as a spatial sense?. *Psychological bulletin*, 121(1), 20–42. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.20>

- **Prospettiva Allocentrica:** gli oggetti vengono rappresentati in relazione gli uni agli altri, indipendentemente dall'osservatore (Foreman & Gillet, 1997;<sup>152</sup> Klatzky, 1998).<sup>153</sup>

Diversi studi hanno rilevato una tendenza dei bambini ciechi a basarsi prevalentemente su codifiche egocentriche, soprattutto negli spazi di grande scala, a causa della mancata esposizione agli indizi visivi che normalmente favoriscono la costruzione di mappe di tipo allocentrico (Millar, 1994<sup>149</sup>, Martolini, 2021<sup>154</sup>) Secondo alcune ricerche, i bambini con cecità congenita restano ancorati più a lungo a una prospettiva egocentrica, posticipando lo sviluppo di una piena competenza allocentrica anche fino all'adolescenza (Martolini, 2020).<sup>155</sup>

Le esperienze visive precoci sembrano cruciali per la transizione dall'egocentrismo all'allocentrismo (Ruggiero, 2018).<sup>156</sup> Nei bambini normovedenti, l'uso di punti di riferimento esterni (landmarks) si manifesta sin dal primo anno di vita, mentre nei bambini ciechi l'affidamento sui segnali sensoriali alternativi non sempre riesce a compensare integralmente la mancanza di input visivi, allungando i tempi di acquisizione della prospettiva allocentrica (Morelli, 2020).<sup>157</sup>

---

<sup>152</sup> Foreman, N., & Gillet, R. (Eds.) (1997). *Handbook of spatial research paradigms and methodologies* (Vol. 1). Hove, UK: Psychology Press.

<sup>153</sup> Klatzky, R.L. (1998). Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections. In: Freksa, C., Habel, C., Wender, K.F. (eds) *Spatial Cognition*. Lecture Notes in Computer Science(), vol 1404. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4_1)

<sup>154</sup> Martolini, C., Cappagli, G., Saligari, E., Gori, M., & Signorini, S. (2021). Allocentric spatial perception through vision and touch in sighted and blind children. *Journal of experimental child psychology*, 210, 105195. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105195>

<sup>155</sup> Martolini, C., Cappagli, G., Luparia, A., Signorini, S., & Gori, M. (2020). The Impact of Vision Loss on Allocentric Spatial Coding. *Frontiers in neuroscience*, 14, 565. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00565>

<sup>156</sup> Ruggiero, G., Ruotolo, F., & Iachini, T. (2018). Congenital blindness limits allocentric to egocentric switching ability. *Experimental brain research*, 236(3), 813–820. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5176-8>

<sup>157</sup> Morelli, F., Aprile, G., Cappagli, G., Luparia, A., Decortes, F., Gori, M., & Signorini, S. (2020). A Multidimensional, Multisensory and Comprehensive Rehabilitation Intervention to Improve Spatial Functioning in the Visually Impaired Child: A Community Case Study. *Frontiers in neuroscience*, 14, 768. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00768>

La letteratura segnala che i bambini con disabilità visiva presentano difficoltà a integrare simultaneamente diverse rappresentazioni spaziali e a “commutare” da un sistema di riferimento egocentrico a uno allocentrico (Martolini, 2021)<sup>154</sup> Questo deficit si rende particolarmente evidente quando il “primo punto di ancoraggio” non è il corpo, bensì un riferimento esterno all’osservatore (Ruggiero, 2018).<sup>156</sup>

Inoltre, alcuni lavori mostrano che, in assenza di feedback visivo, l’individuo tende a privilegiare l’esplorazione tattile e l’ascolto dei suoni prodotti da oggetti o superfici (Kappers, 1999).<sup>158</sup> Tuttavia, questa preferenza tattile o uditiva si correla più facilmente con una codifica oggettocentrica e locale, limitando la formazione di mappe spaziali su larga scala. Ciò comporta un aumento della complessità quando si devono integrare diverse porzioni di spazio e quando si richiede flessibilità nel passaggio tra i due frame di riferimento (Schinazi, 2016).<sup>159</sup>

Nonostante le difficoltà, diverse ricerche suggeriscono che la capacità di integrare prospettive egocentriche e allocentriche possa emergere anche in assenza di visione, purché il bambino riceva stimoli adeguati e abbia opportunità di esplorazione autonoma dell’ambiente (Martolini, 2020).<sup>155</sup> La presenza di un residuo visivo, seppur minimo, può favorire una transizione più rapida verso la codifica allocentrica, soprattutto se supportata da interventi educativi mirati (Cappagli, 2016).<sup>160</sup>

Parlando di navigazione spaziale, Montello (2005)<sup>161</sup> distingue due componenti principali:

---

<sup>158</sup> Kappers, A. M., & Koenderink, J. J. (1999). Haptic perception of spatial relations. *Perception*, 28(6), 781–795. <https://doi.org/10.1068/p2930>

<sup>159</sup> Schinazi, V. R., Thrash, T., & Chebat, D. R. (2016). Spatial navigation by congenitally blind individuals. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 7(1), 37–58. <https://doi.org/10.1002/wcs.1375>

<sup>160</sup> Cappagli, G., & Gori, M. (2016). Auditory spatial localization: Developmental delay in children with visual impairments. *Research in developmental disabilities*, 53-54, 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.02.019>

<sup>161</sup> Montello, D. R. (2005). Navigation. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 257–294). Cambridge University Press.

1. **Wayfinding:** la pianificazione del percorso e la localizzazione dei punti di riferimento, che richiede la costruzione di rappresentazioni di tipo “ambientale” (allocentrico).
2. **Locomotion:** l’atto motorio di spostarsi fisicamente da un punto all’altro, che può basarsi su un controllo prevalentemente egocentrico.

Nel wayfinding, le mappe mentali di tipo allocentrico offrono la possibilità di integrare relazioni oggetto-oggetto e di compiere inferenze spaziali (ad esempio, trovare scorciatoie o percorsi alternativi in un ambiente sconosciuto), competenze che risultano spesso problematiche nei bambini con disabilità visiva, specie se congenita (Ungar et al, 1996).<sup>162</sup> La nozione di “cognitive map” (Golledge, 1999)<sup>163</sup> si riferisce alla rappresentazione interna e astratta di uno spazio esteso, che include la consapevolezza delle relazioni di distanza, direzione e gerarchia tra i vari punti di interesse. Nei bambini ciechi, la formazione di mappe cognitive su larga scala risulta complessa: tendono a performare bene su compiti in piccolo ambiente (local space) e su percorsi noti, ma mostrano limiti quando si tratta di ambienti nuovi e più vasti. Queste difficoltà sono attribuite, almeno in parte, alla limitata capacità di integrare prospettive allocentriche flessibili (Schinazi, 2016).<sup>124</sup>

Le persone prive di vista possono comunque formare e manipolare immagini mentali grazie all’esplorazione tattile (Marmor & Zabac 1976 <sup>164</sup>; Vanlierde & Wanet-Defalque, 2005 <sup>165</sup>). Quando il compito prevede di ricostruire o ruotare mentalmente oggetti complessi, però, i bambini ciechi

---

<sup>162</sup> Ungar, S., Blades, M., Spencer, C. (1996). The Construction of Cognitive Maps by Children with Visual Impairments. In: Portugali, J. (eds) *The Construction of Cognitive Maps*. GeoJournal Library, vol 32. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1_11)

<sup>163</sup> Golledge, R. (1999). *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes*. Johns Hopkins University Press

<sup>164</sup> Marmor, G. S., & Zaback, L. A. (1976). Mental rotation by the blind: does mental rotation depend on visual imagery?. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 2(4), 515–521. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.2.4.515>

<sup>165</sup> Vanlierde, Annick & Wanet-Defalque, Marie-Chantal. (2005). The Role of Visual Experience in Mental Imagery. *Journal of Visual Impairment and Blindness*. 99. 165-178. [10.1177/0145482X0509900305](https://doi.org/10.1177/0145482X0509900305).

manifestano performance inferiori rispetto ai coetanei vedenti (Vecchi et al, 2004).<sup>166</sup>

La promozione dell'allocentrismo nei bambini ciechi passa attraverso esperienze che enfatizzino l'esplorazione attiva e la ricezione di feedback uditivi, tattili e motori (Kappers, 1999).<sup>158</sup> L'uso di materiali in rilievo, mappe tattili e tecniche di ecolocalizzazione può potenziare la creazione di mappe mentali più ricche e favorire la flessibilità nella codifica spaziale.

I moderni ausili per la mobilità (sensori a ultrasuoni, smartphone dotati di app per l'orientamento vocale, dispositivi di realtà aumentata tattile) rappresentano un ulteriore strumento per sostenere lo sviluppo di competenze allocentriche, consentendo ai bambini di esplorare ambienti anche su larga scala (Cappagli, 2016).<sup>160</sup> Tuttavia, l'efficacia di tali soluzioni tecnologiche dipende dall'integrazione con un percorso educativo multidisciplinare, che tenga conto delle specifiche necessità di ciascun bambino.

Le ricerche future dovranno chiarire i tempi e le condizioni di transizione dall'egocentrismo all'allocentrismo nei bambini con deficit visivo. È inoltre essenziale comprendere meglio in che modo la plasticità cerebrale e l'esperienza multisensoriale possano compensare la mancanza di visione, consentendo di "ristrutturare" le rappresentazioni spaziali in modo più flessibile (Schinazi, 2016).<sup>124</sup>

Per concludere, quindi, si può dire che la prospettiva allocentrica riveste un ruolo centrale nello sviluppo della cognizione spaziale, poiché permette di rappresentare e gestire relazioni complesse tra gli elementi dell'ambiente. Nei bambini ciechi e ipovedenti gravi, la carenza di stimoli visivi può ostacolare l'emergere e il consolidarsi di questa abilità, mantenendoli a lungo in un sistema di riferimento egocentrico. Le conseguenze di tale ritardo si ripercuotono sull'autonomia, la mobilità e l'apprendimento

---

<sup>166</sup> Vecchi, T., Tinti, C., & Cornoldi, C. (2004). Spatial memory and integration processes in congenital blindness. *Neuroreport*, 15(18), 2787–2790.

scolastico. Tuttavia, ricerche recenti evidenziano che, attraverso interventi specifici, tecnologie assistive e metodologie didattiche multisensoriali, è possibile promuovere l'allocentrismo anche in condizioni di deprivazione visiva. Rimangono aperte diverse questioni scientifiche ed educative: la definizione di strumenti di valutazione adeguati, la comprensione dei meccanismi di plasticità e la tempistica ottimale per gli interventi. Approfondire tali aspetti potrà migliorare la qualità della vita e l'inclusione dei bambini con disabilità visiva, favorendo uno sviluppo spaziale il più possibile simile a quello dei pari vedenti.

### **3.1.4 Concetti Topologici: Prerequisiti di Organizzazione Spaziale**

I concetti topologici rappresentano i primi mattoni concettuali attraverso cui i bambini iniziano a comprendere e organizzare lo spazio. A differenza delle proprietà metriche e proiettiva (che implicano la distanza, le angolazioni o la prospettiva), le relazioni topologiche si riferiscono essenzialmente a nozioni di vicinanza, separazione, continuità, inclusione ed “apertura-chiusura” delle forme (Piaget & Inhelder, 1948).<sup>167</sup> Questi elementi costituiscono una base cognitiva fondamentale per sviluppare la capacità di costruire rappresentazioni spaziali sempre più complesse, incluse quelle di tipo allocentrico. Nel presente articolo, si approfondirà il ruolo dei concetti topologici nello sviluppo della cognizione spaziale e si discuterà di come essi interagiscono con la prospettiva allocentrica, essenziale per la piena organizzazione dello spazio.

I concetti topologici sono universalmente riconosciuti come i più semplici da acquisire per il bambino poiché non richiedono la rappresentazione di misure o angolature precise. In particolare, vicinanza, separazione, inclusione, ordine, chiusura-apertura e continuità sono tra le prime nozioni attraverso cui il bambino differenzia sé stesso dall'ambiente e comprende le relazioni spaziali primarie (Piaget & Inhelder, 1948).<sup>167</sup> Ad esempio, il

---

<sup>167</sup> Piaget, J., & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Presses Universitaires de France

concetto di “dentro-fuori” può essere sperimentato direttamente attraverso l’interazione concreta con gli oggetti (un giocattolo dentro un contenitore, la mano dentro una scatola, ecc.). Le basi topologiche precedono e preparano il terreno per l’apprendimento di relazioni di tipo proiettivo (riguardanti prospettive, rotazioni, ecc.) e metrico (distanze, angoli, coordinate). Avere compreso “dentro-fuori”, “collegato-separato” o “vicino-lontano” su un piano puramente qualitativo permette al bambino di passare gradualmente a concetti più complessi, come la misurazione delle distanze e la costruzione di una mappa coerente dello spazio.

La prospettiva allocentrica, per potersi sviluppare, richiede una solida padronanza delle relazioni topologiche di base. Se il bambino non ha interiorizzato il concetto di “contenuto-contenitore” (inclusione) o non riconosce stabilmente “i confini” (chiuso-aperto), faticherà ad attribuire correttamente agli oggetti una posizione reciproca e indipendente dal proprio punto di vista (Piaget & Inhelder, 1948).<sup>167</sup> In altre parole, i concetti topologici costituiscono i prerequisiti per costruire uno “schema spaziale” in cui gli oggetti si dispongono secondo relazioni di prossimità, continuità e separazione che, una volta consolidate, possono essere elaborate in forma sempre più astratta e sovraordinata (Newcombe & Huttenlocher, 2000).<sup>168</sup>

Leggiamo, direttamente nell’opera di Piaget (1956, p.38)<sup>169</sup>:

“La costruzione dello spazio inizia a livello percettivo e prosegue a livello rappresentativo. Uno studio della transizione da un livello all’altro è quindi un preliminare essenziale per l’esame dell’intuizione spaziale a livello rappresentativo. Un’analisi dettagliata del processo definito come percezione aptica ci ha finora permesso di:

---

<sup>168</sup> Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2000). *Making Space: The Development of Spatial Representation and Reasoning*. MIT Press.

<sup>169</sup> Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The Child’s Conception of Space*. Routledge (Traduzione e schematizzazione a cura dell’autrice)

1. Verificare come funziona effettivamente la percezione, utilizzando le percezioni tattili come indicatori delle origini dei processi coinvolti nel riconoscimento.

2. Osservare come il bambino traduca queste percezioni tattili in disegni o immagini mentali.

3. Introdurre lo studio di come la forma venga astratta.

1. Per quanto riguarda il primo punto, lo studio del metodo con cui il bambino esplora l'oggetto è stato estremamente rilevante per la distinzione tra percezione e attività percettiva o sensomotoria. Non essendo in grado di cogliere l'intera forma con una singola "centrazione" tattile, il bambino è costretto a muovere le mani o l'oggetto stesso, producendo una serie di centrazioni. Il riconoscimento percettivo della forma è quindi il risultato della coordinazione di queste centrazioni. Diventa così evidente che sono coinvolti due processi separati:

- (a) La percezione stessa, che è puramente recettiva (il che non significa completamente passiva) e deriva da ogni singola centrazione della mano del bambino sull'oggetto, o almeno su una sua parte.

- (b) L'attività sensomotoria o percettiva, che consiste simultaneamente nella decentrazione, ovvero nel cambiare le centrazioni, e nel "trasportare" i risultati di una centrazione a un'altra. (Oppure può consistere in "confronti" – trasporto reciproco, "trasposizioni" – trasporto di relazioni, e così via). L'attività percettiva equivale quindi all'inter-coordinazione delle centrazioni delle percezioni attuali. Questo passaggio evidenzia come la percezione e l'attività sensomotoria siano processi distinti ma interconnessi, fondamentali per la comprensione dello sviluppo spaziale nel bambino.”

Questi concetti si applicano anche allo sviluppo del bambino con disabilità visiva, ma tale sviluppo va attenzionato e supportato adeguatamente. In particolare, la comprensione dei concetti topologici diviene quindi fondamentale per effettuare il passaggio alle fasi successive

della cognizione spaziale. Attività mirate, come l'esplorazione tattile di modelli tridimensionali, o l'impiego di ausili tecnologici – come sensori di prossimità, dispositivi vibranti o software di mappatura uditiva – supportano la creazione di “mappe mentali” in cui le relazioni tra gli oggetti sono elaborate in modo stabile e indipendente dal corpo (Sanchez, 2010).<sup>170</sup> Queste esperienze multisensoriali, se proposte sin dalla prima infanzia, aiutano il bambino con disabilità visiva ad acquisire la consapevolezza che gli oggetti possiedono relazioni reciproche fisse o variabili a prescindere dal proprio punto di osservazione. La costruzione di percorsi e la navigazione in ambienti su larga scala (wayfinding) richiedono competenze topologiche avanzate: sapere che un corridoio “collega” due stanze (continuità), oppure che un attraversamento pedonale “rompe” la continuità di un marciapiede. Queste nozioni, inizialmente sperimentate su oggetti piccoli e spazi limitati, si estendono a realtà più ampie e complesse, agevolando il passaggio a una rappresentazione allocentrica del percorso (Montello, 2005).<sup>161</sup> Tale rappresentazione allocentrica, come ampiamente trattato nel paragrafo precedente, risulta di fondamentale importanza nella costruzione di mappe cognitive. Le mappe cognitive, come proposto da Tolman (1948)<sup>171</sup> e ripreso da Golledge (1999)<sup>172</sup>, comprendono anche le relazioni topologiche tra i vari punti di interesse. Un bambino che riconosce come una piazza sia “all'interno” di un quartiere, o che due strade “si incontrano” in un incrocio, sta in realtà facendo uso di concetti topologici in chiave allocentrica. Senza la comprensione di base di “inclusione” e “collegamento”, la rappresentazione cognitiva dell'ambiente rischia di essere frammentaria e ancorata a informazioni solamente egocentriche.

---

<sup>170</sup> Sánchez, J., Sáenz, M., Pascual-Leone, A., & Merabet, L. (2010). Navigation for the Blind through Audio-Based Virtual Environments. *Extended abstracts on Human factors in computing systems. CHI Conference*, 2010, 3409–3414. <https://doi.org/10.1145/1753846.1753993>

<sup>171</sup> Tolman E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological review*, 55(4), 189–208. <https://doi.org/10.1037/h0061626>

<sup>172</sup> Golledge, R. (1999). *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes*. Johns Hopkins University Press

### 3.2 Sintesi schematica

Sempre nell'opera di Cornoldi e Vecchi (2003)<sup>173</sup> è possibile ritrovare un intero capitolo dedicato alle abilità visuo spaziali nella cecità. Qui di seguito vengono sintetizzate e riassunte le principali nozioni estrapolate dal testo:

**Tabella 8:** Processo di Rappresentazione Mentale nei ciechi congeniti

| Argomento                                                              | Risultato specifico                                                                                                                             | Autore                                |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Capacità di formare e manipolare immagini mentali nei ciechi congeniti | I ciechi congeniti possono creare e manipolare immagini mentali usando informazioni percettive (verbali o tattili) o conoscenze a lungo termine | Zimler & Keenan (1983) <sup>174</sup> |
| Confronto tra ciechi e vedenti nei compiti di immaginazione mentale    | Prestazioni simili tra ciechi congeniti e vedenti, ma generazione di immagini più lenta nei ciechi                                              | Kerr (1983) <sup>175</sup>            |
| Rotazione mentale nei ciechi congeniti                                 | I meccanismi di rotazione mentale sono presenti e funzionano in modo                                                                            | Marmor & Zaback (1976) <sup>176</sup> |

<sup>173</sup> Cornoldi C. e Vecchi T. (2003). *Visuo-Spatial Working Memory and Individual Differences*, Psychology Press, New York. Cap 6.

<sup>174</sup> Zimler, J., & Keenan, J. M. (1983). Imagery in the congenitally blind: How visual are visual images? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 269–282. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.9.2.269>

<sup>175</sup> Kerr, N. H. (1983). The role of vision in visual imagery experiments: Evidence from the congenitally blind. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 265–277. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.112.2.265>

<sup>176</sup> Marmor, G. S., & Zaback, L. A. (1976). Mental rotation by the blind: Does mental rotation depends on visual imagery? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 515–521. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.2.4.515>

|                                                          |                                                                                                                |                                                        |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                          | simile a quelli dei vedenti                                                                                    |                                                        |
| Strategie di memoria e immagini mentali                  | Le prestazioni di memoria nei ciechi migliorano quando si utilizza una strategia basata sulle immagini mentali | Jonides, Kahn & Rozin (1975) <sup>177</sup>            |
| Rappresentazione mentale dei colori nei ciechi congeniti | La cecità congenita non impedisce la rappresentazione mentale dei colori                                       | Marmor (1978) <sup>178</sup>                           |
| Rotazione mentale di lettere orientate verbalmente       | I ciechi congeniti sono in grado di ruotare rappresentazioni mentali, ma con latenza maggiore e più errori     | Carpenter & Eisenberg (1978) <sup>179</sup>            |
| Influenza dell'esperienza sulla rotazione mentale        | I ciechi congeniti superano i vedenti nei compiti di rotazione mentale con stimoli in Braille invertito        | Heller, Calcaterra, Green & Lima (1999) <sup>180</sup> |

<sup>177</sup> Jonides, J., Kahn, R., & Rozin, P. (1975). Imagery instructions improve memory in blind subjects. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 5, 424–426.

<sup>178</sup> Marmor, G. S. (1978). Age at onset of blindness and the developmental of the semantics of colour names. *Journal of Experimental Child Psychology*, 25, 267–278.

<sup>179</sup> Carpenter, P. A., & Eisenberg, P. (1978). Mental rotation and the frame of reference in blind and sighted individuals. *Perception and Psychophysics*, 23, 117–124.

<sup>180</sup> Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Green, S., & Lima, F. (1999). The effect of orientation on braille recognition in persons who are sighted and blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 416–419.

|                                                  |                                                                                                     |                                                                                                              |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Creazione di immagini attraverso stimoli tattili | Vedenti e non vedenti mostrano abilità simili nel generare immagini mentali tramite stimoli tattili | Carreiras & Codina (1992) <sup>181</sup> , Kerr (1983) <sup>175</sup> , Klatzky et al. (1995) <sup>182</sup> |
| Rappresentazione delle regole della prospettiva  | I ciechi congeniti hanno difficoltà a rappresentare la prospettiva nelle immagini mentali           | Arditi, Holtzman & Kosslyn (1988) <sup>183</sup>                                                             |
| Disegno e rappresentazione spaziale              | Difficoltà nel disegno prospettico, ma capacità di disegno generalmente preservate                  | Heller et al. (1996) <sup>184</sup> ; Kennedy (1982, <sup>185</sup> 1993) <sup>186</sup>                     |
| Orientamento spaziale e mappe mentali            | I ciechi congeniti possono creare mappe spaziali e usarle per orientarsi, ma con prestazioni        | Loomis et al. (1993) <sup>187</sup> ; Reiser et al. (1992) <sup>188</sup>                                    |

<sup>181</sup> Carreiras, M., & Codina, M. (1992). Spatial cognition of the blind and sighted: Visual and amodal hypotheses. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 12, 51–78.

<sup>182</sup> Klatzky, R. L., Golledge, R. G., Loomis, J. M., Cicinelli, J. G., & Pellegrino, J. W. (1995). Performance of blind and sighted persons on spatial tasks. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 91, 70–82.

<sup>183</sup> Arditi, A., Holtzman, J. D., & Kosslyn, S. M. (1988). Mental imagery and sensory experience in congenital blindness. *Neuropsychologia*, 26, 1–12.

<sup>184</sup> Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Tyler, L. A., & Burson, L. L. (1996). Production and interpretation of perspective drawings by blind and sighted people. *Perception*, 25, 321–334.

<sup>185</sup> Kennedy, J. (1982). Haptic pictures. In W. Schiff & E. Foulke (Eds.), *Tactual perception*. New York: Academic Press. 148

<sup>186</sup> Kennedy, J. (1993). *Drawing and the blind: Pictures to touch*. New Haven, CT: Yale University Press.

<sup>187</sup> Loomis, J. M., Klatzky, R. L., Golledge, R. G., Cicinelli, J. G., Pellegrino, J. W., & Fry, P. A. (1993). Nonvisual navigation by blind and sighted: Assessment of path integration ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 73–91.

<sup>188</sup> Reiser, J. J., Hill, E., Talor, C., Bradfield, A., & Rosen, S. (1992). Visual experience, visual field size, and the development of nonvisual sensitivity to the spatial structure of outdoor neighborhoods explored by walking. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 210–221.

|                                                       |                                                                                                    |                                                |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                                       | generalmente inferiori ai vedenti                                                                  |                                                |
| Aggiornamento continuo delle rappresentazioni mentali | Difficoltà nei ciechi congeniti quando devono aggiornare costantemente le rappresentazioni mentali | Reiser, Guth & Hill (1986) <sup>189</sup>      |
| Valutazione delle distanze e delle inclinazioni       | Prestazioni inferiori rispetto ai vedenti nella stima di distanze e inclinazioni                   | Juurmaa & Lehtinen-Railo (1994) <sup>190</sup> |
| Spiegazioni delle limitazioni nei ciechi congeniti    | Ipotesi di danno cerebrale sottostante                                                             | Stuart (1995) <sup>191</sup>                   |
| Ipotesi alternativa sulle limitazioni                 | Ipotesi di mancanza di strategie adeguate                                                          | Thinus-Blanc & Gaunet (1997) <sup>192</sup>    |

**Tabella 9:** Strategie di Immaginazione

| Argomento                                                               | Risultato specifico                                                                      | Autore                                             |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Effetto del valore di immaginabilità sulla memoria nei ciechi congeniti | I ciechi congeniti mostrano un miglioramento della memoria con stimoli ad alto valore di | Cornoldi, Calore & Pra Baldi (1979) <sup>193</sup> |

<sup>189</sup> Reiser, J. J., Guth, D. A., & Hill, E. W. (1986). Sensitivity to perspective structure while walking without vision. *Perception*, 15, 173–188.

<sup>190</sup> Juurmaa, J., & Lehtinen-Railo, S. (1994). Visual experience and access to spatial knowledge. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 88, 157–170.

<sup>191</sup> Stuart, I. (1995). Spatial orientation and congenital blindness: A neuropsychological approach. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 89, 129–141.

<sup>192</sup> Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in blind people: Vision as a spatial sense? *Psychological Bulletin*, 121, 20–42.

<sup>193</sup> Cornoldi, C., Calore, D., & Pra Baldi, A. (1979). Imagery ratings and recall in congenitally blind subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 48, 627–629.

|                                                                |                                                                                                                                        |                                                                   |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                | immaginabilità, ma con pattern di prestazione diversi rispetto ai vedenti                                                              |                                                                   |
| Attribuzione di valori di immaginabilità                       | I ciechi congeniti assegnano punteggi inferiori alle parole ad alta immaginabilità non percepibili tattilmente                         | Cornoldi, Calore & Pra Baldi (1979) <sup>193</sup>                |
| Memorizzazione di parole con diversi livelli di immaginabilità | I ciechi ricordano meglio le parole altamente immaginabili e accessibili tattilmente (HIE) rispetto alle parole non accessibili (HINE) | Cornoldi, Calore & Pra Baldi (1979) <sup>193</sup>                |
| Effetti dell'uso di strategie di immaginazione                 | I ciechi congeniti possono trarre beneficio dalle strategie di immaginazione, come il metodo dei loci                                  | De Beni & Cornoldi (1985a) <sup>194</sup> , 1985b) <sup>195</sup> |
| Generazione di immagini complesse                              | I ciechi mostrano difficoltà nella generazione di immagini interattive complesse rispetto ai vedenti                                   | De Beni & Cornoldi (1985a) <sup>194</sup>                         |

<sup>194</sup> De Beni, R., & Cornoldi, C. (1985a). The effects of imaginal mnemonics on congenitally totally blind and on normal subjects. In D. F. Marks & D. G. Russel (Eds.), *Imagery I. Dunedin*, New Zealand: Human Performance Associates.

<sup>195</sup> De Beni, R., & Cornoldi, C. (1985b). Effects of the mnemotechnique of loci in the memorization of concrete words. *Acta Psychologica*, 60, 11–24.

|                                               |                                                                                                                    |                                          |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Effetti dell'immaginazione multipla           | I ciechi hanno difficoltà con immagini multiple, ma possono beneficiare di immagini uditive multiple               | Tinti et al. (1999) <sup>196</sup>       |
| Interferenza con il compito di tapping        | I ciechi congeniti mostrano interferenza paragonabile ai vedenti in compiti che coinvolgono l'immaginazione visiva | Aleman et al. (2001) <sup>197</sup>      |
| Complessità dell'immagine e prestazioni       | La complessità dell'immagine da generare influisce negativamente sulla performance dei ciechi congeniti            | De Beni & Cornoldi (1988) <sup>198</sup> |
| Difficoltà nel collegare immagini in sequenza | I ciechi congeniti hanno difficoltà nel creare collegamenti sequenziali tra immagini                               | Cornoldi & De Beni (1988) <sup>199</sup> |

<sup>196</sup> Tinti, C., Galati, D., Vecchio, M. G., De Beni, R., & Cornoldi, C. (1999). Interactive auditory and visual images in persons who are totally blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 579–583.

<sup>197</sup> Aleman, A., Van Lee, L., Mantione, M. H. M., Verkoijen, I. G., & De Haan, E. H. F. (2001). Visual imagery without visual experience: Evidence from congenitally blind people. *Neuroreport*, 12, 2601–2604.

<sup>198</sup> De Beni, R., & Cornoldi, C. (1988). Imagery limitations in totally congenitally blind subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 650–655.

<sup>199</sup> Cornoldi, C., & De Beni, R., (1988). Weakness of imagery without visual experience: The case of the total congenital blind using imaginal mnemonics. In M. Denis, J. Engelkamp, & J. T. E. Richardson (Eds.), *Cognitive and neuropsychological approaches to mental imagery* (pp. 393–401). Dordrecht, Netherlands: Nijhoff.

|                                                                                   |                                                                                                                               |                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Effetto dell'immaginazione bizzarra                                               | L'effetto delle immagini bizzarre è simile tra ciechi congeniti e vedenti                                                     | Cornoldi et al. (1989) <sup>200</sup> |
| Limitazioni nell'uso di immagini interattive multiple                             | Le difficoltà dei ciechi congeniti con immagini interattive multiple sono state replicate in diversi studi                    | Cornoldi et al. (1989) <sup>200</sup> |
| Connessione tra limitazioni nell'immaginazione e memoria di lavoro visuo-spaziale | Le limitazioni nell'immaginazione nei ciechi potrebbero essere collegate alla capacità della memoria di lavoro visuo-spaziale | Cornoldi et al. (1989) <sup>200</sup> |

**Tabella 10:** Processi di Memoria di Lavoro Visuo Spaziale

| Argomento                                              | Risultato Specifico                                                                            | Autore                                |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Indagine sui processi VSWM nei non vedenti             | I non vedenti possono utilizzare l'immaginazione visuo-spaziale, ma con limitazioni specifiche | Cornoldi et al., 1991b <sup>201</sup> |
| Uso di matrici 2D e 3D per testare la memoria spaziale | Le matrici 3D sono più difficili per i non vedenti rispetto alle 2D                            | Cornoldi et al., 1991b <sup>201</sup> |
| Effetti delle dichiarazioni                            | Le sequenze di 7 dichiarazioni sono più                                                        | Cornoldi et al., 1991b <sup>201</sup> |

<sup>200</sup> Cornoldi, C., De Beni, R., Roncari, S., & Romano, S. (1989). The effects of imagery instructions on totally congenitally blind recall. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 321–331.

<sup>201</sup> Cornoldi, C., Cortesi, A., & Preti, D. (1991b). Individual differences in the capacity limitations of visuospatial short-term memory: Research on sighted and totally congenitally blind people. *Memory and Cognition*, 19, 459–468.

|                                                  |                                                                                                                           |                                       |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| direzionali nella memoria spaziale               | difficili da seguire per i non vedenti                                                                                    |                                       |
| Uso della strategia verbale nei compiti spaziali | Strategie verbali usate in modo simile da vedenti e non vedenti                                                           | Cornoldi et al., 1991b <sup>201</sup> |
| Manipolazione della velocità di presentazione    | I non vedenti ottengono punteggi inferiori, ma la velocità di presentazione influisce in modo simile su entrambi i gruppi | Cornoldi et al., 1993 <sup>202</sup>  |

**Tabella 11:** Processi Visuo-Spaziali Attivi e Passivi nei Non Vedenti

| Argomento                                                               | Risultato                                                                                | Autore                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Differenze tra processi visuo-spaziali attivi e passivi nei non vedenti | I non vedenti mostrano prestazioni ridotte nei compiti attivi rispetto a quelli passivi. | Vecchi et al., 1995 <sup>203</sup>             |
| Difficoltà dei non vedenti con immagini multiple e 3D                   | Le prestazioni sono inferiori con matrici 3D, specialmente nei compiti attivi.           | Vecchi, 1998 <sup>204</sup>                    |
| Limitazioni nella generazione e                                         | I non vedenti faticano a mantenere più immagini                                          | Cornoldi, Tinti & Vecchi, 2002b <sup>205</sup> |

<sup>202</sup> Cornoldi, C., Bertuccelli, B., Rocchi, P., & Sbrana, B. (1993). Processing capacity limitations in pictorial and spatial representations in the totally congenitally blind. *Cortex*, 29, 675–689.

<sup>203</sup> Vecchi, T., Monticelli, M. L., & Cornoldi, C. (1995) Visuo-spatial working memory: Structures and variables affecting a capacity measure. *Neuropsychologia*, 33, 1549–1564.

<sup>204</sup> Vecchi, T. (1998). Visuo-spatial limitations in congenitally totally blind people. *Memory*, 6, 91–102.

<sup>205</sup> Cornoldi, C., Tinti, C., & Vecchi, T. (2002b). Memory and integration processes in congenital blindness. In M. A. Heller & S. Ballesteros (Eds.), *Touch and blindness: Psychology and neuroscience* (pp. 109–125). Lawrence Erlbaum Associates.

|                                                             |                                                                                     |                                                |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| integrazione di immagini multiple                           | contemporaneamente ma non a integrarle.                                             |                                                |
| Ruolo della dimensione verticale nei compiti visuo-spaziali | I non vedenti hanno difficoltà con matrici verticali rispetto a quelle orizzontali. | Cornoldi, Tinti & Vecchi, 2002b <sup>205</sup> |

**Tabella 12:** Cecità e Terza Dimensione

| Argomento                                                                 | Risultati                                                                                                 | Autore                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Effetto del tipo di compito (passivo vs. attivo) e della terza dimensione | I compiti attivi sono più difficili per i non vedenti. La rappresentazione 3D crea difficoltà aggiuntive. | Vecchi et al., 1995; <sup>206</sup> Vecchi, 1998 <sup>207</sup> |
| Richiamo passivo e generazione di immagini multiple                       | I non vedenti congeniti hanno difficoltà nel ricordare due matrici contemporaneamente.                    | Cornoldi, Tinti, & Vecchi, 2002b <sup>205</sup>                 |
| Generazione vs. integrazione di immagini                                  | I non vedenti hanno difficoltà a generare più immagini contemporaneamente, ma non nell'integrarle.        | Cornoldi, Tinti & Vecchi, 2002b <sup>205</sup>                  |
| Ruolo della dimensione verticale                                          | I non vedenti hanno difficoltà significative con matrici verticali,                                       | Cornoldi, Tinti & Vecchi, 2002b <sup>205f</sup>                 |

<sup>206</sup> Vecchi, T., Monticelli, M. L., & Cornoldi, C. (1995) Visuo-spatial working memory: Structures and variables affecting a capacity measure. *Neuropsychologia*, 33, 1549–1564.

<sup>207</sup> Vecchi, T. (1998). Visuo-spatial limitations in congenitally totally blind people. *Memory*, 6, 91–102.

|  |                                           |  |
|--|-------------------------------------------|--|
|  | mentre i vedenti non mostrano differenze. |  |
|--|-------------------------------------------|--|

Questa voleva essere una sintesi della letteratura e de magistrale lavoro svolto da Cornoldi e Vecchi rispetto alle abilità visuo-spaziali e alla cecità congenita. Di qui in avanti si parlerà delle ricerche più recenti e attinenti alla presentazione della TUI protagonista di questa tesi.

### 3.3 Pratiche educative e Assessment

Negli ultimi anni, l'attenzione delle comunità scientifiche ed educative si è concentrata sull'importanza di una presa in carico precoce e multidisciplinare, che includa neuropsichiatri, psicologi, insegnanti specializzati e riabilitatori della vista. L'obiettivo è creare contesti di apprendimento e di gioco in cui il bambino possa sviluppare strategie alternative per esplorare l'ambiente: toccare, ascoltare, percepire vibrazioni e riconoscere le piccole differenze nei rumori di fondo sono attività che alimentano e restituiscono percezione del mondo (WHO, 2022).<sup>208</sup>

Nel contesto della cecità, l'orientamento rappresenta molto più che la semplice capacità di muoversi nello spazio. Esso costituisce, in modo fondamentale, la via attraverso cui il bambino entra in relazione con il mondo esterno: un processo dinamico e attivo che coinvolge insieme corpo e mente.

L'orientamento prende avvio dai sensi, principalmente udito e tatto. Questi permettono al bambino di raccogliere informazioni grezze sul mondo, che tuttavia, da sole, non hanno ancora un significato. Solo attraverso la sintesi mentale e l'esplorazione attiva l'input sensoriale si

---

<sup>208</sup> World Health Organization. (2022). *Vision impairment and blindness*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

trasforma in conoscenza. Fin dall'inizio, dunque, l'orientamento implica la partecipazione totale del bambino, sul piano fisico, cognitivo ed emotivo.

Una delle principali strategie adottate nell'insegnamento dei concetti spaziali ai bambini ciechi è l'apprendimento multisensoriale. Tale approccio coinvolge diversi sensi, come tatto, udito e proprioccezione, per trasmettere informazioni spaziali. I primi anni dell'infanzia (3–6 anni) costituiscono un periodo critico per l'acquisizione delle abilità spaziali. È dunque doveroso che gli educatori adottino strategie didattiche intenzionali di tipo multisensoriale, che valorizzino l'apprendimento basato sull'ascolto, sul tatto e sul movimento, al fine di promuovere la comprensione dello spazio (Cappagli, 2019).<sup>209</sup>

È importante incoraggiare il bambino sia all'esplorazione diretta, sia alla riflessione interna sulle informazioni spaziali raccolte. Quando un bambino percepisce un suono provenire da destra, l'insegnante dovrebbe immediatamente etichettarlo: “È la campanella alla tua destra”. I principi dell'addestramento uditivo-spaziale non dovrebbero rimanere confinati a lezioni strutturate, ma essere rinforzati anche in contesti quotidiani, ad esempio descrivendo suoni ambientali durante il gioco (“Ascolta: gli uccelli sono sopra di noi sugli alberi”), proponendo “cacce al tesoro sonore” (“Trova il giocattolo che suona vicino al divano”), o incoraggiando i bambini a descrivere da soli la provenienza dei suoni (“Il microonde sta suonando davanti o dietro di te?”). La chiave consiste nel rendere queste attività coinvolgenti, ripetitive e ricche di linguaggio, in modo che gli indizi uditivi diventino per i bambini ciechi tanto intuitivi e informativi quanto lo sono quelli visivi per i vedenti.

Una volta apprese tali abilità, l'attenzione dovrebbe spostarsi sul movimento, sulla navigazione e sull'orientamento:

---

<sup>209</sup> Cappagli, G., Finocchietti, S., Cocchi, E., Giammari, G., Zumiani, R., Cuppone, A. V., Baud-Bovy, G., & Gori, M. (2019). Audio motor training improves mobility and spatial cognition in visually impaired children. *Scientific reports*, 9(1), 3303. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39981-x>

*“Allenamenti sensomotori focalizzati, che associno informazioni uditive e motorie, possono essere impiegati per prevenire il rischio di ritardi o compromissioni nello sviluppo spaziale fin dalla prima infanzia”* (Cappagli, 2017).<sup>210</sup>

Le ricerche hanno inoltre evidenziato che l'età di insorgenza del deficit visivo influenza notevolmente lo sviluppo di queste abilità. Nel caso della cecità acquisita in età scolare, i bambini possono aver avuto un primo imprinting visivo utile a formare concetti spaziali, i quali successivamente vengono riorganizzati attraverso i canali sensoriali alternativi (Paqualotto & Proulx, 2012).<sup>211</sup> Questo differenzia tali bambini sia dai vedenti sia da coloro che non hanno mai avuto alcuna percezione visiva.

Poiché la costruzione della cognizione spaziale è un processo che attraversa tutta la crescita del bambino, assume un ruolo di primo piano l'educazione inclusiva all'interno delle scuole. Gli insegnanti di sostegno e gli educatori specializzati possono proporre attività strutturate per facilitare l'esplorazione tattile di materiali e ambienti, promuovere l'interazione sociale e favorire la consapevolezza spazio-temporale (Tadić et al., 2009).<sup>212</sup>

Allo stesso tempo, la famiglia svolge un compito insostituibile: incoraggiare e sostenere l'esplorazione autonoma, pur mantenendo un adeguato livello di sicurezza, permette al bambino di sviluppare maggiore fiducia in sé e negli altri canali sensoriali a sua disposizione. È dimostrato che l'approccio genitoriale basato sull'incoraggiamento dell'autonomia,

---

<sup>210</sup> Cappagli, G., Finocchietti, S., Baud-Bovy, G., Cocchi, E., & Gori, M. (2017). Multisensory rehabilitation training improves spatial perception in totally but not partially visually deprived children. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 11, 29. <https://doi.org/10.3389/fnint.2017.00029> (Traduzione a cura dell'autrice)

<sup>211</sup> Pasqualotto, A., & Proulx, M. J. (2012). The role of visual experience for the neural basis of spatial cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 1179–1187. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.01.008>

<sup>212</sup> Tadić, V., Pring, L., & Dale, N. (2009). Are language and social communication intact in children with congenital visual impairment at school age? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(6), 696–705. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02200.x>

unito a una costante attenzione agli aspetti emotivi, favorisce un percorso di sviluppo più equilibrato (Kef & Deković, 2004).<sup>213</sup>

Un settore di ricerca emergente si focalizza sull'impiego della realtà virtuale e aumentata, in cui l'integrazione di suoni direzionali e feedback tattili può simulare ambienti complessi e sicuri per l'allenamento all'orientamento e alla mobilità (Ricci et al., 2022).<sup>214</sup> L'auspicio è che, nei prossimi anni, l'evoluzione tecnologica possa rendere questi strumenti sempre più accessibili e integrabili nelle pratiche riabilitative ordinarie.

Nonostante i progressi, permangono alcune sfide. In primo luogo, la standardizzazione degli strumenti di valutazione delle abilità spaziali per bambini con disabilità visiva è ancora un obiettivo non del tutto raggiunto. Diversi strumenti, infatti, non tengono adeguatamente conto delle strategie percettive alternative che i bambini ciechi o ipovedenti utilizzano. In secondo luogo, la variabilità individuale è notevole: dall'età di insorgenza della disabilità visiva al livello di supporto ambientale, fino alle differenze genetiche e temperamentali. Nell'opera di Aprile e colleghi del 2020 (p.7),<sup>215</sup> leggiamo:

*“Strumenti clinici e/o sperimentali standardizzati per valutare la cognizione spaziale nel bambino con disabilità visiva in fase di sviluppo fornirebbero i criteri per identificare sia le difficoltà spaziali che il tasso di progresso e, di conseguenza, per focalizzare le strategie di intervento riabilitativo sulle aree che necessitano di supporto. Essere in grado di identificare precocemente le compromissioni spaziali con metodi standardizzati e validati aumenterebbe i benefici degli interventi*

---

<sup>213</sup> Kef, S., & Deković, M. (2004). The role of parental and peer support in adolescents well-being: a comparison of adolescents with and without a visual impairment. *Journal of adolescence*, 27(4), 453–466. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2003.12.005>

<sup>214</sup> Ricci, F., Boldini, A., Beheshti, M., Rizzo, J.-R., & Porfiri, M. (2022). A virtual reality platform to simulate orientation and mobility training for the visually impaired. *Virtual Reality*, 27(2), 685–701. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00691-x>

<sup>215</sup> Aprile, G., Cappagli, G., Morelli, F., Gori, M., & Signorini, S. (2020). Standardized and Experimental Tools to Assess Spatial Cognition in Visually Impaired Children: A Mini-Review. *Frontiers in neuroscience*, 14, 562589. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.562589> (Traduzione a cura dell'autrice)

*riabilitativi. Con questa revisione, abbiamo evidenziato che sono stati sviluppati pochissimi strumenti standardizzati per valutare la cognizione spaziale nei bambini con disabilità visiva. Inoltre, gli strumenti sviluppati fino ad oggi presentano alcune importanti limitazioni: ad esempio, la scarsa specificità per la cognizione spaziale (la maggior parte di essi è stata sviluppata principalmente come test di intelligenza generale), l'uso preminente della modalità aptica e la generale mancanza di differenziazione tra bambini ciechi e ipovedenti, non consentendo un adeguato sfruttamento della visione residua. Inoltre, quasi nessun metodo sperimentale è stato validato fino ad ora. La mancanza di misure comportamentali standard e validate per valutare le abilità spaziali nei disabili visivi ha portato a risultati contrastanti nella letteratura riguardo ai miglioramenti e agli impoverimenti della cognizione spaziale in questa popolazione.”*

L'auspicio del presente lavoro è anche quello di contribuire a portare all'attenzione della comunità scientifica la questione della standardizzazione degli strumenti clinici.

### **3.4 Alcune delle Tecnologie Tiflodidattiche dedicate alle Abilità Spaziali**

Nel tentativo di progettare e realizzare una mia Tangible User Interface per lo sviluppo di abilità spaziali, è stato di grande interesse per me ispirarmi a coloro che l'hanno fatto prima: in questa sezione, raccolgo i lavori che secondo me hanno avuto maggior rilievo nella creazione della TUI di cui si parlerà nel capitolo successivo.

ABBI (Audio Bracelet for Blind Interaction) (Figura 16) è un dispositivo indossabile sviluppato da Giulia Cappagli e dal suo team, concepito per potenziare la percezione spaziale nei bambini con disabilità visiva attraverso un training riabilitativo multisensoriale. ABBI utilizza un feedback sonoro attivato dal movimento per sostituire l'associazione visuo-motoria mancante, contribuendo così alla costruzione della consapevolezza spaziale.

Gli studi hanno mostrato che i bambini ciechi congeniti hanno evidenziato significativi miglioramenti nei compiti spaziali dopo l'utilizzo di ABBI, mentre i bambini ipovedenti non hanno tratto lo stesso beneficio, probabilmente in virtù del residuo visivo che già supportava il loro sviluppo spaziale. L'intuitività del dispositivo e l'enfasi sull'integrazione naturale audio-motoria ne fanno uno strumento promettente per interventi precoci (Cappagli, 2017).<sup>210</sup>

Il bambino impara dapprima a rilevare ostacoli, poi a distinguerne differenti tipologie e infine a percepirne la forma attraverso il suono. Ciò richiede pazienza, attenzione e un progressivo affinamento percettivo. La capacità di “ascoltare” la disposizione di una stanza o la struttura di un giardino non si traduce solo in comprensione pratica, ma anche in un più profondo apprezzamento dell'ambiente.

Mentre l'input uditivo fornisce informazioni distali, le esperienze tattili e motorie ancorano la comprensione spaziale al corpo. Le mappe tattili, ad esempio, consentono ai bambini di esplorare la disposizione della classe o della casa tramite rappresentazioni in rilievo, offrendo un ancoraggio mentale utile alla navigazione reale. Questi strumenti, oggi, vengono arricchiti dall'integrazione con tecnologie e metodologie multisensoriali, come dimostra il progetto *MapSense* (Brulé, 2018).<sup>216</sup>

*MapSense* (Figura 17) è un sistema interattivo di mappatura multisensoriale progettato per supportare l'apprendimento della geografia nei bambini con disabilità visiva. Combina elementi tattili, uditivi, olfattivi, gustativi e tangibili, con l'obiettivo di creare un'esperienza inclusiva e stimolante. Alla base vi è un touchscreen capacitivo da 27 pollici, sovrapposto a una mappa tattile in rilievo realizzata su carta termoespansa. Gli utenti interagiscono con la mappa tramite doppi tocchi, che attivano feedback sonori attraverso altoparlanti integrati. Un menu a due livelli

---

<sup>216</sup> Brulé, E., Bailly, G., Brock, A., Gentès, A., & Jouffrais, C. (2018). An exploratory study of the uses of a multisensory map—with visually impaired children. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(3), 36. <https://doi.org/10.3390/mti2030036>

consente l'accesso a diverse categorie di informazioni geografiche e fornisce istruzioni verbali per raggiungere punti di interesse. Il sistema integra inoltre elementi conduttivi stampati in 3D che rappresentano edifici, servizi ed elementi naturali, talvolta arricchiti con materiali odorosi o gustabili (ad esempio erba fresca, formaggio di capra, gomma) per favorire un'esplorazione sensoriale di concetti astratti quali urbanizzazione, agricoltura e infrastrutture (Brulè, 2018).<sup>216</sup>

Un terzo progetto molto interessante è *AudioDoom*, sviluppato da Jaime Sánchez e Mauricio Lumbreras (1999)<sup>217</sup>, rappresenta un esempio emblematico di come il 3D audio interattivo possa supportare l'orientamento, la consapevolezza spaziale e lo sviluppo cognitivo nei bambini ciechi. Attraverso cuffie o altoparlanti esterni, i bambini interpretano i suoni spazializzati, muovendosi passo dopo passo lungo corridoi, interagendo con oggetti e affrontando sfide. Ogni suono è collocato nello spazio tramite tecniche di audio tridimensionale, permettendo di percepirne la direzione.

*AudioDoom* (Figura 18) non è soltanto un gioco, ma un ambiente educativo basato sulla narrazione, definito dagli autori una *iperstoria*. Diversamente dalla narrazione lineare tradizionale, l'iperstoria è interattiva, ramificata e dinamica. Il bambino assume un ruolo centrale nello sviluppo della trama, prendendo decisioni, attivando eventi e modellando il corso della storia. L'esperienza intende riprodurre la complessità della vita reale, in cui le azioni hanno conseguenze e l'orientamento dipende in primis dal sapere dove ci si trova, ma anche dal comprendere scopi e obiettivi. In tal modo, l'apprendimento spaziale si radica nel contesto narrativo: non si tratta soltanto di girare a destra o a sinistra, o di raccogliere oggetti virtuali, ma di diventare il protagonista di una storia, muovendosi con intenzionalità, prendendo decisioni, resolvendo problemi. Questa cornice

---

<sup>217</sup> Sánchez, J., & Lumbreras, M. (1999). Virtual environment interaction through 3D audio by blind children. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 2(2), 101–111. <https://doi.org/10.1089/cpb.1999.2.101>

narrativa contribuisce a motivare i bambini, trasformando il ragionamento spaziale astratto in un'esperienza personale e significativa.

Il potenziale educativo di *AudioDoom* emerge in particolare nella fase successiva al gioco. Ai bambini viene chiesto di ricostruire l'ambiente virtuale esplorato utilizzando mattoncini LEGO. Ogni tipologia di mattoncino rappresenta un elemento del mondo sonoro: corridoi, porte, personaggi, ostacoli. Attraverso questa ricostruzione tattile, i bambini rivelano le mappe mentali formate. È sorprendente osservare quanto spesso tali modelli risultino dettagliati e accurati, a testimonianza della ricchezza delle rappresentazioni interne, sviluppate unicamente tramite suono e interazione.

Questo processo dimostra che il suono non è soltanto un canale passivo di ricezione, ma può diventare, se progettato intenzionalmente, un mezzo attivo di pensiero. Tali strumenti non costituiscono semplici novità tecnologiche: stanno ridefinendo il modo in cui i bambini ciechi interiorizzano le relazioni spaziali sin dalla prima infanzia. Un ulteriore esempio, rivolto a una fascia di età più avanzata (16–19 anni), è *LoI – Legend of Iris* (Allain, 2015)<sup>218</sup>, un gioco educativo audio-based ideato per allenare le abilità di navigazione nei soggetti non vedenti.

*Legend of Iris* (Figura 19) è un gioco di esplorazione in 3D ambientato in un mondo fantastico, che integra enigmi focalizzati sulla localizzazione sonora, sulla capacità di filtrare distrazioni, sul tracciamento di oggetti in movimento e sulla memoria spaziale. Utilizza funzioni di trasferimento legate alla testa (HRTF) per un audio tridimensionale realistico e supporta sistemi di head-tracking (ad es. Oculus Rift) per un orientamento naturale. Controlli personalizzati garantiscono l'accessibilità, mentre strumenti visivi permettono agli insegnanti di monitorare i progressi.

---

<sup>218</sup> Allain, K., Dado, B., van Gelderen, M., Hokke, O., Oliveira, M., Kybartas, B., Bidarra, R., Gaubitch, N. D., & Hendriks, R. C. (2015). An audio game for training navigation skills of blind children. 2015 IEEE 5th *International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–8.



*Figura 16: ABBI Braccialet*

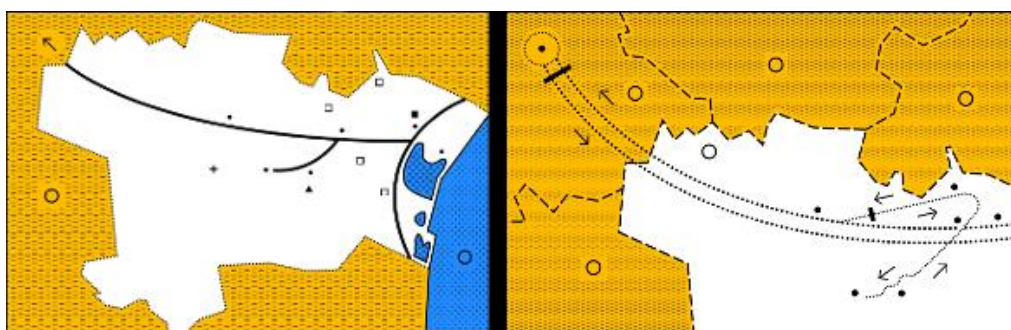


*Figura 17: MapSense*

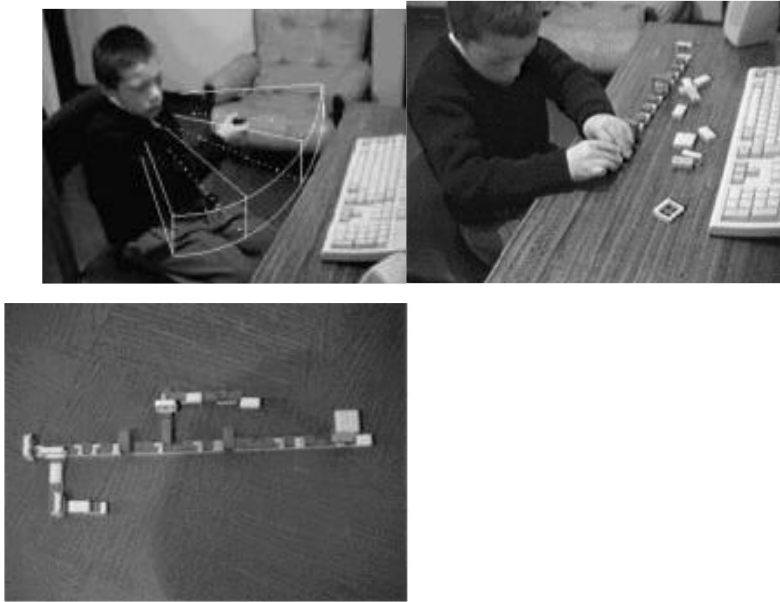


*Figura 18: AudioDoom*

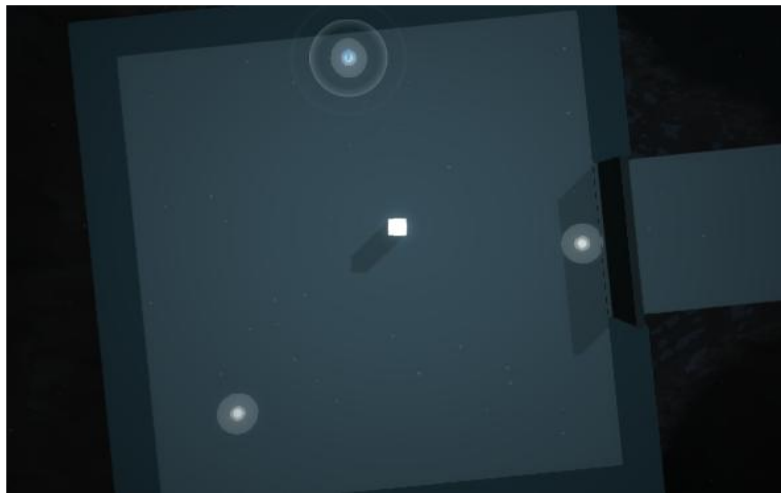


*Figura 19: Legend of Iris*

### 3.4.1 Gamification e Storytelling

La gamification e lo storytelling hanno assunto un ruolo centrale nei più recenti dibattiti sul design delle esperienze educative, formative e comunicative. La prima si concentra sull'integrazione di elementi tipici del gioco in contesti che non hanno una finalità ludica, con l'obiettivo di stimolare la motivazione, il coinvolgimento e la persistenza degli utenti. Il secondo si fonda sull'uso della narrazione come strumento per trasmettere conoscenze, valori e significati, facilitando processi di comprensione, memoria e identificazione. Entrambi i concetti condividono l'intento di rendere l'esperienza più immersiva e significativa: se la gamification mira a coinvolgere attraverso meccaniche e dinamiche interattive, lo storytelling agisce sulla dimensione simbolica ed emotiva. La loro integrazione consente di unire il potere motivazionale del gioco con la capacità della narrazione di costruire senso e connessioni, offrendo nuove prospettive per la progettazione di contesti educativi e applicativi. Nello specifico, la gamification introduce meccaniche e dinamiche di gioco in contesti non ludici per promuovere comportamenti desiderati e qualità dell'esperienza (Deterding et al., 2011<sup>219</sup>; Huotari & Hamari, 2012)<sup>220</sup>, mentre lo storytelling struttura contenuti e contesti tramite narrazioni che facilitano identificazione, senso e trasporto narrativo.

"La storia è il miglior veicolo per trasmettere informazioni fattuali. Personaggi ed eventi storici restano impressi nella mente dei bambini quando vengono comunicati attraverso una narrazione. I modi di altre culture, sia antiche che viventi, acquisiscono dignità nella forma di racconto. I fatti su come si sviluppano piante e animali, su come funzionano i numeri o su come le politiche governative influenzano la storia — qualunque

---

<sup>219</sup> Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. E. (2011). From game design elements to 'gamefulness': Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

<sup>220</sup> Huotari, K., & Hamari, J. (2012). Defining gamification: A service marketing perspective. In *Proceedings of the 16th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 17–22). ACM. <https://doi.org/10.1145/2393132.2393137>

argomento, in realtà — può essere incorporato in una forma narrativa e reso così più memorabile." (NCTE, 1992, citato in Haven, 2007, p.98)<sup>221</sup>

Le revisioni della letteratura sulla gamification mostrano risultati complessi: esistono evidenze che la gamification può aumentare risultati desiderati (attivazione, partecipazione, apprendimento) ma gli effetti sono fortemente dipendenti dal contesto, dall'intento, dalle caratteristiche dell'utente e dal tipo di elementi di gioco adottati. L'applicazione della gamification in ambito educativo e dell'apprendimento presenta un duplice potenziale. Da un lato, è associata a un incremento della motivazione, del coinvolgimento e del gradimento da parte degli discenti, fattori che si traducono in outcomes di apprendimento migliorati. Dall'altro lato, essa introduce delle criticità significative. La competizione, sebbene spesso catalizzatrice di impegno, può generare stati di stress e ansia da prestazione. Ulteriori sfide risiedono nella difficoltà oggettiva di valutare le prestazioni in contesti gamificati e nella natura intrinsecamente design-dependent dell'efficacia dello strumento; un'implementazione progettuale carente ne pregiudica inevitabilmente i benefici. L'impatto è inoltre moderato da variabili individuali. Mentre alcuni studenti traggono vantaggio dalla struttura competitiva, trovando in essa uno stimolo, altri possono sperimentare sentimenti di discouragement e frustrazione. Ne consegue la fondamentale importanza di un approccio personalizzato, che tenga conto delle differenze individuali per massimizzare l'efficacia pedagogica della gamification (Hamari et al., 2014).<sup>222</sup> Non tutti gli elementi ludici sono intercambiabili: badge, punti, classifiche e feedback influenzano in modo differente la soddisfazione dei bisogni psicologici e quindi la qualità della motivazione; in particolare, elementi che promuovono senso di progresso e feedback significativo tendono a sostenere la competenza, mentre elementi

---

<sup>221</sup> Haven, K. (2007). *Story proof: The science behind the startling power of story*. Westport, CT: Libraries Unlimited. (Traduzione a cura dell'autrice)

<sup>222</sup> Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? — A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>

che permettono scelta e personalizzazione supportano l'autonomia (Sailer et al., 2017).<sup>223</sup>

---

<sup>223</sup> Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371–380.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>

### 3.5 Riferimenti Neurocognitivi: Plasticità Cerebrale e Sviluppo

La vista è spesso considerata il senso dominante nella navigazione spaziale, poiché fornisce una quantità significativa di informazioni per orientarsi e interagire con l'ambiente (Gibson, 1979).<sup>224</sup> In presenza di cecità, soprattutto nei casi di cecità congenita, si attivano meccanismi di compensazione che consentono la “riconversione” del sistema visivo a favore di segnali uditivi e somatosensoriali, e come aggiungono Merabet e Pascual-Leone (2010, p.44)<sup>225</sup>,

*“Gli individui ciechi (in particolare se ciechi dalla nascita o da età molto precoce) mostrano abilità comportamentali comparabili, e in alcuni casi persino superiori, a quelle dei vedenti. Ciò include soglie di discriminazione tattile più fini e prestazioni superiori nella discriminazione del tono uditivo e nella localizzazione spaziale dei suoni.”*

La riflessione sulla rappresentazione spaziale nei ciechi si lega a un più ampio dibattito neuropsicologico sulla distinzione fra codici egocentrici e allocentrici, ampiamente studiata attraverso il modello del neglect. Il neglect, o emispatial neglect, è un disturbo neurologico che insorge in seguito a lesioni dell'emisfero destro e che si manifesta come un'incapacità di esplorare o rappresentare una parte dello spazio, di solito quella controlaterale alla lesione. Nel 1998 Pizzamiglio, Guariglia e Cosentino hanno fornito evidenza comportamentale della distinzione tra processi allocentrici ed egocentrici nella rappresentazione spaziale, studiando pazienti con lesioni dell'emisfero destro con e senza neglect.<sup>226</sup> Attraverso un compito di orientamento in una stanza rettangolare, con e senza indizi visivi, gli autori hanno osservato che alcuni pazienti trascuravano le informazioni geometriche ma utilizzavano i segnali visivi, mentre altri

---

<sup>224</sup> Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin.

<sup>225</sup> Merabet, L. B., & Pascual-Leone, A. (2010). Neural reorganization following sensory loss: the opportunity of change. *Nature reviews. Neuroscience*, 11(1), 44–52.  
<https://doi.org/10.1038/nrn2758> (Traduzione a cura dell'autrice):

<sup>226</sup> Pizzamiglio, L., Guariglia, C., & Cosentino, T. (1998). Evidence for separate allocentric and egocentric space processing in neglect patients. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 34(5), 719–730. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70775-5](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70775-5)

mostravano il pattern opposto. Tale doppia dissociazione, correlata a differenti sedi lesionali, suggerisce l'esistenza di sistemi neurali distinti e parzialmente indipendenti per la codifica allocentrica e quella egocentrica dello spazio. Qualche anno più tardi, Guariglia e Pizzamiglio (2007, p.20)<sup>227</sup> dimostrano che la forma percettiva del disturbo, che interessa la ricezione sensoriale diretta, non compromette i processi di navigazione più basilari:

*“Il neglect unilaterale non compromette la capacità di utilizzare alcuni processi di navigazione di base, come l'integrazione di percorso, ma influisce sulla capacità di sviluppare e utilizzare mappe cognitive dell'ambiente per la navigazione.”*

Questa distinzione consente di separare i meccanismi di orientamento immediato, legati al corpo e alle informazioni idiotetiche, da quelli di rappresentazione simbolica e mnesica dello spazio, implicati nella costruzione di mappe cognitive. Nei pazienti con neglect rappresentazionale, si osserva invece un'incapacità di “costruire una mappa cognitiva dell'ambiente sperimentale”, il che impedisce loro di memorizzare la posizione del bersaglio nella memoria a lungo termine. Tale deficit deriva da un danno a un sistema di imagery dedicato all'elaborazione delle informazioni ambientali per la costruzione di mappe cognitive utili alla navigazione. Queste evidenze mostrano che la navigazione non dipende solo dalla percezione sensoriale, ma anche dalla capacità di formare e manipolare immagini mentali dello spazio, un processo che nei ciechi congeniti deve necessariamente emergere attraverso canali diversi dalla visione. In questo senso, i ciechi condividono con i pazienti affetti da neglect rappresentazionale la difficoltà di generare spontaneamente mappe allocentriche, ma – a differenza di questi ultimi – possono sviluppare, grazie alla plasticità cerebrale, strategie compensatorie basate sull'integrazione multisensoriale.

---

<sup>227</sup> Guariglia, C., & Pizzamiglio, L. (2007). The role of imagery in navigation: Neuropsychological evidence. In T. Vecchi & G. Bottini (Eds.), *Imagery and spatial cognition* (pp. 17–31). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-71978-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71978-8_2)

Questi risultati si integrano con studi più recenti che suggeriscono che, in una certa misura, anche individui con cecità congenita possano sperimentare forme di immaginazione visiva (Cattaneo et al., 2008<sup>228</sup>; Kang et al., 2023<sup>229</sup>). In questi casi, le rappresentazioni “visuo-simili” sembrano emergere dall’integrazione multisensoriale (ad esempio, tatto, udito e informazioni semantiche), a indicare una predisposizione genetica della corteccia visiva a supportare funzioni cognitive di tipo “visual-like”, nonostante l’assenza di input ottici. Come osservano Piccardi et al. (2017),<sup>230</sup> le differenze individuali nelle abilità di imagery mentale predicono in modo significativo la performance nei giudizi direzionali ambientali, un risultato che suggerisce che anche nei ciechi congeniti, dove i canali visivi non sono disponibili, la variabilità nell’imagery multisensoriale potrebbe influenzare la navigazione spaziale. Queste rappresentazioni si creano in aree di integrazione sensoriale superiore, come la extrastriate body area, la regione occipito-temporale laterale (lateral occipital tactile-visual area), i giri fusiformi e l’area temporale inferiore (Kang et al., 2023).<sup>229</sup> Il fenomeno opposto, definito “afantasia” o “blind imagination”, è stato associato a un’iperattivazione della corteccia cingolata anteriore destra e a una ridotta attività nei giri fusiformi e nelle aree temporo-occipitali, evidenziando in tal modo quanto queste regioni rivestano un ruolo chiave nella generazione di immagini visive (Fulford et al., 2018).<sup>231</sup> La differenza sostanziale fra la deprivazione visiva congenita (fenomeno sensoriale) e l’afantasia (disfunzione percettivo-corticale) sottolinea ulteriormente la natura multiforme e plastica del sistema visivo.

---

<sup>228</sup> Cattaneo, Z., Vecchi, T., Cornoldi, C., Mammarella, I., Bonino, D., Ricciardi, E., & Pietrini, P. (2008). Imagery and spatial processes in blindness and visual impairment. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 32(8), 1346–1360. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.05.002>

<sup>229</sup> Kang, J., Bertani, R., Raheel, K., Soteriou, M., Rosenzweig, J., & Valentin, A., et al. (2023). Mental Imagery in Dreams of Congenitally Blind People. *Brain Sciences*, 13(10), 1394 <https://doi.org/10.3390/brainsci13101394>

<sup>230</sup> Piccardi, L., Bocchi, A., Palmiero, M., Verde, P., & Nori, R. (2017). Mental imagery skills predict the ability in performing environmental directional judgements. *Experimental Brain Research*, 235(7), 2225–2233. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-4966-8>

<sup>231</sup> Fulford, J., Milton, F., Salas, D., Smith, A., Simler, A., Winlove, C., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery vividness – An fMRI study and literature review. *Cortex*, 105, 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.09.014>

Sebbene la percezione visiva e l'immaginazione visiva condividano alcune aree corticali, si riconoscono oggi come due funzioni neurofunzionali distinte (Fulford et al., 2018). Da un lato, la percezione visiva si fonda essenzialmente sull'elaborazione di stimoli<sup>231</sup> esterni da parte della corteccia occipitale; dall'altro, l'immaginazione visiva ("visual imagery") coinvolge processi cognitivi di tipo generativo, collegati ad aree frontoparietali di controllo dell'attenzione e della memoria, e a zone implicate nella cognizione autoriflessiva (default mode network). Inoltre, la vividezza dell'immaginazione è stata messa in relazione con l'attivazione della corteccia cingolata posteriore, del giro fusiforme e dei giri paraippocampali (Fulford et al., 2018).<sup>231</sup>

La lateralizzazione degli arti e, in particolare, della mano, si sviluppa già a 18 settimane di gestazione, per diventare chiaramente osservabile intorno ai 6 mesi di età nei bambini vedenti (Tomasi & Volkow, 2024).<sup>232</sup> Questo processo è regolato dalla corteccia somatosensoriale primaria (S1) e da meccanismi di comunicazione interemisferica (tramite il corpo calloso) verso le aree associative, come la corteccia somatosensoriale secondaria (S2) e la corteccia parietale (Tamè et al., 2019).<sup>233</sup> Poiché questo circuito neurale si basa prevalentemente su segnali tattili e propriocettivi, i bambini ciechi manifestano una lateralizzazione degli arti comparabile a quella dei coetanei vedenti, non richiedendo un input visivo per il suo consolidamento (Ittyerah et al., 2007).<sup>234</sup> La prospettiva allocentrica, che in genere compare tra i 6 e i 10 mesi di vita, richiede un'integrazione più elaborata di segnali visivi e propriocettivi, orchestrata da aree associative di ordine superiore nella corteccia parietale (Area 7b PF), responsabili della pianificazione

---

<sup>232</sup> Tomasi, D., & Volkow, N. D. (2024). Associations between handedness and brain functional connectivity patterns in children. *Nature communications*, 15(1), 2355. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46690-1>

<sup>233</sup> Tamè, L., Azañón, E., & Longo, M. R. (2019). A Conceptual Model of Tactile Processing across Body Features of Size, Shape, Side, and Spatial Location. *Frontiers in psychology*, 10, 291. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00291>

<sup>234</sup> Ittyerah, M., Gaunet, F., & Rossetti, Y. (2007). Pointing with the left and right hands in congenitally blind children. *Brain and cognition*, 64(2), 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.02.002>

spaziale (Rolls, 2023).<sup>235</sup> Nei bambini con cecità congenita, questa funzione risulta spesso compromessa o ritardata, dato che la mancanza di feedback visivo ostacola la costruzione iniziale di mappe allocentriche (Tamè et al., 2019).<sup>233</sup> Studi evidenziano anche differenze legate al genere, con prestazioni in media superiori nei maschi rispetto alle femmine su compiti di orientamento allocentrico (Ittyerah et al., 2007).<sup>234</sup>

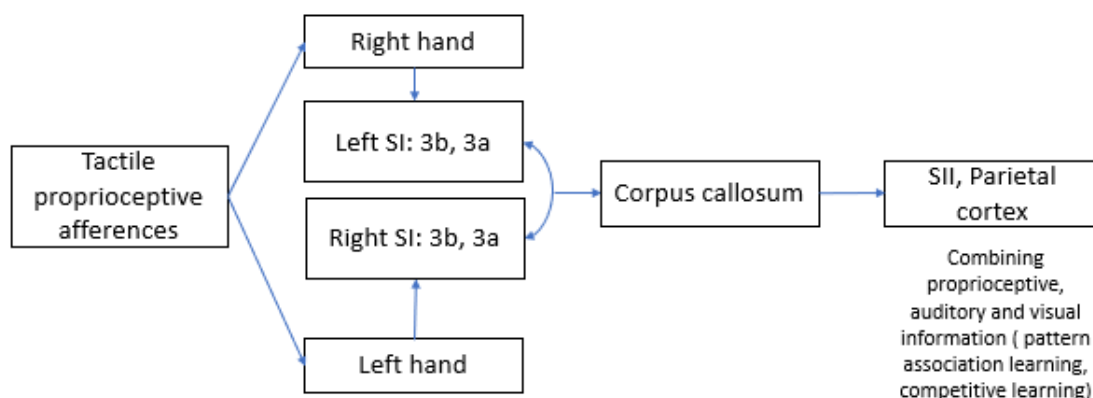


*Figura 20: Posture canoniche propriocettive*

L'orientamento allocentrico comprende due tipologie di processi (Tamè et al., 2019)<sup>233</sup>:

1. **Spatial Priors:** punti di riferimento (visivi o propriocettivi) che consentono di localizzare e mappare stimoli tattili nell'ambiente. Questi riferimenti emergono da neuroni multimodali ubicati nella corteccia parietale posteriore, la cui attività si modifica in funzione della posizione degli occhi, delle mani e della testa.
2. **Posture Canoniche Propriocettive:** rappresentazioni interne di configurazioni corporee "tipiche" (come la posizione standard delle braccia o delle gambe), custodite in aree visuotattili che permettono

<sup>235</sup> Rolls, E. T. (2023). The parietal cortex, spatial functions, and navigation. In *Brain Computations and Connectivity* (2nd ed., pp. 459–474). Oxford University Press.  
<http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198887911.003.0010>

la codifica e il richiamo di layout posturali già memorizzati (area BA5/PE nel lobo parietale superiore).

Nei bambini privi di vista, l'assenza di correlati visivi rende particolarmente complessa la creazione di "spatial priors" flessibili e di posture canoniche integrate, rallentando così l'acquisizione di competenze allocentriche. La vista, pur essendo un canale privilegiato per la raccolta di informazioni spaziali, non esaurisce la capacità del cervello di sviluppare rappresentazioni complesse dell'ambiente. Nei bambini con disabilità visiva, l'assenza o la ridotta disponibilità di stimoli visivi comporta una serie di adattamenti neuroplastici che coinvolgono le aree occipitali (originariamente deputate alla visione) ma anche le regioni parietali, frontali e temporali. Questi processi di compensazione permettono una navigazione efficace, sebbene con tempi di acquisizione più lunghi e una maggiore dipendenza da segnali tattili e uditivi. L'impatto di tali trasformazioni emerge in modo particolare nel passaggio dalla prospettiva egocentrica a quella allocentrica, dove la carenza di riferimenti visivi iniziali può ritardare l'organizzazione di mappe spaziali indipendenti dal corpo. Parallelamente, gli studi sull'immaginazione visiva nei ciechi congeniti mostrano che la corteccia visiva rimane un "hub" cruciale per l'integrazione multisensoriale, evidenziando la straordinaria plasticità del sistema nervoso e le sue potenzialità nell'adattamento funzionale a contesti sensoriali non convenzionali.

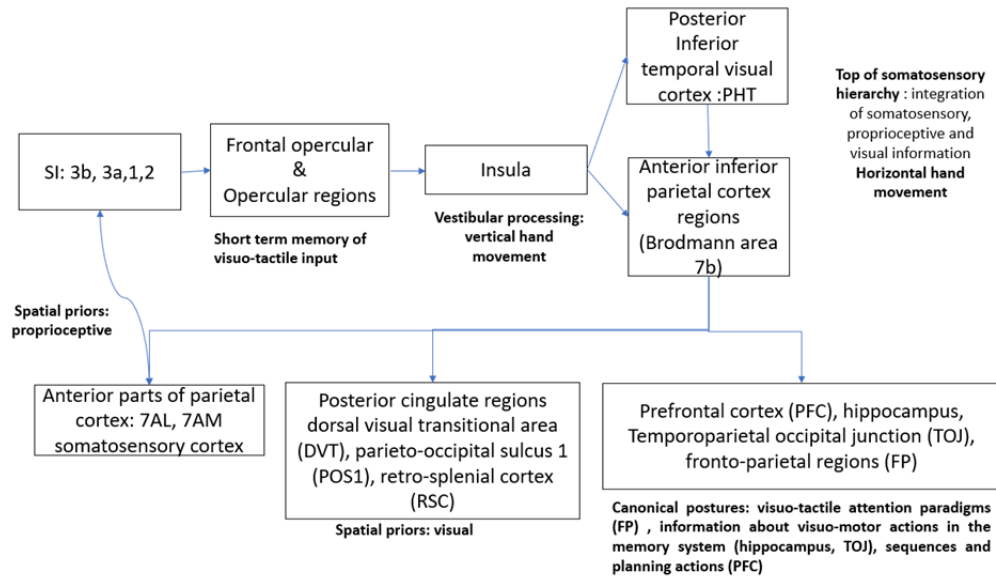


Figura 21: Spatial Priors

## Capitolo IV

### Spatial Explorer

#### **4.1 Individuazione del target e delle attuali pratiche educative: intervista ai referenti CCT italiani**

Questa ricerca, fase preliminare alla fase di progettazione e design della TUI oggetto di sperimentazione della presente tesi, è stata presentata in occasione del convegno Sipes 2024.

La dimensione spaziale in bambini ciechi o ipovedenti gravi è oggetto di studio, a lungo discusso e articolato all'interno sia di contesti scientifici quanto di contesti pratici ed educativi. In generale, l'enfasi è posta sull'abilità di orientamento nello spazio, le cui pratiche educative partono dai primissimi anni di vita del bambino. Lo scopo di questa ricerca è però collaterale rispetto alla dimensione orientativa, poiché mira a svelare alcuni meccanismi della dimensione delle relazioni spaziali e in particolare dei concetti topologici, cercando di sviscerare un coinvolgimento delle capacità in quest'area per ottenere abilità orientative più efficaci e di acquisizione più rapida. Per parlare propriamente di concetti topologici e della loro pratica educativa, ho ritenuto necessario condurre un'intervista ai responsabili di alcuni dei CCT (Centro di Consulenza Tiflodidattica) in Italia che hanno volontariamente accettato di partecipare allo studio.

#### *Metodo*

Sono state condotte interviste semi strutturate a dieci dei responsabili CCT ed esperti del settore. Le domande principali dell'intervista includevano: *“Qual è il metodo ad oggi adoperato dal Centro per l'insegnamento di concetti topologici?”* *“Da quale età?”* *“Su quali pratiche e temi vorrebbe che la ricerca scientifica e tecnologica si concentrasse per migliorare l'educazione di soggetti ciechi ed ipovedenti?”* *“Ritiene sia*

*importante implementare la tecnologia digitale nella tiflodidattica?”  
“Quali sono ad oggi le sfide quotidiane in ambito educativo tiflodidattico?”.*

La ricerca è stata condotta nell'autunno del 2023, principalmente in modalità telematica, con alcune eccezioni in presenza. I partecipanti provengono sia dal sud, che dal centro che dal nord Italia. È stato scelto il metodo dell'intervista semi strutturata per garantire il passaggio a temi e spunti non primariamente ipotizzati.

### *Risultati*

Si possono distinguere diversi risultati di questa intervista, classificabili come segue:

- L'insegnamento di concetti topologici avviene dai tre anni di età in media
- Viene utilizzato il casellario romagnoli
- Parere favorevole sull'incremento dell'uso di tecnologie digitali educative specifiche
- Bisogno crescente di formazione adeguata degli insegnanti di tutti gli ordini e gradi

### *Discussione e direzioni future*

Proveremo a suddividere la discussione seguendo i vari argomenti presentati nei risultati.

1. L'insegnamento di concetti topologici avviene dai tre anni di età in media.

Effettivamente, l'acquisizione di concetti topologici, a livello cognitivo, avviene intorno ai 2.5 anni di età (Piaget, 1956).<sup>236</sup>

2. Viene utilizzato il casellario romagnoli.

---

<sup>236</sup> Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The Child's Conception of Space*. Routledge & Kegan Paul

L'insegnamento di concetti topologici o di concetti spaziali su piano avviene attraverso il casellario romagnoli, uno strumento ideato sì per l'educazione di bambini e ragazzi ciechi ed ipovedenti, ma allo scopo di educare al pregrafismo e al calcolo. Inoltre, per sua natura, non tutti i concetti topologici sono agilmente trasmessi attraverso il casellario. Trattasi dunque di uno strumento sicuramente fondamentale per gli scopi a cui è destinato, ma probabilmente solo parzialmente adatto per i concetti topologici.

3. Parere favorevole sull'incremento dell'uso di tecnologie digitali educative specifiche.

Sicuramente negli anni si è potuto apprezzare tutto il progresso nell'autonomia che le tecnologie hanno consentito. Dallo screen reader, alla navigazione, all'intelligenza artificiale che permette di descrivere una scena con l'uso di un semplice telefonino. O si pensi ad applicazioni come “Be my Eyes” (sviluppata da Hans Jørgen Wiberg nel 2015) che ha effettivamente connesso e concretamente aiutato la comunità. Insomma, le tecnologie assistive hanno aperto la strada all'uso sempre più frequente di tecnologie educative specifiche, ancora poco diffuse ma sicuramente pronte a rivoluzionare la tiflodidattica.

4. Bisogno crescente di formazione adeguata degli insegnanti di tutti gli ordini e gradi.

La competenza degli insegnanti in materia di Tiflodidattica è ancora percepita come non sufficiente, in media, per garantire una formazione adeguata agli studenti. In particolare, si evidenzia un insufficiente ricorso agli strumenti didattici che potrebbero essere richiesti e messi a disposizione dai CCT. Toccando, il bambino cieco impara e rappresenta il suo mondo: e nella dimensione ludica l'apprendimento è veloce e rafforzato. Arriviamo dunque al fine ultimo di questo studio e di questa ricerca in particolare: la creazione di una Tangible user interface a scopo ludico ed educativo, progettata appunto per i concetti topologici.

## 4.2 Spatial Explorer: una TUI per l'Apprendimento dei Concetti Spaziali

Una prima bozza di progettazione di questa TUI è stata presentata alla conferenza IAFOR già precedentemente citata.

Spatial Explorer è una Tangible User Interface (TUI) progettata per insegnare e allenare i concetti spaziali fondamentali in modo ludico e interattivo. Il sistema comprende un set di scatoline e palline, un'applicazione su PC e un lettore NFC. Particolarità distintiva è la presenza di un guanto dotato di tag NFC, che il bambino indossa durante l'attività, consentendo al software di rilevare i movimenti e le posizioni delle mani in relazione agli oggetti fisici.

L'obiettivo principale di Spatial Explorer è offrire un contesto di gioco strutturato, in cui sperimentare attivamente relazioni spaziali come “destra/sinistra”, “davanti/dietro”, “aperto/chiuso”, “sopra/sotto”, “dentro/fuori”, “in alto/in basso” e così via. L'applicazione fornisce un feedback immediato – confermando la risposta corretta o invitando a riprovare – favorendo l'apprendimento graduale e personalizzato.

### 1. Composizione della TUI

1. **Scatoline:** elementi contenitori, ciascuno munito di un tag NFC. Possono essere aperti/chiusi, impilati e organizzati in base alle istruzioni fornite dall'applicazione.
2. **Palline:** piccole sfere, in materiale morbido, utilizzate per esercizi di collocazione nello spazio.
3. **Guanto con Scanner NFC:** il bambino indossa un guanto sul quale è applicato lo scanner NFC. Quando la mano si avvicina alla pallina o alla scatola, il lettore NFC rileva la prossimità e invia l'informazione all'applicazione, tracciando così i movimenti e confermando l'azione intrapresa. Il guanto è predisposto in maniera

tale da accogliere utenti sia destrorsi che mancini, grazie alla struttura mobile del supporto scanner NFC.

4. **Scanner NFC:** dispositivo che legge i segnali provenienti sia dal guanto sia dagli oggetti (scatoline e palline).
5. **Applicazione PC (“I’m in Tales”):** software in cui vengono presentati compiti, domande e risultati. È responsabile di erogare i feedback, come “Ottimo, è la posizione corretta!” o “Riprova, non è la giusta collocazione.”

## **2. Principio di Funzionamento**

1. **Selezione del Task:** l’operatore (es. un educatore) sceglie dal menu un determinato compito didattico, ad esempio “Inserisci la pallina nella scatola posizionandola alla tua sinistra”, oppure segue il percorso predefinito.
2. **Interazione Fisica:** il bambino, indossando il guanto NFC, manipola le scatole e le palline. Non appena la mano con il tag si avvicina all’oggetto, il lettore NFC registra la posizione e l’azione, inviando questi dati all’applicazione.
3. **Feedback Immediato:** l’applicazione controlla la correttezza dell’operazione – per esempio, se la pallina è effettivamente nella scatola e se quest’ultima è stata collocata alla sinistra del bambino. In caso di successo, viene immediatamente rinforzata l’azione con un feedback vocale positivo; in caso di errore, si suggerisce di riprovare.
4. **Apprendimento Graduale:** se il bambino ha completato correttamente l’esercizio, passa a un task successivo di difficoltà maggiore; se invece sbaglia, viene invitato a riprovare.

## **3. Task e Obiettivi Principali**

### **3.1 Task di Localizzazione Spaziale**

- **Davanti/Dietro:** identificare la posizione longitudinale di un oggetto rispetto a un altro (ad esempio, la scatolina dietro la pallina).

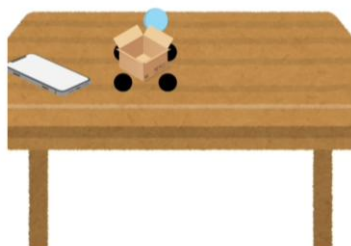


*Figura 22: Lato*

- **Vicino/Lontano:** modulare la distanza tra due oggetti, imparando a collocare correttamente palline e scatoline in funzione di un punto di riferimento.

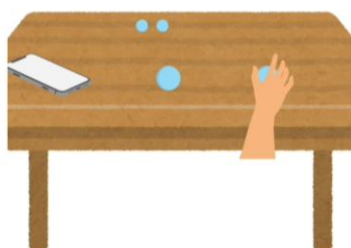


*Figura 23: Vicino e lontano*

- **Al Centro:** collocare la pallina esattamente al centro di di un'area delimitata, lavorando sulla precisione spaziale e la coordinazione (tattile-manuale o visuo-manuale, a seconda delle capacità del bambino).

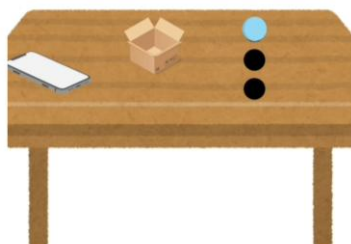


*Figura 24: Alto, centro, basso*

### 3.2 Task di Orientamento Verticale

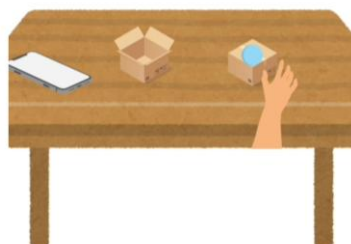


*Figura 25: Sopra, sotto*

- **Sopra/Sotto:** raffinare il concetto di verticalità, ad esempio “Metti la pallina sopra la scatolina”.

### 3.3 Task di Dentro/Fuori e Aperto/Chiuso

- **Dentro/Fuori:** inserire o estrarre la pallina dalla scatolina, per comprendere i concetti di inclusione ed esclusione spaziale.

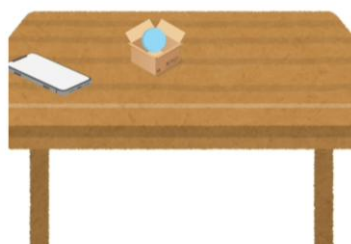


*Figura 26: Dentro, fuori*

- **Aperto/Chiuso:** distinguere la scatolina aperta da quella chiusa.

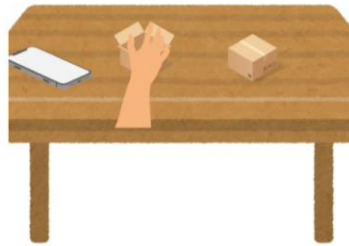


*Figura 27: Aperto e chiuso*

### 3.4 Task di Forma e Direzionalità

- **Distinzione delle Forme:** se le scatoline e le palline hanno forme diverse (cubo, sfera, cilindro), il bambino impara a riconoscerle e nominarle correttamente.

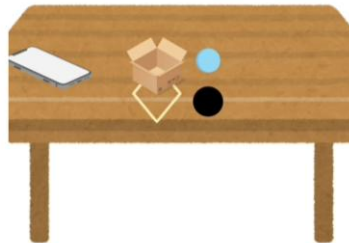


*Figura 28: Forma*

- **Lateralizzazione:** un livello di complessità ulteriore prevede il confronto tra la destra del bambino e la destra di chi conduce il gioco, stimolando la rotazione mentale.

## 4. Utilizzo dell'Applicazione Software

Dopo aver lanciato l'applicazione su PC, l'operatore:

1. **Configura la Sessione:** prepara il materiale tangibile a disposizione del bambino.

2. **Segue il comportamento del bambino:** vengono fornite indicazioni (testuali, iconiche o audio) da eseguire con gli elementi fisici.
3. **Prende nota del Feedback:** l'app, grazie al lettore NFC, conferma se l'azione rispetta i criteri richiesti (ad es. "la pallina è effettivamente dentro la scatolina, alla sinistra del bambino") oppure segnala l'errore con suggerimenti per correggersi.
4. **Progredisce nei Livelli:** una volta completato correttamente un compito, l'operatore può far procedere il bambino alla sfida successiva.

## 5. Benefici e Potenzialità Educative

- **Apprendimento Esperienziale:** l'approccio "hands-on" (letteralmente "mani in gioco") permette di interiorizzare i concetti spaziali in maniera concreta.
- **Feedback in Tempo Reale:** la combinazione di TUI e software offre riscontri immediati, stimolando l'autocorrezione e l'apprendimento continuo.
- **Flessibilità Didattica:** i compiti possono essere personalizzati per età, livello di abilità e specifici obiettivi educativi.
- **Sviluppo della Lateralità:** lo svolgimento di alcuni task favorisce la consapevolezza di destra/sinistra, sia in riferimento al corpo del bambino sia in riferimento all'operatore.

Spatial Explorer offre un'esperienza didattica immersiva, in cui l'apprendimento dei concetti spaziali avviene in modo giocoso, ma al contempo rigoroso grazie ai feedback immediati. Dalla localizzazione orizzontale (destra/sinistra) a quella verticale (sopra/sotto, in alto/in basso), fino ai concetti di inclusione (dentro/fuori) e distanza (vicino/lontano), il bambino esplora e consolida gradualmente nozioni chiave per l'orientamento e l'organizzazione dello spazio.

All'interno dell'applicazione il percorso è organizzato in maniera sequenziale. Come si può evincere dalla figura sottostante, il completamento di un task porta all'avvio del successivo.

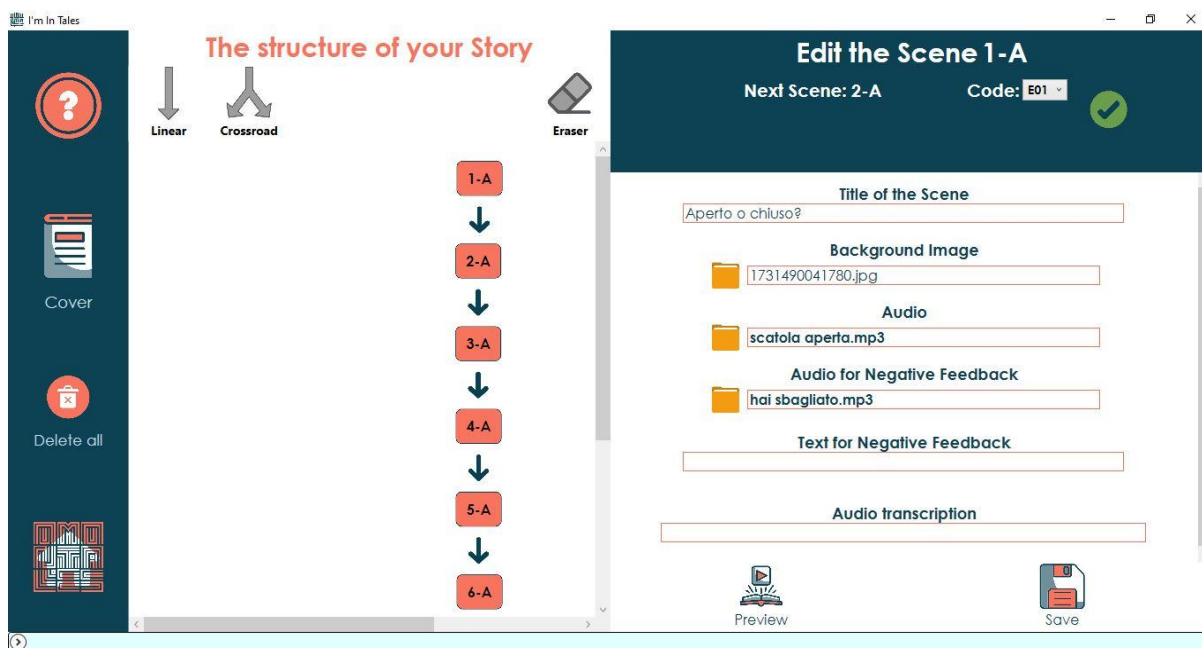


Figura 29: *I'm in Tales*

In totale, ci sono 21 task. Ad ognuno di essi è associata un concetto topologico, e l'ordine è stato scelto con l'obiettivo di ottenere una difficoltà crescente e in ragioni di logistica.

**Metodo:** I bambini parteciperanno a sessioni sperimentali individuali in cui interagiranno con "Spatial Explorer". Il protocollo prevede:

1. Una fase iniziale di valutazione delle abilità spaziali.
2. Una fase di interazione con la TUI.
3. Una fase di verifica delle competenze acquisite.
4. La consegna ai partecipanti di un kit domestico per la prosecuzione dell'esperienza.

La sessione è organizzata in quattro fasi: Esplorazione libera del bambino, Fase di apprendimento, Fase Pre-Test, Fase Test.

Durante l'esplorazione libera, l'app non è in funzione e il bambino familiarizza con le forme della scatola e della pallina, nonché le posizioni dei due oggetti, ma senza indicazioni delle relazioni tra gli stessi.

Durante la fase di apprendimento, con la tecnica dello storytelling, vengono introdotti i due "personaggi" (scatolina e pallina) e dei movimenti che effettuano. Perché la storia vada avanti, il bambino deve posizionare gli oggetti nei punti giusti, strategici, o effettuare una scelta tra due possibilità. La storia si compone in questo modo:

*Ciao! Sono una scatolina magica e carina.. vuoi giocare con me? A volte sono aperta, a volte chiusa.. e quando sono aperta puoi entrare con la tua manina! Dove sono aperta? Bravo! Oh! C'è anche Pallina, ma cosa fa? Mi gira intorno! E' a destra, ora dietro, ora a sinistra e adesso avanti! Ehi, è saltata dentro! Dove è dentro la pallina? Bravissimo! E ora che fa? Va in alto.. al centro.. in basso! Io provo a chiudermi un po'.. vediamo che succede. Dove sono chiusa? Bravissimo! Ma che fa? Ora è salita sopra di me! Dove la pallina è sopra di me? Ottimo! Chissà se scenderà dal mio lato destro.. dietro.. sinistro.. avanti! Ottimo! Ma, ci sono altre amiche palline! Ce ne sono due vicine tra loro, ma lontane da te.. sono quelle dove devi allungare tanto il braccio! E quelle lontane tra loro, ma vicine a te! Bravissimo.. Ehi, ora, portaci a posto.. il gioco è quasi finito! Ci sono due forme vicino a te, una ha la mia e una quella di Pallina. Prova a toccarle.. qual è la mia forma? E qual è quella di Pallina? Certo, io sono tutta quadrata e bella grande.. Pallina è un cerchietto ed è piccolina.. Bravissimo, ecco la mia forma! Ed ecco la forma di Pallina. Ora pensa alla maestra di fronte a te.. per lei la destra e la sinistra sono diverse dalla tua destra e dalla tua sinistra! Dove la pallina è alla sua destra? Esatto! E' la tua sinistra in effetti.. e dove la pallina è alla sua sinistra? Bravissimo, alla tua destra! Grazie per aver giocato con me e con Pallina.. giochiamo ancora?*

Si è scelto di utilizzare termini più semplici e fruibili considerando l'utenza 3-9 anni, quindi ad esempio termini come anteriore e posteriore sono stati semplificati con avanti e dietro.

In seguito, c'è la fase di pre - test.

Le domande, in ordine di comparsa, sono:

1. *Qual è la scatola aperta?*
2. *Dove la pallina è a destra della scatola?*
3. *Dove la pallina è dietro la scatola?*
4. *Dove la pallina è a sinistra della scatola?*
5. *Dove la pallina è avanti la scatola?*
6. *Dove la pallina è dentro la scatola?*
7. *Dove la pallina è in alto?*
8. *Dove la pallina è al centro?*
9. *Dove la pallina è in basso?*
10. *Qual è la scatola chiusa?*
11. *Dove la pallina è sopra la scatola?*
12. *Qual è il lato destro della scatola?*
13. *Qual è il lato dietro della scatola?*
14. *Qual è il lato sinistro della scatola?*
15. *Qual è il lato avanti della scatola?*
16. *Dove le palline sono vicine tra loro e lontane da te?*
17. *Dove le palline sono lontane da loro ma vicine a te?*
18. *Qual è la forma della scatola?*
19. *Qual è la forma della pallina?*
20. *Dove la pallina è alla destra della maestra?*
21. *Dove la pallina è alla sinistra della maestra?*

La verifica di apprendimento è effettuata dalla discrepanza tra numero di tentativi ed errori tra la fase di apprendimento e la fase di test, appositamente segnati nella griglia di valutazione così composta.

**Tabella 13:** Griglia di valutazione

| Task               | Errori fase<br>apprendimento | Errori fase<br>pre-test | Errori fase<br>test |
|--------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1. Aperta          |                              |                         |                     |
| 2. Destra          |                              |                         |                     |
| 3. Dietro          |                              |                         |                     |
| 4. Sinistra        |                              |                         |                     |
| 5. Avanti          |                              |                         |                     |
| 6. Dentro          |                              |                         |                     |
| 7. Alto            |                              |                         |                     |
| 8. Centro          |                              |                         |                     |
| 9. Basso           |                              |                         |                     |
| 10. Chiusa         |                              |                         |                     |
| 11. Sopra          |                              |                         |                     |
| 12. Lato<br>destro |                              |                         |                     |
| 13. Lato<br>dietro |                              |                         |                     |
| 14. Lato sx        |                              |                         |                     |
| 15. Lato<br>avanti |                              |                         |                     |
| 16. Vicine         |                              |                         |                     |
| 17. Lontane        |                              |                         |                     |
| 18. Forma S        |                              |                         |                     |
| 19. Forma P        |                              |                         |                     |
| 20. Dx<br>Maestra  |                              |                         |                     |
| 21. Sx<br>Maestra  |                              |                         |                     |

## **Restituzione**

Al termine delle quattro fasi, ai genitori verrà fornito un resoconto sulle abilità visuo-spaziali del bambino, accompagnato da materiale didattico per proseguire l'apprendimento a casa in un contesto familiare. Il kit include una scatola e una pallina, corredate da una guida vocale che illustra gli esercizi da svolgere. Questi esercizi riprendono quelli affrontati durante il percorso, consentendo al bambino di consolidare le competenze acquisite in modo autonomo e con il supporto dei genitori.

Per quanto riguarda l'usabilità, si tiene conto di difficoltà di ricezione del tag, posizioni non ottimali di scanner-tag, mancata ricezione del segnale da parte del programma, condizioni generali dell'esperimento.

### **4.3 Domanda di Ricerca, Obiettivo ed Ipotesi**

La domanda di ricerca generale è:

*“Qual è l'efficacia di una Tangible User Interface (TUI) progettata per supportare l'apprendimento dei concetti topologici in bambini ciechi o ipovedenti gravi nella fascia 3-6 anni?”*

Alla quale si accompagnano domande di ricerca secondarie come:

- *In che misura la TUI migliora la comprensione dei concetti topologici rispetto a metodi di insegnamento tradizionali?*
- *La TUI è percepita come accessibile e facile da usare dai bambini ciechi o ipovedenti gravi?*
- *La TUI aumenta la motivazione e l'interesse dei bambini verso l'apprendimento dei concetti topologici?*

L'Obiettivo di Ricerca diventa quindi quello di valutare l'efficacia e l'usabilità di una Tangible User Interface (TUI) progettata per supportare l'apprendimento dei concetti topologici in bambini ciechi o ipovedenti gravi di età compresa tra 3 e 9 anni. In particolare, lo studio si propone di:

- Misurare il miglioramento nella comprensione dei concetti topologici dopo l'uso della TUI.
- Valutare l'accessibilità e l'usabilità della TUI dal punto di vista dei bambini e degli educatori.
- Identificare eventuali miglioramenti nella progettazione della TUI basati sui feedback degli utenti.

Le ipotesi vengono distinte in:

**Ipotesi nulla ( $H_0$ ):** Non c'è differenza significativa tra il numero di errori nella fase apprendimento e nella fase test.  
(In formule:  $\mu_{\text{apprendimento}} = \mu_{\text{test}}$ )

**Ipotesi alternativa ( $H_1$ ):** Il numero di errori nella fase test è significativamente minore rispetto alla fase apprendimento.  
(In formule:  $\mu_{\text{test}} < \mu_{\text{apprendimento}}$ )

Si sceglie di calcolare con test t-student, con significatività  $\alpha=0.05$ .

#### 4.4 Metodologia

Dopo aver richiesto ed ottenuto il parere positivo del Comitato Bioetico dell'Università del Molise (Prot. N. 51544 del 06/10/25), si è proceduto all'individuazione del Campione di ricerca. Il Campione è stato individuato con l'ausilio dell'Unione Italiana Ciechi ed Ipovedenti e del Centro di Consulenza Tiflodidattico.

In questo singolo caso si è proceduto con la metodologia già anticipata nel paragrafo di introduzione alla TUI. Ogni bambino è stato introdotto al supporto tangibile e lasciato libero di familiarizzare. In seguito, è iniziata la fase di apprendimento: il bambino ha così seguito le istruzioni riportate nella storia; alla fine di questa fase, con relativa annotazione in griglia di valutazione, si è passati alla fase di pre-test, ed infine la fase test. Dopo aver raccolto anche i dati relativi a quest'ultima, si è proceduto con l'intervista semi-strutturata con l'operatrice che conosce da tempo il bambino. L'intervista ha lo scopo di raccogliere feedback rispetto alla motivazione e al coinvolgimento del bambino. Sono state rivolte domande come:

- *“Come valuti l'accessibilità e l'usabilità della TUI?”*
- *“Pensi che il bambino fosse motivato e interessato al gioco?”*
- *“Come valuti l'utilizzo della TUI rispetto a metodi più tradizionali, come il casellario Romagnoli?”*
- *“Hai suggerimenti per migliorare la progettazione di questa TUI?”*

## 4.5 Strumenti

La seguente sezione intende illustrare brevemente gli strumenti utilizzati.

### 4.5.1 La parte Tangibile: dispositivi e materiali tattili

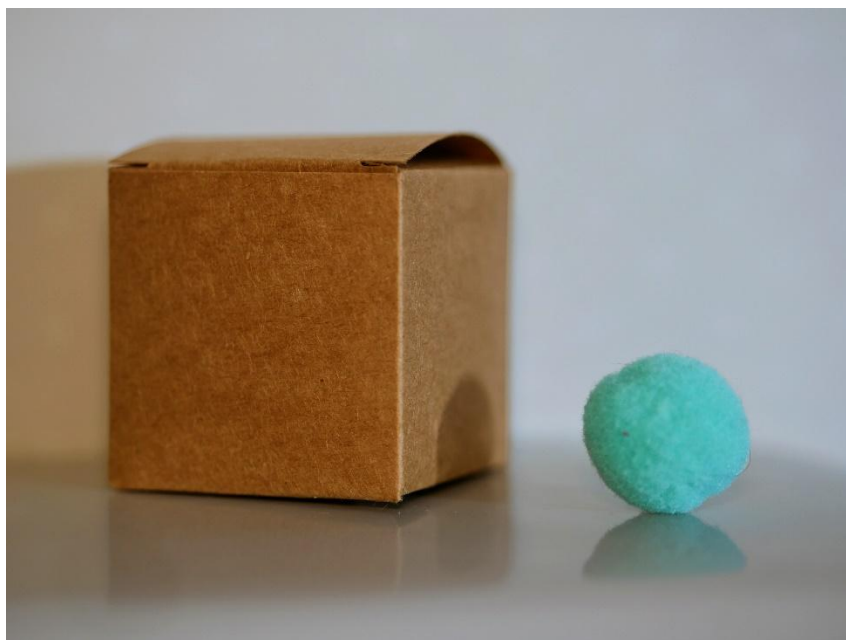


*Figura 30: Scatola e pallina*

In figura possiamo osservare la scatola e la pallina utilizzate. Si tratta di materiali molto economici e facilmente reperibili. La scelta dei colori ricade anche nell'utilità del contrasto nei casi di ipovisione. Nella figura successiva, si può apprezzare il guantino e il relativo supporto per NFC scanner, mobile, per permettere sia ai mancini che ai destrorsi di fruire agilmente del gioco.



*Figura 31: Guantini e custodia*

L’NFC scanner è stato posizionato sul lato del polso, e disposto verso il basso, essendo la posizione favorevole al riconoscimento del tag, strategicamente posizionato in prossimità dell’oggetto in questione. I “bottoni”, posizionati anteriormente e posteriormente al guantino, speculari tra loro, assicurano il corretto posizionamento dello scanner, indipendentemente dalla dominanza.

Per il movimento della pallina, invece, sono stati scelti velcri adesivi, essendo il velcro largamente utilizzato in tiflopedagogia (e non solo) e funzionale all’interazione con il gioco.



*Figura 32: Velcro*

#### **4.5.2 La parte Digitale: funzionalità interattive e software**

La parte digitale è così composta: due componenti “fisici” e un software.

Tra i componenti fisici troviamo l’NFC scanner in figura.



*Figura 33: Lettore NFC*

Ha il compito di catturare il segnale NFC e trasferirlo via Bluetooth al PC.

Abbiamo poi, i Tag NFC:

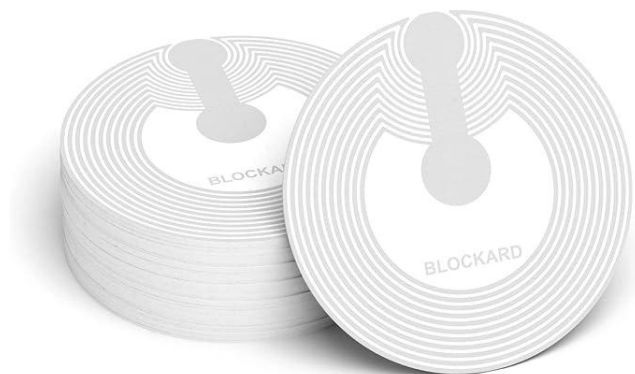


*Figura 34: Tag NFC*

Ed infine, il software “I’m in Tales”, software patrocinato EU e messo a disposizione di insegnanti ed educatori. Utilizza la tecnica della Gamification e dello Storytelling e permette la creazione di storie interattive da parte dell’educatore. Per tutti gli approfondimenti, si rimanda alla pagina web dedicata.<sup>237</sup>

<sup>237</sup> I’MINTALES Project. (n.d.). *About the project*. Retrieved from <https://www.imintalesproject.eu/about/>

### 4.5.3 Griglia di Valutazione: Criteri e Parametri di Analisi

La griglia di valutazione, il cui compito è aiutare a tenere traccia e testare l'effettiva funzionalità del prodotto, è organizzata per task, alle quali si associano gli errori (considerati come scelte scorrette da parte dell'utente). Si rimanda alla Tabella 13 o all'appendice per ulteriore approfondimento.

## 4.6 Risultati

Sono stati analizzati i dati di 15 bambini con cecità congenita, di età compresa tra 4 e 9 anni ( $M = 6,60$ ;  $SD = 1,72$ ). Il campione includeva 10 maschi e 5 femmine; 12 bambini presentavano cecità grave (G) e 3 cecità totale (T). Undici bambini non presentavano una disabilità associata, mentre 4 presentavano una pluridisabilità (S).

|          | Numero tota | Età media | Età SD | Età min | Età max | Maschi | Femmine | G  | T | S | N  |
|----------|-------------|-----------|--------|---------|---------|--------|---------|----|---|---|----|
| Campione | 15          | 6,6       | 1,72   | 4       | 9       | 10     | 5       | 12 | 3 | 4 | 11 |

Tabella 14: Caratteristiche del campione

L'indice di prestazione considerato è il numero totale di errori commessi sui 21 item del compito (0 = risposta corretta, punteggi più elevati indicano prestazione peggiore), calcolato per ciascuna delle tre fasi: Apprendimento, Pre-test, Test.

### 1. Prestazione globale per fase

A livello complessivo, il numero di errori diminuisce in modo marcato lungo le tre fasi. Le medie (e deviazioni standard) sono le seguenti:

- Apprendimento:  $M = 23,47$ ;  $SD = 20,63$ ; range = 0–56
- Pre-test:  $M = 14,27$ ;  $SD = 12,06$ ; range = 0–34
- Test:  $M = 7,13$ ;  $SD = 6,79$ ; range = 0–19

| Fase        | M Errori | SD    | Min | Max |
|-------------|----------|-------|-----|-----|
| Apprendir   | 23,47    | 20,63 | 0   | 56  |
| Pre-test    | 14,27    | 12,06 | 0   | 34  |
| Test finale | 7,13     | 6,79  | 0   | 19  |

Tabella 15: Prestazione globale per fase

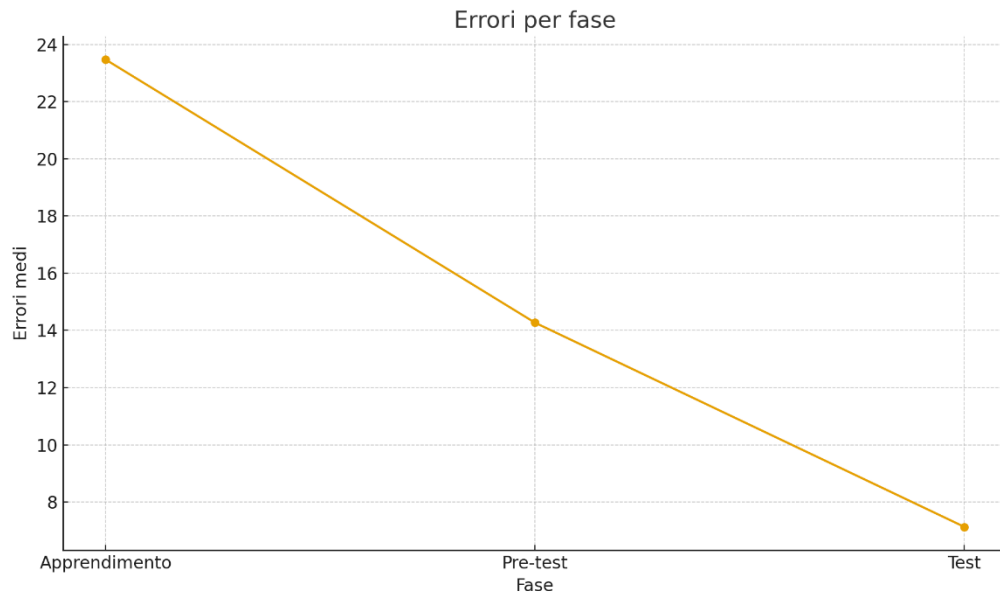


*Grafico 6: Il grafico mostra l'andamento del numero medio di errori nelle tre fasi. Si osserva una riduzione quasi lineare dalla fase di Apprendimento al Pre-test e dal Pre-test al Test, con un calo complessivo di circa 16 errori ( $\approx -70\%$ ) lungo l'intero percorso.*

La riduzione media di errori tra Apprendimento e Test è pari a 16,33 punti, corrispondente a una diminuzione di circa il 69,6% rispetto al livello iniziale. Il confronto appaiato tra la fase di Apprendimento e la fase di Test mostra una riduzione statisticamente significativa del numero di errori ( $t(14) = 4.15$ ,  $p < .001$ , one-tailed). Pertanto, l'ipotesi nulla di assenza di differenze tra le due fasi può essere rigettata a favore dell'ipotesi alternativa secondo cui la prestazione al Test è significativamente migliore rispetto all'Apprendimento. Il confronto tra Pre-test e Test evidenzia un'ulteriore riduzione media di 7,13 errori, pari a circa il 50% rispetto al pre-test.

I t-test per misure ripetute confermano che tutti i confronti tra fasi sono statisticamente significativi. In particolare:

- Apprendimento vs Pre-test:  $t(14) = 3,59$ ,  $p = .003$ , Cohen's  $d_z = 0,93$
- Pre-test vs Test:  $t(14) = 4,92$ ,  $p < .001$ , Cohen's  $d_z = 1,27$
- Apprendimento vs Test:  $t(14) = 4,25$ ,  $p < .001$ , Cohen's  $d_z = 1,10$

| Confronto   | t    | df | p       | Cohens dz |
|-------------|------|----|---------|-----------|
| Apprendir   | 3,59 | 14 | 0,003   | 0,93      |
| Pre-test vs | 4,92 | 14 | 0,00023 | 1,27      |
| Apprendir   | 4,25 | 14 | 0,00081 | 1,1       |

Tabella 16: Test di significatività

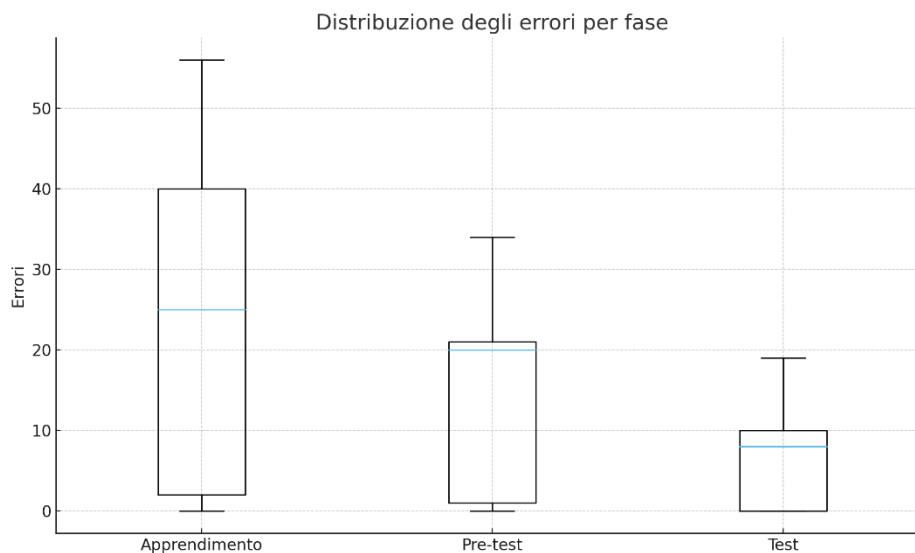


Grafico 7: Distribuzione degli errori per fase

Gli effect size indicano effetti di ampiezza grande in tutti i confronti, suggerendo un impatto sostanziale dell'intervento sul miglioramento delle prestazioni spaziali.

## 2. Prestazione globale per task

Se guardiamo le medie di errore in Apprendimento, emerge una gerarchia molto chiara:

Tabella 17: Gerarchie di task

|                                  |                |
|----------------------------------|----------------|
| 20. Dx Maestra – M = 2,67 errori | 80% con errore |
| 12. Lato destro – M = 2,47       | 60%            |
| 16. Vicine – M = 2,20            | 67%            |
| 13. Lato dietro – M = 2,00       | 60%            |
| 15. Lato avanti – M = 1,73       | 60%            |
| 14. Lato sx – M = 1,73           | 60%            |
| 17. Lontane – M = 1,60           | 67%            |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 3. Dietro – M = 1,47      | 60% |
| 4. Sinistra – M = 1,47    | 60% |
| 21. Sx Maestra – M = 1,20 | 73% |
| 5. Avanti – M = 1,13      | 60% |
| 7. Alto – M = 0,93        | 47% |
| 8. Centro – M = 0,73      | 33% |
| 2. Destra – M = 0,67      | 47% |
| 9. Basso – M = 0,53       | 40% |
| 17. Forma S – M = 0,40    | 27% |
| 6. Dentro – M = 0,27      | 13% |
| 1. Aperta – M = 0,13      | 13% |
| 9. Chiusa – M = 0,13      | 13% |
| 19. Forma P – M = 0,00    | 0%  |
| 11. Sopra – M = 0,00      | 0%  |

Se ordiniamo i task in base alla media di errore al Test, emergono ancora alcuni “punti caldi”:

Tabella 18: Errori fase test

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| 13. Lato dietro – M Test = 0,93, 60% con almeno un errore |
| 20. Dx Maestra – M = 0,80, 60%                            |
| 16. Vicine – M = 0,73, 60%                                |
| 15. Lato avanti – M = 0,73, 60%                           |
| 14. Lato sx – M = 0,67, 53%                               |
| 12. Lato destro – M = 0,67, 40%                           |
| 3. Dietro – M = 0,60, 53%                                 |
| 17. Lontane – M = 0,53, 40%                               |
| 4. Sinistra – M = 0,53, 53%                               |

Quindi, nonostante il training, una quota consistente di bambini commette ancora errori in particolare su:

1. Lato dietro / lato avanti
2. Dx/Sx Maestra
3. Vicine/Lontane

#### 4. Dietro/Sinistra

Al contrario, al Test compaiono a zero errori medi (o vicinissimi allo zero):

- Sopra, Aperta, Chiusa, Dentro, Forma S → completamente automatizzati
- Basso, Forma P → rarissimi errori residui

Se calcoliamo, per ciascun item, la differenza Apprendimento – Test, emerge che:

- I task con maggior miglioramento assoluto sono esattamente quelli più difficili all’inizio:

Tabella 19: Task con maggior miglioramento

|                                          |
|------------------------------------------|
| Dx Maestra: $\Delta \approx 1,87$ errori |
| Lato destro: $\Delta \approx 1,80$       |
| Vicine: $\Delta \approx 1,47$            |
| Lontane: $\Delta \approx 1,07$           |
| Lato sx: $\Delta \approx 1,07$           |
| Lato dietro: $\Delta \approx 1,07$       |
| Lato avanti: $\Delta \approx 1,00$       |

La correlazione tra difficoltà iniziale (media errori in Apprendimento) e guadagno Appr→Test è altissima ( $r \approx 0,97$ ).

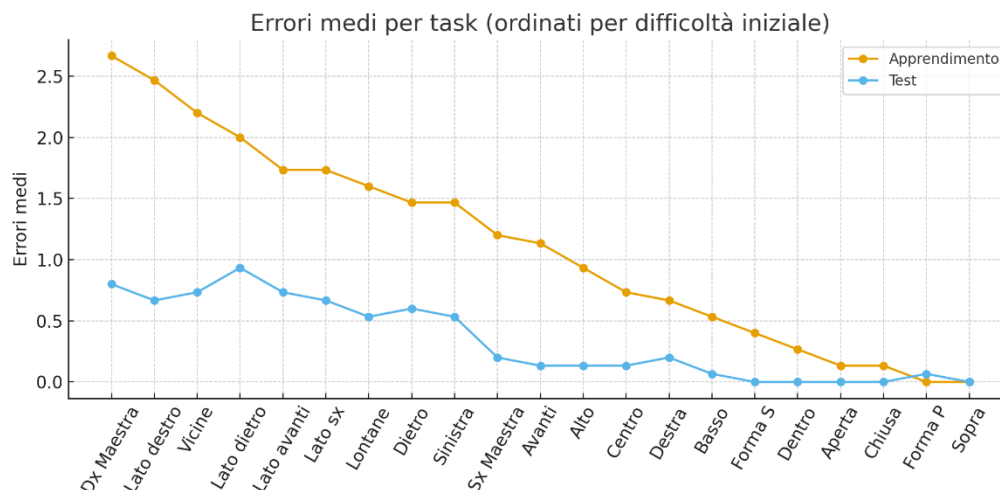


Grafico 8 Errori medi per task, ordinati per difficoltà iniziale

### 3. Analisi per sesso

Le femmine ( $n = 5$ ) mostrano medie di errore pari a 19,20 in Apprendimento, 12,60 al Pre-test e 5,60 al Test; i maschi ( $n = 10$ ) 25,60, 15,10 e 7,90 rispettivamente. Il miglioramento Apprendimento→Test ( $\Delta$  errori) risulta pari a 13,60 errori per le femmine e 17,70 per i maschi.

| Sesso         | Errori App | Errori Pre | Errori Test | Diff Pre Test | Diff Appr Te |
|---------------|------------|------------|-------------|---------------|--------------|
| Femmine       | 19,2       | 12,6       | 5,6         | 7             | 13,6         |
| Maschi (n=10) | 25,6       | 15,1       | 7,9         | 7,2           | 17,7         |

Tabella 20: Analisi per sesso

Il confronto indipendente sui cambiamenti ( $\Delta$  Apprendimento→Test) non evidenzia differenze significative tra i due gruppi:  $t \approx 0,55$ ,  $p \approx .59$ , Hedges'  $g \approx 0,27$ . In termini statistici, l'intervento risulta quindi ugualmente efficace in termini di guadagno assoluto per maschi e femmine.

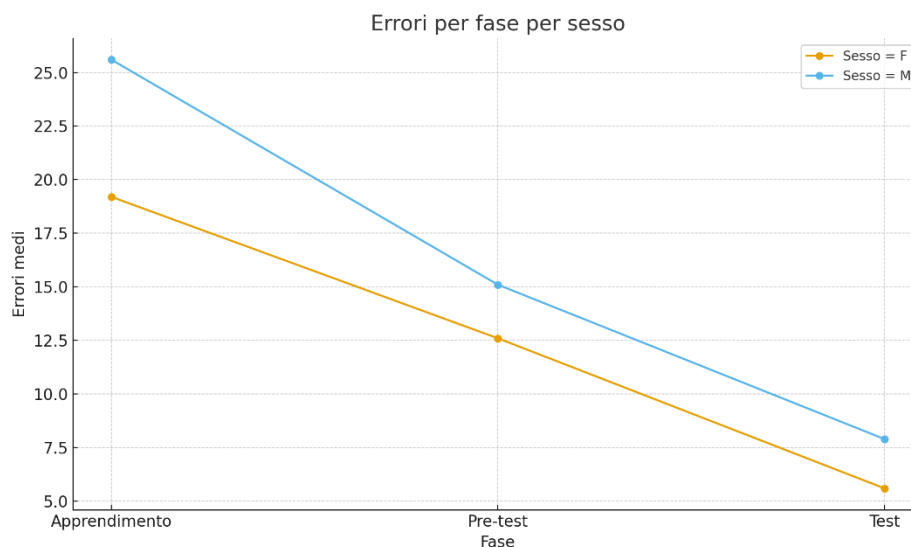


Grafico 9: Errori per fase per sesso

#### 4. Analisi per grado di cecità (G vs T)

I bambini con cecità grave (G,  $n = 12$ ) presentano in media 20,92 errori in Apprendimento, 13,25 al Pre-test e 6,67 al Test, con un miglioramento Apprendimento→Test pari a 14,25 errori. I bambini con cecità totale (T,  $n = 3$ ) partono da livelli più compromessi (M Apprendimento = 33,67; Pre-test = 18,33; Test = 9,00), con un  $\Delta$  Apprendimento→Test pari a 24,67 errori.

| Grado cecità | Errori App | Errori Pre | Errori Test | Diff Pre Test | Diff Appr Test |
|--------------|------------|------------|-------------|---------------|----------------|
| Grave (G;    | 20,92      | 13,25      | 6,67        | 6,58          | 14,25          |
| Totale (T;   | 33,67      | 18,33      | 9           | 9,33          | 24,67          |

Tabella 21: Analisi per grado di cecità

Nonostante questa differenza descrittiva, il confronto tra i cambiamenti dei due gruppi non risulta statisticamente significativo:  $t \approx -0,84$ ,  $p \approx .48$ , Hedges'  $g \approx -0,70$ . Il pattern generale indica comunque un miglioramento sostanziale in entrambi i livelli di cecità, con prudenza interpretativa dovuta alla numerosità molto ridotta del gruppo T.

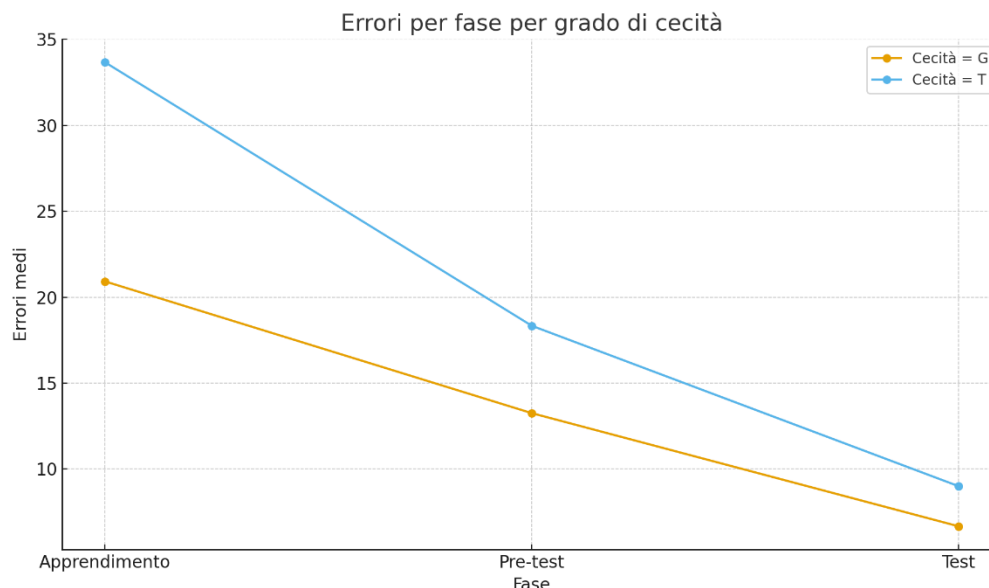


Grafico 10: Errori per fase per grado di cecità

## 5. Analisi per pluridisabilità

La presenza di pluridisabilità modula in modo rilevante il profilo di prestazione.

- Senza pluridisabilità (n = 11):
  - Apprendimento: M = 14,55; Pre-test: M = 9,73; Test: M = 4,55
  - $\Delta$  Apprendimento→Test = 10,00 errori
- Con pluridisabilità (n = 4):
  - Apprendimento: M = 48,00; Pre-test: M = 26,75; Test: M = 14,25
  - $\Delta$  Apprendimento→Test = 33,75 errori

| Pluridisabilità | Errori Appr | Errori Pre | Errori Test | Diff Pre Test | Diff Appr Test |
|-----------------|-------------|------------|-------------|---------------|----------------|
| No (N; n=11)    | 14,55       | 9,73       | 4,55        | 5,18          | 10,00          |
| Si (S; n=4)     | 48,00       | 26,75      | 14,25       | 12,50         | 33,75          |

Tabella 22: Analisi per pluridisabilità

Il confronto tra i cambiamenti Apprendimento→Test nei due gruppi mostra una differenza nettissima:  $t \approx 5,43$ ,  $p < .001$ , Hedges'  $g \approx 2,25$ , cioè un effect size estremamente grande; tuttavia questo valore va interpretato con cautela a causa della ridotta numerosità del gruppo con pluridisabilità.

(n = 4). I bambini con pluridisabilità partono da un livello di errore circa tre volte superiore rispetto ai pari senza pluridisabilità, ma grazie all'intervento recuperano in media oltre 33 errori sui 21 item, riducendo in modo sostanziale il divario iniziale.

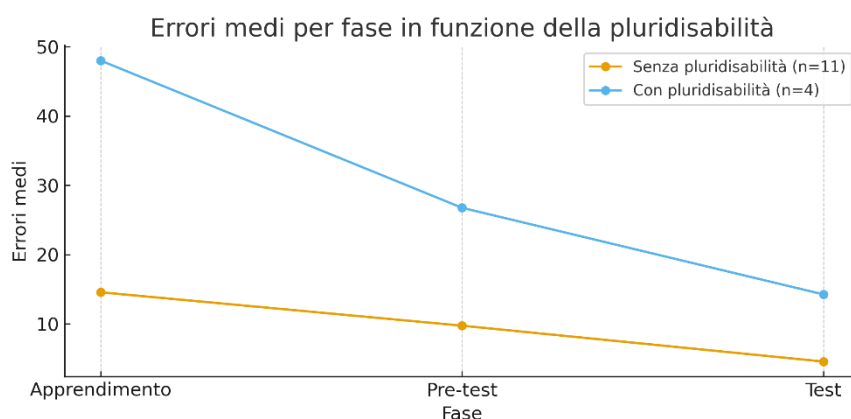


Grafico 11: Errori medi per fase in funzione di presenza o assenza di pluridisabilità

## 6. Effetto dell'età

Le correlazioni tra età e variabili di prestazione mostrano una relazione moderata e negativa: i bambini più grandi commettono meno errori e hanno, di conseguenza, un margine di miglioramento assoluto leggermente inferiore. In particolare, l'età è correlata con Errori Appr ( $r \approx -0,50$ ), Errori Pre ( $r \approx -0,49$ ) ed Errori Test ( $r \approx -0,37$ ), e con le variazioni  $\Delta$  Apprendimento→Test e  $\Delta$  Pre-test→Test ( $r \approx -0,53$  e  $r \approx -0,60$ ). Nonostante tali differenze, il training risulta efficace lungo tutto l'arco 4–9 anni, con guadagni consistenti in ciascuna fascia.

| Variabile   | Età    | Errori Appr | Errori Pre | Errori Test | Diff Appr Te | Diff Pre Tes |
|-------------|--------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|
| Età         | 1      | -0,502      | -0,486     | -0,367      | -0,529       | -0,599       |
| Errori Appr | -0,502 | 1           | 0,949      | 0,894       | 0,979        | 0,957        |
| Errori Pre  | -0,486 | 0,949       | 1          | 0,977       | 0,871        | 0,966        |
| Errori Test | -0,367 | 0,894       | 0,977      | 1           | 0,783        | 0,887        |
| Diff Ap/Te  | -0,529 | 0,979       | 0,871      | 0,783       | 1            | 0,922        |
| Diff Pre/Te | -0,599 | 0,957       | 0,966      | 0,887       | 0,922        | 1            |

Tabella 23: Effetto dell'età, degli apprendimenti nelle fasi, della coerenza interna.

La tabella riportata rappresenta una matrice di correlazione tra le variabili considerate nello studio. Osservando la prima riga, relativa all'Età, si nota una serie di correlazioni negative con tutte le altre variabili. I coefficienti con gli errori nelle tre fasi ( $-0,502$  con gli errori in

Apprendimento,  $-0,486$  con gli errori al Pre-test e  $-0,367$  con gli errori al Test) indicano che i bambini più grandi tendono a commettere meno errori lungo l'intero percorso di valutazione. Le correlazioni negative con le due differenze ( $-0,529$  per Diff Appr/Test e  $-0,599$  per Diff Pre/Test) suggeriscono inoltre che, all'aumentare dell'età, diminuisce l'entità del miglioramento assoluto: i bambini più piccoli partono generalmente da livelli di prestazione più bassi e, proprio per questo, hanno un margine di recupero maggiore; i più grandi, invece, partono da una situazione relativamente migliore e mostrano miglioramenti comunque presenti, ma meno ampi in termini di numero di errori recuperati.

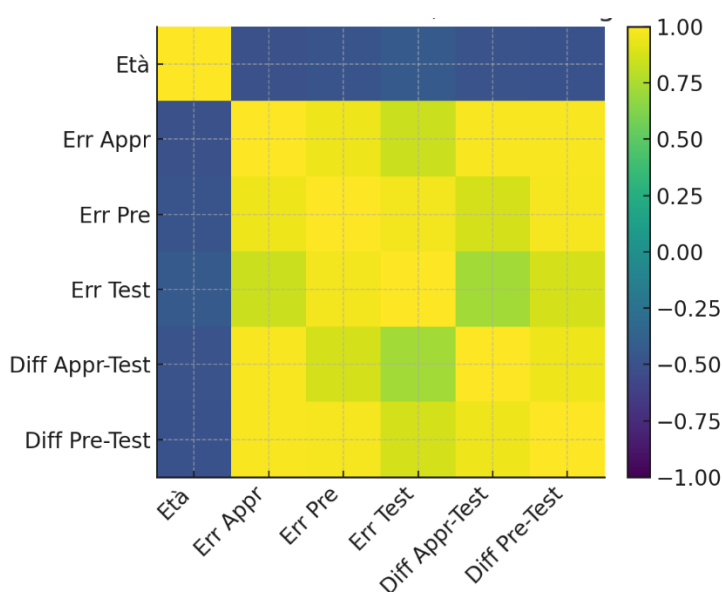


Grafico 12: Matrice di correlazione tra età, errori e miglioramenti

Il blocco di correlazioni tra Errori in Apprendimento, Errori al Pre-test ed Errori al Test mostra coefficienti molto elevati e positivi ( $0,949$  tra Apprendimento e Pre-test,  $0,894$  tra Apprendimento e Test,  $0,977$  tra Pre-test e Test). Ciò indica una forte coerenza interna: i bambini che presentano molte difficoltà in una fase tendono ad avere prestazioni meno accurate anche nelle altre. In altri termini, sembra emergere una sorta di “stile di performance” stabile, che distingue i profili più in difficoltà da quelli più competenti, al di là della specifica fase del protocollo.

Le correlazioni che coinvolgono le due misure di miglioramento (Diff Appr/Test e Diff Pre/Test) forniscono informazioni complementari. Da un lato, le associazioni molto alte tra errori iniziali e differenze (0,979 tra Errori in Apprendimento e Diff Appr-Test; 0,966 tra Errori al Pre-test e Diff Pre-Test) indicano che chi parte con un numero maggiore di errori è anche il bambino che, nel corso dell'intervento, migliora di più in termini assoluti: un livello di partenza più compromesso lascia semplicemente più spazio per una riduzione degli errori. Dall'altro lato, la correlazione elevata tra le due differenze (0,922 tra Diff Appr-Test e Diff Pre-Test) mostra che i soggetti che migliorano molto dalla fase di Apprendimento al Test sono tipicamente gli stessi che mostrano un grande recupero anche tra Pre-test e Test.

#### 4.7 Discussione

I risultati ottenuti confermano che l'intervento mediato dalla TUI Spatial Explorer produce un miglioramento robusto e generalizzato delle competenze spaziali nei bambini con ipovisione grave o cecità. Il numero totale di errori sui 21 item diminuisce in media di circa il 70% tra la fase di Apprendimento e il Test finale, con *effect size* grandi in tutti i confronti entro-soggetto.



Figure 35 e 36: Setting sperimentale

Gli item che coinvolgono concetti topologici elementari (ad es. *aperta/chiusa, dentro, sopra, le forme della scatolina e della pallina*) risultano già in Apprendimento caratterizzati da un numero di errori

estremamente contenuto, con una quota ridottissima di bambini che commettono almeno un errore. Anche in casi di pluridisabilità e nella fascia d'età minima, si tratta di concetti appresi; nel campione considerato, le relazioni di contenimento, continuità e configurazione globale sono concetti in larga misura stabilizzati, verosimilmente consolidati dall'esperienza quotidiana tramite l'esplorazione tattile di contenitori, superfici e oggetti, e non rappresentano il focus principale del potenziamento offerto dalla TUI.

Un quadro diverso emerge per le direzioni egocentriche semplici (ad esempio *avanti, dietro, destra, sinistra, alto, basso, centro*). Questi item presentano in Apprendimento livelli di errore intermedi: la maggior parte dei bambini riesce a gestirli, ma una quota non trascurabile mostra ancora incertezze, in particolare su *dietro* e *sinistra*. Al Test, gli errori medi su questi item si riducono in maniera netta, con prestazioni eccellenti per *avanti* e *destra* e ancora qualche fragilità residua su *dietro* e *sinistra*. Il pattern è congruente con l'idea che la codifica di direzioni frontali e laterali "forti" sia più precoce e intuitiva, mentre il riferimento al versante posteriore del corpo e alla simmetria sinistra/destra richiede una rappresentazione egocentrica più stabile e astratta.

La parte più interessante, sul piano teorico e applicativo, riguarda però i *task* che implicano cambi di riferimento e coordinate allocentriche. Item come *Lato destro, Lato sinistro, Lato avanti, Lato dietro* e soprattutto *Destra/Sinistra Maestra* si collocano costantemente ai vertici della difficoltà: i bambini partono con medie di errore nettamente superiori (fino a circa 2,5–2,7 errori medi in Apprendimento) e con una percentuale molto elevata di soggetti che falliscono almeno una prova. Anche dopo il training, questi *task* restano tra i più impegnativi, con valori medi ancora attorno a 0,7–0,9 errori e una quota significativa di bambini che commette errori al Test. In termini cognitivi, si tratta di item che richiedono di spostare il punto di vista dal proprio corpo ai bordi del tavolo o alla posizione di un altro agente (la maestra), e di ricodificare le etichette direzionali (*destra/sinistra, avanti/dietro*) in un frame che non coincide con quello egocentrico. Questo comporta una combinazione di processi di *perspective taking*, integrazione di informazioni propriocettive e rappresentazioni allocentriche, che la

letteratura indica come particolarmente sensibili all'assenza di input visivi. Il fatto che proprio questi item risultino più difficili conferma che la TUI sta lavorando su uno dei nodi centrali della cognizione spaziale in cecità congenita: la costruzione di mappe che vadano oltre il qui-e-ora del corpo, includendo riferimenti esterni e punti di vista altrui.

Un pattern in parte analogo si osserva nei task che codificano la distanza relativa (*vicine/lontane*). Anche in questo caso, le medie di errore iniziali sono elevate e rimangono relativamente alte anche dopo il training, seppur con un miglioramento significativo. Questi item richiedono di confrontare relazioni metriche tra più elementi, basandosi su esplorazioni tattili sequenziali. La necessità di costruire una rappresentazione continua della distanza (e non semplicemente una categoria topologica) rende questi compiti particolarmente vulnerabili a difficoltà nelle funzioni esecutive e nella memoria spaziale. La persistenza di errori residui su *vicine/lontane* suggerisce che, per alcuni bambini, lo sviluppo di una vera “intuizione metrica” dello spazio richieda tempi più lunghi e forse strategie didattiche ancora più esplicite (ad esempio quantificazioni tattili crescenti, metafore sonore, conteggi sistematici dei passi o dei segmenti).

Dal punto di vista dell'efficacia dell'intervento, è rilevante notare che i task che partono più critici sono anche quelli che mostrano i maggiori guadagni assoluti tra Apprendimento e Test. La correlazione molto alta tra difficoltà iniziale e miglioramento indica che il training non si limita a consolidare ciò che è già acquisito, ma interviene in modo mirato sulle aree di massima vulnerabilità, producendo riduzioni sostanziali degli errori nei compiti di lateralità complessa, cambi di prospettiva e distanza. In altri termini, la TUI sembra agire come una “palestra” specifica per le componenti della cognizione spaziale che più risentono della mancanza di visione, offrendo un contesto protetto in cui sperimentare ripetutamente trasformazioni di frame, confronti metrico-relazionali e coordinamento tra codici tattili, motori e verbali.

Questa analisi per task ha ricadute dirette sul piano progettuale: gli esercizi non sono tutti equivalenti, ma coprono un ampio spettro di richieste, dalle più basilari alle più sofisticate. In particolare, i task

allocentrici e di distanza potrebbero essere ulteriormente arricchiti e graduati, ad esempio introducendo variazioni di orientamento del tavolo, spostamenti della maestra o utilizzo di *feedback* sonori che rendano più trasparente il cambio di frame. Parallelamente, i task topologici di base potrebbero essere parzialmente ridimensionati o utilizzati in fase di screening, riservando maggiore tempo e risorse agli item che effettivamente discriminano il livello di competenza e che risultano maggiormente sensibili al miglioramento.

Dal punto di vista dei fattori individuali, l'assenza di differenze significative tra maschi e femmine e tra cecità grave e totale suggerisce che il protocollo è sufficientemente flessibile da risultare efficace in profili visivi differenti.

Molto più marcata è invece la modulazione legata alla pluridisabilità. I bambini con condizioni associate partono da un quadro fortemente compromesso, con un numero di errori circa tre volte superiore rispetto ai pari senza pluridisabilità. Tuttavia, proprio in questo sottogruppo l'intervento produce i guadagni assoluti più elevati, con un recupero medio di oltre 33 errori e un effect size superiore a 2 nel confronto con i non pluri.

Le relazioni con l'età sono coerenti con quanto riportato dalla letteratura sullo sviluppo spaziale: i bambini più grandi mostrano prestazioni iniziali migliori e margini assoluti di miglioramento leggermente inferiori, verosimilmente perché dispongono di strategie cognitive e linguistiche più mature. Un elemento rilevante, tuttavia, è che il training produce guadagni importanti anche nei bambini più piccoli, suggerendo che sia adatto già in età prescolare e può essere integrato in programmi di educazione spaziale precoce.

#### **4.8 Limitazioni**

Nonostante la robustezza del pattern di risultati, il presente studio presenta diverse limitazioni metodologiche che è importante esplicitare per una corretta interpretazione dei dati e per orientare studi futuri.

In primo luogo, la numerosità campionaria è relativamente ridotta (15 bambini complessivi, con ulteriori suddivisioni in sottogruppi per sesso, grado di cecità e pluridisabilità). Questo aspetto limita la potenza statistica delle analisi tra gruppi e rende particolarmente fragile l'interpretazione di eventuali differenze (o assenze di differenze) tra, ad esempio, cecità grave e totale o tra bambini con e senza pluridisabilità. Alcuni effetti potrebbero non emergere semplicemente perché il campione è troppo piccolo, mentre quelli osservati – soprattutto nei sottogruppi più ristretti – vanno considerati come evidenze preliminari.

In secondo luogo, il disegno adottato è di tipo pre–post a singolo gruppo, privo di un gruppo di controllo o di un confronto con interventi alternativi. Ciò impedisce di attribuire in maniera definitiva il miglioramento osservato alla sola TUI: non si possono escludere contributi di fattori maturativi, di ripetizione del compito, di familiarizzazione con il setting o di altri interventi riabilitativi in corso. Un disegno con gruppo di controllo permetterebbe di stimare in modo più preciso l'effetto specifico del training mediato dalla TUI.

Un'ulteriore limitazione riguarda la natura monodimensionale della misura di outcome. L'indice principale utilizzato è il numero di errori su 21 item, che ha il vantaggio di essere semplice e sensibile al cambiamento, ma non coglie la complessità del funzionamento spaziale né altre dimensioni rilevanti, quali il tempo di esecuzione, le strategie adottate (esplorazione tattile, verbalizzazioni spontanee), l'autonomia nella gestione del compito o il trasferimento delle competenze a contesti quotidiani. Studi futuri potranno includere batterie più articolate e misure multi-dominio per caratterizzare meglio il profilo di cambiamento.

Va considerato anche che la valutazione è stata condotta in un'unica finestra temporale, senza *follow-up* a medio-lungo termine. Non è quindi possibile stabilire se i miglioramenti riscontrati siano stabili, se tendano a consolidarsi spontaneamente o, al contrario, a ridursi in assenza di ulteriori sollecitazioni. La mancanza di misure ripetute nel tempo limita anche la possibilità di indagare la generalizzazione delle competenze acquisite ad altri contesti.

Un'altra fonte di cautela riguarda il rischio di bias di selezione: i bambini inclusi provengono da contesti specifici (sono bambini che usufruiscono dei servizi offerti dai Centri di Consulenza Tiflodidattici) e potrebbero non rappresentare in modo fedele l'intera popolazione di bambini con cecità. È plausibile che famiglie e operatori più motivati o con maggiori risorse siano stati più disponibili a partecipare, generando un campione lievemente "selezionato" in termini di motivazione, supporto ambientale o familiarità con attività riabilitative.

#### **4.9 Usability**

In termini di facilità di utilizzo tecnico, sono stati riscontrati alcune problematicità che, soprattutto nei casi di pluridisabilità, avrebbero potuto interferire con la qualità dell'esperienza. Le stesse, sono state risolte prontamente bypassando la ricettività del device e controllando, tramite osservazione, la risposta, mandando manualmente avanti il gioco. Per la risoluzione di tali problematicità, si possono adottare soluzioni tecniche più sofisticate, rimandabili a studi successivi. Resta comunque la qualità dell'esperienza del gioco formulato in maniera digitale: il segnale acustico di risposta corretta sembra produrre un rinforzo positivo riuscito in tutti i bambini, e la vocina registrata è stata particolarmente apprezzata. Alle domande:

*"Ti è piaciuto il gioco? Cosa ti è piaciuto di più? Cosa di meno?" oppure "Come valuteresti il gioco per il bambino?"*

I feedback sono stati generalmente positivi, e in particolare la semplicità, la componente tecnologica e l'utilità sono emerse come qualità di spicco. Tra le cose piaciute di meno, per bambini più grandi e senza altre disabilità, c'è stata la troppa facilità di utilizzo.

Sul piano dell'engagement, l'osservazione clinica restituisce l'immagine di un'attività percepita come gioco strutturato più che come "test". La manipolazione di oggetti reali, la possibilità di esplorare liberamente il

piano di lavoro, il ritmo serrato ma prevedibile delle prove contribuiscono a mantenere elevata l'attenzione, riducendo i fenomeni di stanchezza o rifiuto. Il fatto che tutti i bambini abbiano portato a termine l'intero set di 21 task nelle tre fasi, con nessun episodio di drop-out, è un indicatore indiretto ma significativo di buona usabilità. Questo aspetto è particolarmente rilevante in presenza di pluridisabilità, dove attività astratte o eccessivamente verbali rischiano di essere rapidamente abbandonate.

Non mancano, tuttavia, alcuni spunti critici. In particolare, alcuni bambini mostrano difficoltà persistenti con i task che richiedono cambi di prospettiva (ad es. *dx/sx maestra*), segno che la rappresentazione del frame relazionale non è immediata, e che il gioco potrebbe essere ripensato per favorirla. Inoltre, la presenza di una figura di riferimento nei casi di pluridisabilità, è essenziale per far funzionare al meglio tutta la procedura sperimentale.

Questa fase sperimentale ha posto comunque buone premesse per un'implementazione più ampia in contesti educativi e clinici, a condizione di continuare a raffinare la progettazione sulla base dei feedback degli utenti e di valutazioni formalizzate di usabilità.

#### **4.10 Conclusioni del capitolo**

Il capitolo ha presentato il percorso che conduce dalla ricognizione delle pratiche tiflodidattiche esistenti alla progettazione, realizzazione e sperimentazione di *Spatial Explorer*, una Tangible User Interface pensata per sostenere l'apprendimento dei concetti spaziali in bambini ciechi o ipovedenti gravi. A partire dalle interviste ai responsabili dei CCT italiani è emerso con chiarezza un quadro duplice: da un lato, la solidità di strumenti storici come il casellario Romagnoli e il ruolo imprescindibile del gioco tattile; dall'altro, la percezione diffusa di un bisogno di soluzioni digitali educative specifiche, in grado di affiancare – e non sostituire – la tradizione analogica.

*Spatial Explorer* nasce esattamente in questo spazio di continuità e innovazione: un sistema che combina scatoline, palline, tecnologie NFC e software, organizzando l'esperienza del bambino in una sequenza di 21 task a difficoltà crescente, centrati su concetti topologici e direzionali fondamentali (aperto/chiuso, dentro/fuori, sopra/sotto, destra/sinistra, davanti/dietro, vicino/lontano ecc). Il protocollo sperimentale, articolato in esplorazione libera, fase di apprendimento con storytelling, pre-test e test, ha permesso di osservare non solo il “quanto” si impara, ma anche il “come” i bambini entrano in relazione con l'interfaccia.

I risultati quantitativi mostrano una riduzione marcata e sistematica del numero di errori tra Apprendimento, Pre-test e Test, con effect size grandi in tutti i confronti entro-soggetto. L'intervento risulta efficace lungo l'intero range 4–9 anni, senza differenze significative tra maschi e femmine e tra cecità grave e totale, e con un effetto particolarmente rilevante nei profili con pluridisabilità, che, pur partendo da livelli di errore molto elevati, mostrano i guadagni assoluti più consistenti. Questa dinamica conferma che un training mediato da TUI può costituire un contesto privilegiato di apprendimento proprio per quei bambini che in altri setting tendono a sperimentare maggiore fatica e frustrazione.

L'analisi fine-grained dei singoli task evidenzia una chiara gerarchia di difficoltà: i compiti topologici di base risultano quasi a pavimento fin dall'inizio; le direzioni egocentriche semplici (soprattutto avanti/destra) migliorano rapidamente; i veri “nodi critici” restano i compiti allocentrici, quelli che richiedono cambi di frame (lati del piano, destra/sinistra della maestra) e la codifica metrica di distanza (vicine/lontane). Proprio questi item, che mettono maggiormente alla prova l'integrazione egocentrico–allocentrica e le capacità di perspective taking, sono anche quelli che beneficiano di più del training, pur mantenendo qualche fragilità residua al Test. Questo suggerisce che *Spatial Explorer* non è soltanto uno strumento per “rinforzare” competenze già presenti, ma un dispositivo capace di aprire varchi nelle aree più sensibili della cognizione spaziale in cecità congenita.

Sul versante dell'usabilità, le osservazioni cliniche e i feedback di bambini e adulti convergono nel descrivere l'attività come un gioco strutturato,

percepito come piacevole, comprensibile e compatibile con la quotidianità didattica. Nonostante alcune criticità tecniche – in parte compensate dall'intervento della scrivente – tutti i bambini hanno completato il percorso, con buoni livelli di attenzione e partecipazione. Le componenti più apprezzate risultano la semplicità del setup, il feedback audio immediato e il senso di “successo” associato alle risposte corrette; le principali riserve riguardano, nei bambini più grandi senza altre disabilità, la relativa facilità di alcuni passaggi e la desiderabilità di livelli ulteriori di sfida.

Il quadro che emerge da questo capitolo è quindi quello di una TUI concettualmente fondata, tecnicamente promettente, capace di integrare la tradizione tiflodidattica con le possibilità del digitale. Al tempo stesso, i risultati invitano alla prudenza: la dimensione campionaria limitata, l'assenza di un gruppo di controllo e la natura monodimensionale dell'outcome impongono di leggere gli effect size come una stima alta, da verificare in studi futuri più ampi e controllati. Più che un punto di arrivo, *Spatial Explorer* si configura come un prototipo evolutivo, un primo passo concreto nella direzione di Tecnologie Tiflodidattiche che non si limitino ad essere “possibili”, ma che diventino, nel tempo, parte integrante della prassi educativa rivolta ai bambini non vedenti.

## Conclusioni

Questo lavoro di dottorato ha cercato di tenere insieme tre livelli che spesso, nella pratica, procedono su binari paralleli: la riflessione teorica sulla disabilità visiva e sull'apprendimento, la ricerca empirica sull'accessibilità e sulla cognizione spaziale, e la progettazione concreta di strumenti educativi. Il filo rosso che attraversa i quattro capitoli è l'idea che le tecnologie non siano semplici "aggiunte" o ausili, ma parte costitutiva di un ambiente di apprendimento capace di riconoscere, rispettare e valorizzare le modalità con cui bambini, ragazzi e adulti non vedenti costruiscono conoscenza.

Si è partiti dalla definizione di *Tecnologie Tiflodidattiche* come categoria autonoma, che offre un linguaggio per pensare e progettare strumenti che coniughino didattica e tecnologia in modo non ancillare. Lo si è dimostrato attraverso alcuni contributi empirici, che hanno spaziato dall'accessibilità dell'istruzione formale e informale, alla fruizione di contenuti artistici e infine con la sperimentazione di *Spatial Explorer*. Si è voluto dimostrare che è possibile fare ricerca rigorosa in questo ambito, pur mantenendo un dialogo costante con le pratiche educative reali.

Le prospettive future sono molteplici: sul piano della ricerca, sarà importante ampliare i campioni e introdurre disegni controllati per misurare con maggiore precisione l'efficacia delle *Tecnologie Tiflodidattiche*, esplorando l'uso di TUI e applicazioni affini in altre aree disciplinari, fin dove ci portano la creatività e la curiosità che da sempre contraddistinguono il mondo accademico.

Se c'è un messaggio che attraversa la tesi, è che l'inclusione non è solo una questione di strumenti, ma di sguardi che sanno vedere il potenziale dell'altro. Le *Tecnologie Tiflodidattiche* possono essere uno dei modi per rendere questo sguardo più concreto, ma restano sempre un mezzo: il fine è la possibilità, per ogni persona con disabilità visiva, di imparare, scegliere, sbagliare, creare e partecipare con la stessa dignità degli altri.

## Bibliografia

Ahmetovic, D., Bernareggi, C., Keller, K., & Mascetti, S. (2021). MusA: Artwork accessibility through augmented reality for people with low vision. In *Proceedings of the 18th International Web for All Conference (W4A '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 1, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3430263.3452441>

Aleman, A., Van Lee, L., Mantione, M. H. M., Verkoijen, I. G., & De Haan, E. H. F. (2001). Visual imagery without visual experience: Evidence from congenitally blind people. *Neuroreport*, 12, 2601–2604.

Allain, K., Dado, B., van Gelderen, M., Hokke, O., Oliveira, M., Kybartas, B., Bidarra, R., Gaubitch, N. D., & Hendriks, R. C. (2015). An audio game for training navigation skills of blind children. *2015 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–8.

Aprile, G., Cappagli, G., Morelli, F., Gori, M., & Signorini, S. (2020). Standardized and Experimental Tools to Assess Spatial Cognition in Visually Impaired Children: A Mini-Review. *Frontiers in neuroscience*, 14, 562589. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.562589>

Arditi, A., Holtzman, J. D., & Kosslyn, S. M. (1988). Mental imagery and sensory experience in congenital blindness. *Neuropsychologia*, 26, 1–12.

Axel, E. S., & Levent, N. S. (Eds.). (2003). *Art beyond sight: A resource guide to art, creativity, and visual impairment*. AFB Press

Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component in working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)

Bandura, A. (1977). *Social Learning Theory*. Prentice Hall.

Barbareschi, G., Costanza, E., & Holloway, C. (2020). TIP-Toy: A tactile, open-source computational toolkit to support learning across visual abilities. *Proceedings of the 22nd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3373625.3417005>

Becker, S., & Palladino, J. (2016). Assessing faculty perspectives about teaching and working with students with disabilities. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 29(1), 65–82. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1107476.pdf>

Bellscheidt, S., Metcalf, H., Elglaly D. P. & Elglaly, Y. (2023). Building the Habit of Authoring Alt Text: Design for Making a Change. In *Proceedings of the 25th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (ASSETS '23). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 65, 1–5. <https://doi.org/10.1145/3597638.3614495>

Bender, L. (1938). *A visual motor Gestalt test and its clinical use*. Research Monographs, American Orthopsychiatric Association, No. 3.

Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1954). *A manual for the Differential Aptitude Tests* (2nd ed.). The Psychological Corporation.

Benton, A. L. (1960). *Test de rétention visuelle. Manuel d'application*. CPA.

Benton, A. L., Hamsher, K. D., Varney, N. R., & Spreen, O. (1983). *Contributions to neuropsychological assessment. A clinical manual*. Oxford University Press.

Bigelow, A. E. (1991). Spatial mapping of familiar locations in blind children. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 85(3), 113-117. <https://doi.org/10.1177/0145482X9108500307>

Bodi, A., Fazli, P., Ihorn, S. Siu Y.-T, Scott, A. T., Narins, L., Kant, Y., Das, A. & Yoon, I. (2021). Automated Video Description for Blind and Low Vision Users. In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 230, 1–7. <https://doi.org/10.1145/3411763.3451810>

Brambring, M. (2006). Divergent development of gross motor skills in children who are blind or sighted. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 100(10), 620-634. <https://doi.org/10.1177/0145482X0610001014>

Braun, S. (2008). Audiodescription research: State of the art and beyond. *Translation Studies in the New Millennium*, 6, 14–30.

Brewster, Stephen. (2008). The Impact of Haptic 'Touching' Technology on Cultural Applications. *Digital Heritage in the New Knowledge Environment: Shared spaces & open paths to cultural content*, 135–139.

Brulé, E., Bailly, G., Brock, A., Gentès, A., & Jouffrais, C. (2018). An exploratory study of the uses of a multisensory map---with visually impaired children. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(3), 36. <https://doi.org/10.3390/mti2030036>

Brulé, E., Bailly, G., Brock, A., Valentin, F., Denis, G., & Jouffrais, C. (2016). MapSense: Multi-sensory interactive maps for children living with

visual impairments. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 445–457. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858375>

Burgstahler, S. (Ed.). (2015). *Universal Design in Higher Education: From Principles to Practice* (2nd Ed). Harvard Education Press.

Cachia, A. (Ed.). (2022). *Curating Access: Disability Art Activism and Creative Accommodation*. Routledge. Introduction. <https://doi.org/10.4324/9781003171935>

Candlin, Fiona. (2009). *Art, museums and touch*. Manchester University Press.

Cappagli, G., & Gori, M. (2016). Auditory spatial localization: Developmental delay in children with visual impairments. *Research in developmental disabilities*, 53-54, 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.02.019>

Cappagli, G., Finocchietti, S., Baud-Bovy, G., Cocchi, E., & Gori, M. (2017). Multisensory rehabilitation training improves spatial perception in totally but not partially visually deprived children. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 11, 29. <https://doi.org/10.3389/fnint.2017.00029>

Cappagli, G., Finocchietti, S., Cocchi, E., Giammari, G., Zumiani, R., Cuppone, A. V., Baud-Bovy, G., & Gori, M. (2019). Audio motor training improves mobility and spatial cognition in visually impaired children. *Scientific reports*, 9(1), 3303. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39981-x>

Carreiras, M., & Codina, M. (1992). Spatial cognition of the blind and sighted: Visual and amodal hypotheses. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 12, 51–78.

Carpenter, P. A., & Eisenberg, P. (1978). Mental rotation and the frame of reference in blind and sighted individuals. *Perception and Psychophysics*, 23, 117–124.

Cattaneo, Z., & Vecchi, T. (2011). *Blind vision: The neuroscience of visual impairment*. MIT Press.  
<https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262015035.001.0001>

Cattaneo, Z., Vecchi, T., Cornoldi, C., Mammarella, I., Bonino, D., Ricciardi, E., & Pietrini, P. (2008). Imagery and spatial processes in blindness and visual impairment. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 32(8), 1346–1360. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.05.002>

Cetorelli, G. & Guido, M. R. (2020). *Accessibilità e Patrimonio Culturale. Linee guida al Piano strategico-operativo, buone pratiche e indicate conoscitiva per la fruizione ampliata nei luoghi della cultura italiani*. Ministero della Cultura

Chiarella, D., Yarbrough, J. & Jackson, C. AL. (2020). Using alt text to make science Twitter more accessible for people with visual impairments. *Nature Communications*, 11, 5803. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19640-w>

Coklyat, B., & Finnegan, S. (2022). Capitolo 22. In Cachia, *Curating Access: Disability Art Activism and Creative Accommodation* (pp. 278-288). Routledge: London. <https://doi.org/10.4324/9781003171935>

Colmenero, M. O. L., & Gallego, S. S. (2020). Metaphor as creativity in audio descriptive tours for art museums: from description to practice. *Journal of Audiovisual Translation*, 3(2), 64-78.  
<http://dx.doi.org/10.47476/jat.v3i2.2020.128>

Corazzini, L. L., Tinti, C., Schmidt, S., Mirandola, C., & Cornoldi, C. (2010). Developing spatial knowledge in the absence of vision: Allocentric and egocentric representations generated by blind people when supported by auditory cues. *Psychologica Belgica*, 50(3-4), 327–334. <https://doi.org/10.5334/pb-50-3-4-327>

Cornoldi C. e Vecchi T. (2003). *Visuo-Spatial Working Memory and Individual Differences*. Psychology Press.

Cornoldi, C., & De Beni, R., (1988). Weakness of imagery without visual experience: The case of the total congenital blind using imaginal mnemonics. In M. Denis, J. Engelkamp, & J. T. E. Richardson (Eds.), *Cognitive and neuropsychological approaches to mental imagery* (pp. 393-401). Nijhoff.

Cornoldi, C., Bertuccelli, B., Rocchi, P., & Sbrana, B. (1993). Processing capacity limitations in pictorial and spatial representations in the totally congenitally blind. *Cortex*, 29, 675–689.

Cornoldi, C., Calore, D., & Pra Baldi, A. (1979). Imagery ratings and recall in congenitally blind subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 48, 627–629.

Cornoldi, C., Cortesi, A., & Preti, D. (1991b). Individual differences in the capacity limitations of visuospatial short-term memory: Research on sighted and totally congenitally blind people. *Memory and Cognition*, 19, 459–468.

Cornoldi, C., De Beni, R., Roncari, S., & Romano, S. (1989). The effects of imagery instructions on totally congenitally blind recall. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 321–331.

Cornoldi, C., Tinti, C., & Vecchi, T. (2002b). Memory and integration processes in congenital blindness. In M. A. Heller & S. Ballesteros (Eds.),

*Touch and blindness: Psychology and neuroscience* (pp. 109–125). Lawrence Erlbaum Associates.

De Beni, R., & Cornoldi, C. (1985a). The effects of imaginal mnemonics on congenitally totally blind and on normal subjects. In D. F. Marks & D. G. Russel (Eds.), *Imagery I*. Human Performance Associates.

De Beni, R., & Cornoldi, C. (1985b). Effects of the mnemotechnique of loci in the memorization of concrete words. *Acta Psychologica*, 60, 11–24.

De Beni, R., & Cornoldi, C. (1988). Imagery limitations in totally congenitally blind subjects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 650–655.

De Lucia P. (2008). Critical Roles for Distance, Task, and Motion in Space Perception: Initial Conceptual Framework and Practical Implications *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 52(11), 811–815. <https://doi.org/10.1518/001872008X312297>

Della Sala, S., Gray, C., Baddeley, A. D., & Wilson, L. (1997). *The Visual Patterns Test: A test of short-term visual recall*. Thames Valley Test Company.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. E. (2011). From game design elements to 'gamefulness': Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 9–15). ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Doore, S. A., Istrati, D., Xu, C., Qiu, Y., Sarrazin, A., & Giudice, N. A. (2024). Images, Words, and Imagination: Accessible Descriptions to Support Blind and Low Vision Art Exploration and Engagement. *Journal of Imaging*, 10, 26. <http://dx.doi.org/10.3390/jimaging10010026>

Dulin, D., & Hatwell, Y. (2006). The Effects of Visual Experience and Training in Raised-Line Materials on the Mental Spatial Imagery of Blind Persons. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 100(7), 414-424. <https://doi.org/10.1177/0145482X0610000705>

Eardley, A.F., Fryer, L., Hutchinson, R., Cock, M., Ride, P., Neves, J. (2017). Enriched Audio Description: Working Towards an Inclusive Museum Experience. In: Halder, S., Assaf, L. (eds) *Inclusion, Disability and Culture*. Inclusive Learning and Educational Equity, vol 3. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55224-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55224-8_13)

Elithorn, A., Jones, D., Kerr, M., and Lee, D. (1964). The effects of the variation of two physical parameters on empirical difficulty in a perceptual maze test. *British Journal of Psychology*. 55:31-37.

Emore, A. (2024) in Power, R. *The ALT Text: Accessible Learning with Technology. Post-Secondary and Workplace Education* <https://pressbooks.pub/thealttext/chapter/addressing-visual-impairment-in-higher-education-integrating-instructional-design-and-digital-resources/>

Epstein, R. A., Patai, E. Z., Julian, J. B., & Spiers, H. J. (2017). The cognitive map in humans: spatial navigation and beyond. *Nature neuroscience*, 20(11), 1504–1513. <https://doi.org/10.1038/nn.4656>

Finke, R. A. 1989. *Principles of Mental Imagery*. Cambridge, MA: MIT Press

Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. A. S. (1995). Bricks: Laying the foundations for graspable user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 442–449. <https://doi.org/10.1145/223904.223964>

Foreman, N., & Gillet, R. (Eds.) (1997). *Handbook of spatial research paradigms and methodologies* (Vol. 1). Psychology Press.

Fraiberg, S. (1977). *Insights from the blind: Comparative studies of blind and sighted infants*. Basic Books.

Fraiberg, S. & Adelson, E. (1973) Self-Representation in Language and Play: Observations of Blind Children. *The Psychoanalytic Quarterly*, 42(4), 539-562. <https://doi.org/10.1080/21674086.1973.11926648>

Fryer, L. (2016). *An Introduction to Audio Description: A Practical Guide*. Routledge

Fulford, J., Milton, F., Salas, D., Smith, A., Simler, A., Winlove, C., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery vividness – An fMRI study and literature review. *Cortex*, 105, 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.09.014>

Gagliardi C. e Negri L., (2018). *Percorsi di riabilitazione. I disturbi visuocognitivi. Strategie e materiali operativi*, Erikson.

Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Houghton Mifflin.

Giraud, S., Brock, A. M., Macé, M. J.-M., & Jouffrais, C. (2017). Map learning with a 3D printed interactive small-scale model: Improvement of space and text memorization in visually impaired students. *Frontiers in Psychology*, 8, 930. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00930>

Gleason, C., Carrington, P., Cassidy, C., Ringel Morris M., Kitani, K. M. & Biggam J.P. (2019). "It's almost like they're trying to hide it": How User-Provided Image Descriptions Have Failed to Make Twitter Accessible. In

*The World Wide Web Conference*, 549–559.  
<https://doi.org/10.1145/3308558.3313605>

Golledge, R. (1999). *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes*. Johns Hopkins University Press

Gori, M., & Cappagli, G. (2022). Children with visual impairment: Assessment, development, and management. In *Visual impairment in children* (pp. 175–192). Mac Keith Press.

Guariglia, C., & Pizzamiglio, L. (2007). The role of imagery in navigation: Neuropsychological evidence. In T. Vecchi & G. Bottini (Eds.), *Imagery and spatial cognition* (pp. 17–31). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-71978-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71978-8_2)

Güçlü, B., Celik, S., & Ilci, C. (2014). Representation of haptic objects during mental rotation in congenital blindness. *Perceptual and motor skills*, 118(2), 587–607. <https://doi.org/10.2466/15.22.PMS.118k2owo>

Hadley, B., & Rieger, J. (2021). Co-designing choice: objectivity, aesthetics and agency in audio-description. *Museum Management and Curatorship*, 36(2), 189–203.  
<http://dx.doi.org/10.1080/09647775.2021.1878469>

Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? — A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3025–3034.  
<https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>

Haven, K. (2007). *Story proof: The science behind the startling power of story*. Libraries Unlimited.

Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Green, S., & Lima, F. (1999). The effect of orientation on braille recognition in persons who are sighted and blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 416–419.

Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Tyler, L. A., & Burson, L. L. (1996). Production and interpretation of perspective drawings by blind and sighted people. *Perception*, 25, 321–334.

Holsanova, J. (2021). Audio description of art: the role of mental imagery and embodiment. *Lund University Cognitive Studies*, (181), 1-19. <https://www.lu.se/publications/lund-university-cognitive-studies/>

Hooper, H. E. (1958). *The Hooper Visual Organization Test*. Manual. Western Psychological Series.

Houwen, Suzanne & Cox, Ralf & Roza, Minette & Lansink, Femke & Wolferen, Jannemieke & Rietman, Andre. (2022). Sensory processing in young children with visual impairments: Use and extension of the Sensory Profile. *Research in Developmental Disabilities*. 127. 104251. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2022.104251>

Huotari, K., & Hamari, J. (2012). Defining gamification: A service marketing perspective. In *Proceedings of the 16th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments* (pp. 17–22). ACM. <https://doi.org/10.1145/2393132.2393137>

Ittyerah, M., Gaunet, F., & Rossetti, Y. (2007). Pointing with the left and right hands in congenitally blind children. *Brain and cognition*, 64(2), 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.02.002>

Jafri, R. (2014). Electronic Braille Blocks: A Tangible Interface-Based Application for Teaching Braille Letter Recognition to Very Young Blind Children. In: Miesenberger, K., Fels, D., Archambault, D., Peñáz, P., Zagler,

W. (eds) *Computers Helping People with Special Needs*. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science(pp. 561–568). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9\\_81](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9_81)

Jafri, R., Aljuhani, A. M., & Ali, S. A. (2015). A tangible interface-based application for teaching tactual shape perception and spatial awareness sub-concepts to visually impaired children. *Procedia Manufacturing*, 3, 5562–5569. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.734>

Jafri, R., Althbiti, S. M. M., Alattas, N. A. A., Albraiki, A. A. A., & Almuhawwis, S. H. A. (2022). Tac-Trace: A tangible user interface-based solution for teaching shape concepts to visually impaired children. *IEEE Access*, 10, 131153–131165. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3228455>

Jonides, J., Kahn, R., & Rozin, P. (1975). Imagery instructions improve memory in blind subjects. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 5, 424–426.

Juurmaa, J. (1973). Transposition in mental spatial manipulation: a theoretical analysis. *American Foundation for the Blind Research Bulletin* 26, 87-134.

Juurmaa, J., & Lehtinen-Railo, S. (1994). Visual experience and access to spatial knowledge. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 88, 157–170.

Kang, J., Bertani, R., Raheel, K., Soteriou, M., Rosenzweig, J., & Valentin, A., et al. (2023). Mental Imagery in Dreams of Congenitally Blind People. *Brain Sciences*, 13(10), 1394. <https://doi.org/10.3390/brainsci13101394>

Kappers, A. M., & Koenderink, J. J. (1999). Haptic perception of spatial relations. *Perception*, 28(6), 781–795. <https://doi.org/10.1068/p2930>

Kef, S., & Deković, M. (2004). The role of parental and peer support in adolescents well-being: a comparison of adolescents with and without a visual impairment. *Journal of adolescence*, 27(4), 453–466. <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2003.12.005>

Kennedy, J. (1982). Haptic pictures. In W. Schiff & E. Foulke (Eds.), *Tactual perception*. Academic Press.

Kennedy, J. (1993). *Drawing and the blind: Pictures to touch*. Yale University Press.

Kerr, N. H. (1983). The role of vision in visual imagery experiments: Evidence from the congenitally blind. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 265–277. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.112.2.265>

Kisanga, S. E., & Kisanga, D. H. (2022). The role of assistive technology devices in fostering the participation and learning of students with visual impairment in higher education institutions in Tanzania. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(7), 791–800. <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1817989>

Klatzky, R. L. (1998). Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections. In: Freksa, C., Habel, C., Wender, K.F. (eds) *Spatial Cognition*. Lecture Notes in Computer Science(), vol 1404. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4\\_1](https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4_1)

Klatzky, R. L., Golledge, R. G., Loomis, J. M., Cicinelli, J. G., & Pellegrino, J. W. (1995). Performance of blind and sighted persons on spatial tasks. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 91, 70–82.

Leotta, M., Mori, F. & Ribaud, M. (2022). Evaluating the effectiveness of automatic image captioning for web accessibility. *Universal Access in the Information Society*, 22, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00906-7>

Lo Piccolo, A. (2023). Bisogni formativi dell'insegnante specializzato in relazione ai deficit visivi. *Tiflogia per l'integrazione* 02/2023, (2), 45.

Loomis, J. M., Klatzky, R. L., Golledge, R. G., Cicinelli, J. G., Pellegrino, J. W., & Fry, P. A. (1993). Nonvisual navigation by blind and sighted: Assessment of path integration ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 73–91.

Lozano, M., Penichet, V., Leporini, B., & Fernando, A. (2018). Tangible user interfaces to ease the learning process of visually-impaired children. *Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference*, 1–5. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.87>

Luo, D., Doucé, L., & Nys, K. (2024). Multisensory museum experience: an integrative view and future research directions. *Museum Management and Curatorship*, 1–28. <https://doi.org/10.1080/09647775.2024.2357071>

Mack, K., Cutrell, E., Lee, B., & Morris, M. R. (2021). Designing tools for high-quality alt text authoring. *Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3441852.3471207>

Manshad, M. S., Pontelli, E., & Manshad, S. J. (2012). Trackable interactive multimodal manipulatives: towards a tangible user environment for the blind. In *Computers Helping People with Special Needs: 13th International Conference, ICCHP 2012, Linz, Austria, July 11-13, 2012, Proceedings, Part II 13* (pp. 664-671). Springer Berlin Heidelberg.

Marichal, S., Rosales, A., Sansone, G., Pires, A. C., Bakala, E., Perilli, F. G., Fleischer, B., & Blat, J. (2018). LETSmath. *Adjunct Publication of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 313–320. <https://doi.org/10.1145/3236112.3236157>

Marks, D. F. (1972). Individual differences in the vividness of visual imagery and their effect on function. In P. W. Sheehan (Ed.), *The function and nature of imagery* (pp. 83–108). Academic Press.

Marmor, G. S. (1978). Age at onset of blindness and the developmental of the semantics of colour names. *Journal of Experimental Child Psychology*, 25, 267–278.

Marmor, G. S., & Zaback, L. A. (1976). Mental rotation by the blind: does mental rotation depend on visual imagery?. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 2(4), 515–521. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.2.4.515>

Martolini, C., Cappagli, G., Luparia, A., Signorini, S., & Gori, M. (2020). The Impact of Vision Loss on Allocentric Spatial Coding. *Frontiers in neuroscience*, 14, 565. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00565>

Martolini, C., Cappagli, G., Saligari, E., Gori, M., & Signorini, S. (2021). Allocentric spatial perception through vision and touch in sighted and blind children. *Journal of experimental child psychology*, 210, 105195. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105195>

Merabet, L. B., & Pascual-Leone, A. (2010). Neural reorganization following sensory loss: the opportunity of change. *Nature reviews. Neuroscience*, 11(1), 44–52. <https://doi.org/10.1038/nrn2758>

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.

Millar, S. (1988). Models of sensory deprivation: the nature/nurture dichotomy and spatial representation in the blind. *International Journal of Behavioural Development* 11, 69-87.

Millar, S. (1994). *Understanding and representing space: Theory and evidence from studies with blind and sighted children*. Clarendon Press/Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198521426.001.0001>

Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27, 272–277.

Montello, D. R. (2005). Navigation. In P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking* (pp. 257–294). Cambridge University Press.

Montessori, M. (1912). *The Montessori Method*. Frederick Stokes Company.

Moore, S. L. (2007). [Review of the book *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*, by D. H. Rose & A. Meyer]. *Educational Technology Research and Development*, 55(5), 521–525.  
<https://doi.org/10.1007/s11423-007-9056-3>

Morelli, F., Aprile, G., Cappagli, G., Luparia, A., Decortes, F., Gori, M., & Signorini, S. (2020). A Multidimensional, Multisensory and Comprehensive Rehabilitation Intervention to Improve Spatial Functioning in the Visually Impaired Child: A Community Case Study. *Frontiers in neuroscience*, 14, 768. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00768>

Morrongiello, B. A., Timney, B., Humphrey, G. K., Anderson, S. and Skory, C. (1995). Spatial knowledge in blind and sighted children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59(2), 211-233. <https://doi.org/10.1006/jecp.1995.1010>

Najjar, A. B., Alhussayen, A., & Jafri, R. (2021). Usability Engineering of a Tangible User Interface Application for Visually Impaired Children. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 11. <https://doi.org/10.22967/HCIS.2021.11.014>

Neumüller, M., Reichinger, A., Rist, F., Kern, C. (2014). 3D Printing for Cultural Heritage: Preservation, Accessibility, Research and Education. In: Ioannides, M., Quak, E. (eds) *3D Research Challenges in Cultural Heritage*. Lecture Notes in Computer Science, vol 8355. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44630-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44630-0_9)

Neves, J. (2012). Multi-sensory approaches to (audio) describing the visual arts. *MonTI. Monografías de Traducción e Interpretación*, (4), 277–293. <http://dx.doi.org/10.6035/MonTI.2012.4.12>

Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2000). *Making Space: The Development of Spatial Representation and Reasoning*. MIT Press.

O'Malley, C., & Fraser, D. S. (2004). *Literature review in learning with tangible technologies*. NESTA Futurelab.

Oliver, M. (1990). *Politics of Disablement*. Palgrave Macmillan

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <http://www.prisma-statement.org/>

Paoletta, A., Ali, L., Refrigeri, L., & Baralla, F. (2025). Educational and rehabilitative interventions for egocentric and allocentric frames of spatial cognition in congenital blindness: A multidisciplinary overview. *Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva*, 9(1). <https://doi.org/10.32043/gsd.v9i1.1500>

Paoletta, A.M., Refrigeri, L., Baralla, F. (2025). The Importance of Alt Text for Social Media and Outreach in Italian Higher Education: Building Inclusive Best Practices. In: Toto, G.A. (eds) *Inclusion, Communication, and Social Engagement. ICS exchange 2024. Communications in Computer and Information Science*, (pp.219-232). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-03021-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-032-03021-4_16)

Pasqualotto, A., & Proulx, M. J. (2012). The role of visual experience for the neural basis of spatial cognition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 1179–1187. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.01.008>

Perego, E. (2017). Audio description norms in Italy: state of the art and the case of "Senza Barriere". *Rivista Internazionale di Tecnica della Traduzione*, 19, 207-228.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Presses Universitaires de France.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The Child's Conception of Space*. Routledge.

Piccardi, L., Bocchi, A., Palmiero, M., Verde, P., & Nori, R. (2017). Mental imagery skills predict the ability in performing environmental directional judgements. *Experimental Brain Research*, 235(7), 2225–2233. <https://doi.org/10.1007/s00221-017-4966-8>

Pires, A. C., Bakala, E., González-Perilli, F., Sansone, G., Fleischer, B., Marichal, S., & Guerreiro, T. (2022). Learning maths with a tangible user interface: Lessons learned through participatory design with children with visual impairments and their educators. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32, 100382. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100382>

Pizzamiglio, L., Guariglia, C., & Cosentino, T. (1998). Evidence for separate allocentric and egocentric space processing in neglect patients. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 34(5), 719–730. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70775-5](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70775-5)

Power, R. (2024). Are Your PDFs Accessible? In R. Power (Ed.), *The ALT Text: Accessible Learning with Technology*. Power Learning Solutions. ISBN 978-1-7390190-2-0. <https://pressbooks.pub/thealttext/chapter/are-your-pdfs-accessible/>

Prensky, M. (2001). "Digital Natives, Digital Immigrants Part 1". *On the Horizon*, Vol. 9 No. 5, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>

Ramos Aguiar, L. R., & Álvarez Rodríguez, F. J. (2021). Methodology for Designing Systems Based on Tangible User Interfaces and Gamification Techniques for Blind People. *Applied Sciences*, 11(12), 5676. <https://doi.org/10.3390/app11125676>

Reed, M., & Curtis, K. (2012). Experiences of students with visual impairments in Canadian higher education. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(7), 414–425. <https://doi.org/10.1177/0145482X1210600704>

Reinhardt, D., Holloway, L., Thøgersen, J., Guerry, E., Diaz, C., Havellas, W., & Poronnik, P. (2024). The museum of touch: Tangible models for blind

and low vision audiences in museums. In J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (Eds.), *Virtual, augmented and mixed reality* (pp. 95–112). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-49511-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-49511-3_8)

Rey, A. (1941). L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique. *Archives de Psychologie*, 28, 286–340.

Reynolds, C. E., & Bigler, E. D. (1996). Factor structure, factor indexes, and other useful statistics for interpretation of the Test of Memory and Learning (TOMAL). *Archives of Clinical Neuropsychology*, 11, 29–43.

Ricci, F., Boldini, A., Beheshti, M., Rizzo, J.-R., & Porfiri, M. (2022). A virtual reality platform to simulate orientation and mobility training for the visually impaired. *Virtual Reality*, 27(2), 685–701. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00691-x>

Rieser, J.J. (1990). Development of perceptual-motor control while walking without vision: the calibration of perception and action. In *Sensory-Motor Organizations and Development in Infancy and Early Childhood* (H. Bloch and B.I. Berenthal, eds.). Kluwer Academic Publishers.

Rolls, E. T. (2023). The parietal cortex, spatial functions, and navigation. In *Brain Computations and Connectivity* (2nd ed., pp. 459–474). Oxford University Press. <http://dx.doi.org/10.1093/oso/9780198887911.003.0010>

Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal Design for Learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Rose, D., & Meyer, A. (2002). *Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning*. Association for Supervision and Curriculum Development. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-007-9056-3>

Ruggiero, G., Ruotolo, F., & Iachini, T. (2018). Congenital blindness limits allocentric to egocentric switching ability. *Experimental brain research*, 236(3), 813–820. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5176-8>

Sabuncuoglu, A. (2020). Tangible music programming blocks for visually impaired children. *Proceedings of the Fourteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 423–429. <https://doi.org/10.1145/3374920.3374939>

Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69, 371–380. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>

Sánchez García, L., Hilton Sayeg de Siqueira, J., Bueno, J., Galera Forcelini, P. (2016). A Tangible Interaction Platform as Concrete Support for Blind Children Literacy in Braille. In M. Antona & C. Stephanidis (Eds.), *Universal access in human-computer interaction. Users and context diversity* (pp. 147–158). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40238-3\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40238-3_14)

Sánchez, J., & Lumbreras, M. (1999). Virtual environment interaction through 3D audio by blind children. *Cyberpsychology & behavior : the impact of the Internet, multimedia and virtual reality on behavior and society*, 2(2), 101–111. <https://doi.org/10.1089/cpb.1999.2.101>

Sánchez, J., Sáenz, M., Pascual-Leone, A., & Merabet, L. (2010). Navigation for the Blind through Audio-Based Virtual Environments. *Extended abstracts on Human factors in computing systems. CHI Conference*, 2010, 3409–3414. <https://doi.org/10.1145/1753846.1753993>

Schinazi, V. R., Thrash, T., & Chebat, D. R. (2016). Spatial navigation by congenitally blind individuals. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 7(1), 37–58. <https://doi.org/10.1002/wcs.1375>

Seale, J. K. (2006). *E-learning and Disability in Higher Education: Accessibility Research and Practice*. Routledge.

Secchi, L. (2004). *L'educazione estetica per l'integrazione*. Carrocci Editore.

Senden, S.M.von (1932). *Space and Sight: the Perception of Space and Shape in the Congenitally Blind Before and After Operation*. Free Press.

Senel, S., & Kutlu, Ö. (2018). Computerized adaptive testing design for students with visual impairment. *Eğitim ve Bilim*, 43(195), 261–284.

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171(3972), 701–703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>

Snyder, J. (2005). Audio description: The visual made verbal. *International Congress Series*, 1282, 935–939. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2005.05.215>

Snyder, J. (2020). *The visual made verbal: A comprehensive training manual and guide to the history and applications of audio description*. Æ Academic Publishing.

Socrati, A. (2014). Arte e integrazione: l'educazione del non vedente in campo artistico ed estetico. *Formazione & Insegnamento*, 12(3), 197–210.

Soler Gallego, S. (2019). Defining subjectivity in visual art audio description. *Meta*, 64(3), 708-733. <http://dx.doi.org/10.7202/1070536ar>

Soler Gallego, S. (2021). The minority AD: Creativity in audio descriptions of visual art. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 308-327). Cham: Springer. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78095-1\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78095-1_23)

Soler Gallego, S. (2023). Diversity of experience: action, sensation, and immersion in audio descriptions of (visual) art. *Universal Access in the Information Society*, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s10209-023-01003-z>

Somma, F., Di Fuccio, R., Lattanzio, L., & Ferretti, F. (2021). Multisensorial tangible user interface for immersive storytelling: A usability pilot study with a visually impaired child. *CEUR Workshop Proceedings*, 3100.

Spreeen, O. & Strauss, E. (1991). *A compendium of neuropsychological test*. Oxford University Press.

Street, R. F. (1931). *A Gestalt completion test*. Teachers College Contributions to Education, 481.

Stuart, I. (1995). Spatial orientation and congenital blindness: A neuropsychological approach. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 89, 129–141.

Tadić, V., Pring, L., & Dale, N. (2009). Are language and social communication intact in children with congenital visual impairment at school age? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51(6), 696–705. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2009.02200.x>

Tamè, L., Azañón, E., & Longo, M. R. (2019). A Conceptual Model of Tactile Processing across Body Features of Size, Shape, Side, and Spatial

Location. *Frontiers in psychology*, 10, 291.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00291>

Taylor, C. (2014). Textual cohesion. In A. Maszerowska, A. Matamala & P. Orero (Eds.), *Audio description: New Perspectives Illustrated* (pp. 41-60). John Benjamins.

Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in blind persons: vision as a spatial sense?. *Psychological bulletin*, 121(1), 20–42.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.121.1.20>

Tiberti, V. (2020). *Il museo sensoriale*. Sapienza University Press.

Tinti, C., Galati, D., Vecchio, M. G., De Beni, R., & Cornoldi, C. (1999). Interactive auditory and visual images in persons who are totally blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 579–583.

Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*. 55(4), 189–208. <https://doi.org/10.1037/h0061626>

Tomasi, D., & Volkow, N. D. (2024). Associations between handedness and brain functional connectivity patterns in children. *Nature communications*, 15(1), 2355. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46690-1>

Tremosa, L. (2024, April 30). Beyond AR vs. VR: What is the Difference between AR vs. MR vs. VR vs. XR?. *Interaction Design Foundation - IxDF*.  
<https://www.interaction-design.org/literature/article/beyond-ar-vs-vr-what-is-the-difference-between-ar-vs-mr-vs-vr-vs-xr>

Trentin, G. (2010). *Networked Collaborative Learning: Social Interaction and Active Learning*. Elsevier.

Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM Systems Journal*, 39(3-4), 915-931. <https://doi.org/10.1147/sj.393.0915>

Ungar, S. (1994). *The Ability of Young Visually Impaired Children to Use Tactile Maps*. Unpublished PhD, University of Sheffield.

Ungar, S., Blades, M., & Spencer, C. (1995). Mental Rotation of a Tactile Layout by Young Visually Impaired Children. *Perception*, 24(8), 891-900. <https://doi.org/10.1068/p240891>

Ungar, S., Blades, M., Spencer, C. (1996). The Construction of Cognitive Maps by Children with Visual Impairments. In: Portugali, J. (eds) *The Construction of Cognitive Maps*. GeoJournal Library, vol 32. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1_11)

Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.

Vanlierde, Annick & Wanet-Defalque, Marie-Chantal. (2005). The Role of Visual Experience in Mental Imagery. *Journal of Visual Impairment and Blindness*. 99. 165-178. <http://dx.doi.org/10.1177/0145482X0509900305>.

Vecchi, T. (1998). Visuo-spatial limitations in congenitally totally blind people. *Memory*, 6, 91-102.

Vecchi, T., Monticelli, M. L., & Cornoldi, C. (1995) Visuo-spatial working memory: Structures and variables affecting a capacity measure. *Neuropsychologia*, 33, 1549-1564.

Vecchi, T., Tinti, C., & Cornoldi, C. (2004). Spatial memory and integration processes in congenital blindness. *Neuroreport*, 15(18), 2787–2790.

Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

Walczak, A., & Fryer, L. (2017). Creative description: The impact of audio description style on presence in visually impaired audiences. *British Journal of Visual Impairment*, 35(1), 6-17.

Wechsler, D. (1944). *The measurement of adult intelligence* (3rd ed.). Williams & Wilkins.

Wechsler, D. (1945). A standardized memory scale for clinical use. *Journal of Psychology*, 19, 87–95.

Witkin, H. A., Oltman, P. K., Raskin, E., & Karp, S. A. (1971). *A manual for the embedded figures tests*. Consulting Psychologists Press.

Zimler, J., & Keenan, J. M. (1983). Imagery in the congenitally blind: How visual are visual images? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 9, 269–282.  
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.9.2.269>

## **Sitografia**

Artribune. (2024). *MultiArt, l'app per ascoltare le opere d'arte*. Recuperato il 13 Gennaio 2025 da:

<https://www.artribune.com/progettazione/new-media/2024/01/multiart-app-ascoltare-opere-arte/>

Audio Description Project of the American Council of the Blind (2020). *Audio Description Standards and Guidelines*. Recuperato il 27 Luglio 2025 da: <https://adp.acb.org/guidelines.html>

Art Beyond Sight Project (1996). *Guidelines for verbal description*. Recuperato il 22 Agosto 2025 da: <http://www.artbeyondsight.org/handbook/acs-guidelines.shtml>

CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. Recuperato il 10 Giugno 2025 da: <https://udlguidelines.cast.org/>.

Harvard University. (n.d.). *Describe content and images*. Digital Accessibility. Recuperato l' 8 Gennaio 2025 da: <https://accessibility.huit.harvard.edu/describe-content-images>

I'MINTALES Project. (n.d.). *About the project*. Recuperato il 14 Marzo 2025 da: <https://www.imintalesproject.eu/about/>

International Council of Museums (ICOM). (2007). *Museum definition*. Recuperato il 22 Giugno 2025 da: <https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/museum-definition/>

Later. (n.d.). *How to write alt text for social media*. Recuperato il 12 Gennaio 2025 da: <https://later.com/blog/alt-text/>

Stampa 3D (n.d.) Recuperato il 30 Marzo 2025 da: <https://www.archeomatica.it/ict-beni-culturali/arte-in-3d-per-non-vedenti-nuovo-progetto-sulla-condizione-e-stampa-di-modelli-3d>

Tremosa, L. (2024, April 30). Beyond AR vs. VR: What is the Difference between AR vs. MR vs. VR vs. XR?. *Interaction Design Foundation - IxDF*. Recuperato il 16 Settembre 2025 da: <https://www.interaction-design.org/literature/article/beyond-ar-vs-vr-what-is-the-difference-between-ar-vs-mr-vs-vr-vs-xr>

United Nations. (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. Recuperato il 17 Aprile 2025 da: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>

World Health Organization. (2021). *World report on vision*. Geneva, Switzerland: WHO. Recuperato il 10 Marzo 2025 da: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>

World Wide Web Consortium. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Recuperato il 10 Febbraio 2025 da: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

World Wide Web Consortium. (n.d.). *An alt decision tree*. Web Accessibility Initiative. Recuperato il 22 Febbraio 2025 da: <https://www.w3.org/WAI/tutorials/images/decision-tree/>

## Ringraziamenti

Non una pagina di questa tesi sarebbe stata scritta se non avessi avuto, attorno a me, una rete di supporto, collaborazione e professionalità; desidero ringraziare, dal profondo del mio cuore, tutti coloro che hanno permesso la realizzazione di quella che, tre anni fa, era solo un'idea confusa, il bisogno di dare vita a un progetto. Non è stato un percorso lineare, e ha subito diverse battute d'arresto in corso d'opera, perché affrontassi prove personali dolorose, ma che ad oggi fungono da sprono. Ringrazio coloro che mi hanno aiutata a rimettermi in piedi, ed in primis la mia supervisor Prof.ssa Francesca Baralla, per la pazienza, la fiducia, la comprensione.

Molto prima dell'idea, c'è stata l'esperienza lavorativa a stretto contatto con persone cieche ed ipovedenti, e con loro e per loro questo progetto ha preso forma. Va a tutti i partecipanti alle sperimentazioni il più profondo e caloroso ringraziamento, specialmente ai più piccini: la vostra felicità durante il gioco ha ampiamente ripagato tutti gli sforzi degli ultimi tre anni. Un pensiero commosso va a Paky: sono certa che anche lui si sarebbe divertito a giocare con noi. Alle piccole vite come la sua auguro che la ricerca oncologica possa continuare a progredire, raggiungendo traguardi sempre più significativi.

Ringrazio sentitamente anche la Dott.ssa Beatrice Ferrazzano e la Dott.ssa Giovina Tomaciello, responsabili rispettivamente del CCT di Foggia e del CCT di Campobasso, senza la cui fiducia e intraprendenza non avrei potuto realizzare le sperimentazioni di Spatial Explorer. La realizzazione di questa tesi ha un'impronta nettamente femminile, e ciò non potrebbe rendermi più fiera.

Il mio ultimo pensiero va a chi si sarebbe emozionato con me per questo testo tra le mani; i miei genitori, ai quali dedico l'intero lavoro, ma anche mia zia Assunta e la mia amica e collega Lucrezia. *Non omnis moriar*: l'amore che ho ricevuto continua a darmi forza.