



11750.17

C. Giaconi, I. D'Angelo, A. Marfoglio, C. Gentilozzi

ECOSISTEMI FORMATIVI INCLUSIVI



A cura di
CATIA GIACONI, ILARIA D'ANGELO,
ALESSANDRA MARFOGLIA, CHIARA GENTILOZZI

ECOSISTEMI FORMATIVI INCLUSIVI

Il volume raccoglie e presenta nuove esperienze e sinergie sui temi dell'inclusione nei diversi contesti formativi. Le sfide che vengono accolte e declinate nelle pagine, grazie ai contributi delle autrici e degli autori, muovono nella volontà di creare nuovi spazi generativi tra università, scuole e territori.

In questa direzione, le due sezioni di cui si compone quest'opera collettanea, "Sfide generative tra università e scuole" e "Sfide generative tra università e territori", guideranno i lettori all'interno di temi attuali che necessitano di azioni trasversali e sistemiche di cui i contributi sono testimonianza.

Catia Giaconi è professore ordinario di Didattica e Pedagogia Speciale presso il Dipartimento di Scienze della formazione, dei Beni culturali e del Turismo dell'Università degli Studi di Macerata. Presso lo stesso Ateneo ricopre il ruolo di Pro-Rettrice Vicaria e di Delegata alla Terza Missione. I suoi principali interessi di ricerca sono rivolti alla presa in carico delle persone con disabilità in età adulta e alla formazione dei docenti, degli educatori e dei pedagogisti. Responsabile scientifica di collane editoriali in Italia e in Brasile. Ha pubblicato diversi volumi e articoli in riviste nazionali e internazionali

Ilaria D'Angelo è ricercatrice presso il Dipartimento di Scienze della formazione, dei Beni culturali e del Turismo dell'Università degli Studi di Macerata. I suoi maggiori interessi di ricerca riguardano la progettazione educativa nell'ottica del paradigma della Qualità della Vita per persone con disabilità complesse e con Bisogni Comunicativi Complessi. È membro del centro di ricerca TincTec dell'Università degli Studi di Macerata e collabora con il Centro di ricerca LIDA dell'Università UNESP, del Brasile.

Alessandra Marfoglio è PhD Student in "Formazione, Patrimonio culturale, Territori" presso l'Università degli Studi di Macerata. Collabora con il centro di ricerca TincTec della stessa Università e dal 2019 è cultrice della materia per la cattedra di Pedagogia e Didattica Speciale.

Chiara Gentilozzi è PhD Student in "Epistemology and Neuroscience Applied in Education" presso l'Università degli Studi Niccolò Cusano e cultrice della materia di Pedagogia Speciale presso il Dipartimento di Scienze della formazione, dei Beni culturali e del Turismo dell'Università degli Studi di Macerata. Collabora con il centro di ricerca TincTec dell'Università degli Studi di Macerata e con il centro di ricerca HERACLE LAB, Laboratorio di Ricerca in Neuroscienze Educative dell'Università degli Studi Niccolò Cusano.

 **FrancoAngeli**
La passione per le conoscenze

ISBN 978-88-351-2851-9

Edizione fuori commercio



 **TRAIETTORIE
INCLUSIVE**

FrancoAngeli 

Indice

Introduzione, di *Catia Giaconi, Ilaria D'Angelo, Alessandra Marfoggia, Chiara Gentilozzi*

La transizione dalla scuola secondaria di II grado all'università: una indagine esplorativa, di *Lucia Borsini, Noemi Del Bianco, Ilaria D'Angelo, Aldo Caldarelli, Catia Giaconi*

Qualità di vita di bambini e adolescenti con Bisogni Educativi Speciali e dei loro genitori, di *Elena Mularoni*

Realtà Virtuale e Didattica: una proposta di analisi per una formazione inclusiva, di *Aldo Caldarelli, Marco Iommi, Michele Zitti, Ilaria D'Angelo, Catia Giaconi*

La progettazione didattica personalizzata come dispositivo inclusivo: uno studio di caso, di *Alessandra Marfoggia, Maurizio Corona, Laura Dario, Catia Giaconi*

Percezioni e dislessia: uno studio esplorativo, di *Rebecca Marchetti, Tommaso Santilli, Alessandra Marfoggia, Noemi Del Bianco*

Percorsi di accessibilità culturale: il museo tra inclusione e tecnologia, di *Paola Paladini, Silvia Ceccacci, Aldo Caldarelli, Ilaria D'Angelo, Catia Giaconi*

Processi inclusivi tra letteratura per l'infanzia e relazioni con enti del territorio: una sperimentazione alla Casa delle Culture di Ancona, di *Elena Boaro, Elena Girotti, Chiara Gentilozzi, Anna Ascenzi*

Le Storie da Ascoltare di Babalibri: incontro tra letteratura per l'infanzia, musica classica e tecnologie per l'inclusione, di *Elena Girotti, Anna Ascenzi*

Disabilità e Sport: un connubio vincente per l'emancipazione, di *Arianna Taddei, Nicola Anconetani, Aldo Caldarelli*

Percorsi inclusivi sulla rotta del Mediterraneo orientale. Azioni educative per i rifugiati presso l'associazione *La Luna di Vasilika*, di *Arianna Taddei, Barbara Alesi*

Percorsi di accessibilità culturale: il museo tra inclusione e tecnologia

*di Paola Paladini, Silvia Ceccacci, Aldo Caldarelli,
Ilaria D'Angelo, Catia Giaconi*

Introduzione

La rivoluzione tecnologica degli ultimi decenni, in particolare l'avvento del World Wide Web nel 1994, ha portato a profondi cambiamenti sociali e culturali nella società. Le innovazioni informatiche e lo sviluppo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) hanno trasformato la produzione e la fruizione dei contenuti e il modo in cui le persone accedono alle informazioni. L'ambiente digitale si sta sviluppando come una realtà parallela in cui si creano relazioni e si svolgono attività simili al mondo reale. Anche i musei sono stati coinvolti in questa trasformazione digitale: l'esperienza museale sta evolvendo verso un approccio sempre più coinvolgente per i visitatori, soprattutto attraverso l'uso della Realtà Virtuale (VR) (Neuburger & Egger, 2017). La ricerca scientifica ha dimostrato che l'utilizzo di queste tecnologie nel campo del patrimonio culturale è fondamentale per attirare l'interesse dei visitatori, migliorare la loro esperienza e rendere le opere d'arte e gli artefatti culturali più accessibili (Giaconi, Ascenzi, Del Bianco, D'Angelo & Capellini, 2021a; Leopardi, Ceccacci, Mengoni, Naspetti, Gambelli, Ozturk & Zanolì, 2020; He, Wu & Li, 2018; Neuburger & Egger, 2017; McCall & Gray, 2014; Rua & Alvito, 2011; Carrozzino & Bergamasco, 2010; Noh, Sunar & Pan, 2009). Tuttavia, va considerato che queste tecnologie potrebbero non essere adatte a tutte le persone, poiché potrebbero comportare distrazioni o essere complesse per chi non ha familiarità con la tecnologia. Pertanto, potrebbero determinarsi difficoltà di accesso al patrimonio culturale (Leopardi, Ceccacci & Mengoni, 2021).

Il ricorso a dispositivi di feedback aptico può aumentare l'immersione negli ambienti virtuali e migliorare l'interazione tra il visitatore e gli oggetti virtuali. Questi dispositivi, infatti, forniscono informazioni tattili che

arricchiscono l'esplorazione dei contenuti virtuali, aumentando l'interesse del visitatore e l'accessibilità della Realtà Virtuale (Shogren, Caldarelli, Del Bianco D'Angelo & Giaconi, 2022; Ceccacci, Generosi, Leopardi, Mengoni & Mandorli, 2021).

Il presente studio si propone di valutare come l'utilizzo di dispositivi aptici in contesto museale possa favorire processi di inclusione culturale, consentendo a persone con disabilità di partecipare attivamente a contesti culturali e sociali e migliorando l'esperienza immersiva per tutti i visitatori.

Prospettive di inclusione al Museo

Il museo contemporaneo mira sempre più a diventare un luogo inclusivo in cui vi è la necessità di adattarsi alle esigenze dei visitatori, ampliando la loro funzione sociale. Nei musei, l'opera d'arte o i reperti non devono essere solo contemplati in modo passivo dal visitatore ma devono trasformarsi in un'esperienza coinvolgente, capace di suscitare curiosità e fornire informazioni chiare. Le proposte museali dovrebbero richiedere la partecipazione attiva del visitatore, offrendo la possibilità di interagire con le opere e con l'ambiente circostante. Progettare quindi un ambiente in VR con veri reperti archeologici trasformati in asset digitali è paragonato all'esperienza di un visitatore immerso in un vero museo, con il valore aggiunto di facilitare la creazione di mediatori specifici in grado di garantire al tempo stesso un'esperienza inclusiva.

Alcune ricerche (Kalyvioti & Mikropoulos, 2012) hanno mostrato come la realtà virtuale può favorire lo sviluppo di competenze specifiche nei bambini con Bisogni Educativi Speciali (BES), attraverso l'utilizzo di un modello costruzionista volto a sostenere la conoscenza basata sull'esplorazione dell'ambiente immersivo (Cobb, 2007). Questi ambienti immersivi sono caratterizzati da flessibilità e controllabilità, in cui è possibile aumentare progressivamente il grado di complessità del compito e avere il controllo sul processo di apprendimento. Così, si potrebbe considerare la VR uno strumento efficace per l'apprendimento interattivo, in quanto stimola la motivazione e aumenta il grado di consapevolezza delle esperienze, creando un contesto favorevole allo sviluppo di particolari abilità che può essere trasferito nel mondo reale. Per questo motivo è possibile utilizzare la VR per abbattere barriere culturali, offrendo un nuovo modo di vivere la cultura che permette alle persone di essere al centro del processo di apprendimento. Altri studi (Di Tore, Todino & Sibilio, 2019) si sono concentrati sull'uso delle tecnologie immersive nei musei al fine di creare un ambiente di apprendimento efficace per le persone con BES e promuovere

la partecipazione attiva di tutti, ripensando la comunicazione nel museale e progettando gli interventi in base alle esigenze dei visitatori. In realtà, questi studi hanno dimostrato un miglioramento dell'esperienza del visitatore con l'aumento del coinvolgimento multisensoriale (Nesti, 2017).

Tuttavia, mentre le barriere legate al luogo e alla sua raggiungibilità sembrerebbero ovviamente superate con la collocazione digitale, così come parte delle motivazioni legate all'identità, alcune delle altre barriere identificate da Dawson (2014, 2011) restano potenzialmente in essere anche nel nuovo contesto. A queste si aggiungono o sovrappongono quelle che caratterizzano il cosiddetto digital divide. Inoltre, barriere legate a specifiche disabilità da parte degli utenti (ad esempio ipovedenti o non vedenti) rischiano di essere riprodotte anche virtualmente, nel caso in cui i musei virtuali non incorporino efficacemente specifiche tecnologie di accessibilità fin dalla fase di progettazione. Infatti, se ci chiediamo come un visitatore con disabilità possa vivere l'ambiente museale, rispettando i propri profili operativi e le personali modalità di apprendimento, troveremmo risposte diverse a seconda di questi dispositivi (Giaconi, Rodrigues & Del Bianco, 2019). Il cardine di questo approccio rimane sempre il co-design di tali ambienti per la comunità di persone con disabilità che si caratterizza una delle frontiere più innovative della pedagogia speciale applicata ai beni culturali (Caldarelli, Di Tore, Ceccacci, Todino, Campitiello & Giaconi, 2022).

La tecnologia aptica in contesto museale: stato dell'arte della ricerca

La tecnologia aptica consente di simulare il senso del tatto in un ambiente virtuale, offrendo all'utente una sensazione tattile tramite forza o vibrazione quando entra in contatto con oggetti virtuali (Butler & Neave, 2008). Questi oggetti sono rappresentati da modelli poligonali con texture manipolabili attraverso movimenti del braccio aptico con diversi gradi di libertà (Bergamasco, Frisoli & Barbagli, 2002b). Nell'ambito dei beni culturali, le informazioni tattili potrebbero integrare la percezione visiva, aumentando l'inclusività nella fruizione di opere d'arte e manufatti culturali (Reuter, Riviere, Couture, Mahut & Espinasse, 2010; Butler & Neave, 2008; Dettori, Avizzano, Marcheschi, Angerilli, Bergamasco, Loscos & Guerraz, 2003; Brogni, Avizzano, Evangelista & Bergamasco, 1999). Tuttavia, nonostante i dispositivi aptici possano costituire un asset per la fruizione più estesa del patrimonio culturale (Ceccacci *et al.*, 2021) la ricerca scientifica si è concentrata principalmente sull'implementazione della

tecnologia aptica in contesti militari, medici e industriali (El Rassi & El Rassi, 2020; Overtoom, Horeman, Jansen, Dankelman & Schreuder, 2019; Bolopion & Régnier, 2013; Aziz & Mousavi, 2009). Solo pochi studi hanno esplorano il suo potenziale in ambito educativo e culturale come musei e spazi culturali (Martó, Horeman, Jansen, Dankelman & Schreuder, 2022; Comes, 2016; Petrelli, Ciolfi, Van Dijk, Hornecker, Not & Schmidt, 2013; Brewster, 2005; Bergamasco, Brogni, Frisoli, Salvini, Vignoni & Anna, 2002a; Vignoni, 2002; Brogni *et al.*, 1999). Nessuno studio si è concentrato sullo studio dell'accessibilità e dell'usabilità di tali tecnologie sulle persone con disabilità. Tuttavia, vari ricercatori (Sreeni, Priyadarshini, Pra-seedha & Chaudhuri, 2012) sostengono che tali tecnologie possono portare indiscutibili benefici per le persone con disabilità. Tali convinzioni ad oggi non risultano però confermate da evidenze scientifiche.

Per garantire un'esperienza autentica e inclusiva con gli oggetti digitali, è importante considerare il feedback aptico come supporto alla percezione delle forme. Tuttavia, ci sono limiti attuali nella tecnologia aptica per l'esplorazione delle forme, specialmente nelle aree con discontinuità nella superficie. Questi limiti potrebbero influire sull'accessibilità dell'esperienza, soprattutto per i visitatori con disabilità, e sulla loro indipendenza nell'uso dei dispositivi aptici per esplorare gli artefatti.

Sono stati realizzati studi e applicazioni che combinano tecnologie di visualizzazione e tecnologie tattili nei musei, come il Museo della Forma Pura (Grow, Verner & Okamura, 2007; Tecchia Ruffaldi, Frisoli, Bergamasco & Carrozzino, 2007) o l'applicazione nel Museo dell'Oro di Bogotà (Figuroa Coral, Boulanger, Borda, Londoño, Vega, Prieto & Restrepo 2009). Tuttavia, è ancora necessario condurre uno studio approfondito sull'implementazione di tecnologie aptiche nei musei tattili, coinvolgendo i visitatori per testare la loro percezione e valutare l'efficacia di tali dispositivi e il loro effettivo potenziale, soprattutto in relazione all'accessibilità e all'autonomia delle persone con disabilità.

In questo contesto, il presente studio mira a valutare la facilità di apprendimento di un dispositivo aptico basato su feedback di forza da parte delle persone con disabilità, ovvero a valutare il livello di usabilità da essi percepito durante la prima interazione con tale tecnologia. A tal fine è stato condotto uno studio esplorativo presso il Centro di Ricerca per l'Insegnamento e l'Apprendimento, l'Inclusione, la Disabilità e la Tecnologia Educativa (TIncTec) dell'Università di Macerata.

Il protocollo per la valutazione della facilità apprendimento

Nell'indagine esplorativa condotta, sono state coinvolte un totale di 32 persone, tra cui 9 adulti (1 con una disabilità fisica), 12 ragazzi (2 con una disabilità intellettiva di grado lieve e 2 con Disturbi Specifici dell'Apprendimento, DSA) e 11 bambini (1 con una disabilità intellettiva di grado lieve e 2 con DSA). A queste persone è stato chiesto di interagire con un dispositivo aptico per navigare e manipolare oggetti virtuali visualizzati su un monitor PC Philips Led 24" full HD, mentre erano seduti a una scrivania regolabile in altezza per garantire il massimo comfort durante l'interazione. Per questo scopo, è stato utilizzato il Geomagic Touch X, un dispositivo a 6 gradi di libertà con un feedback di forza elevato di 3D System.

Le applicazioni di realtà virtuale considerate sono state sviluppate utilizzando Unity 3D, con l'ausilio del plugin Unity Openhaptics di 3D Systems. Queste applicazioni permettono agli utenti di interagire con gli oggetti virtuali utilizzando una sonda virtuale. Quando la punta della sonda entra in contatto con l'oggetto virtuale, il Touch X trasmette un feedback di forza all'utente che tiene la "penna" tramite attuatori meccanici del dispositivo. Questo feedback simula la sensazione di "collisione" tra la punta della sonda e la superficie dell'oggetto virtuale, e la resistenza che il materiale virtuale stesso offre, basandosi sul principio di azione e reazione. Inoltre, premendo il pulsante situato sul manico del dispositivo, è possibile "attaccare" la sonda virtuale all'oggetto virtuale nel punto di contatto. In questo modo, è possibile spostare l'oggetto virtuale all'interno della scena virtuale semplicemente muovendo il manico lungo gli assi x, y, z o attraverso rotazioni di rollio, beccheggio e imbardata.

Al fine di valutare l'usabilità del dispositivo aptico sia per le persone con disabilità che per quelle senza, i partecipanti sono stati introdotti inizialmente a una breve sessione di addestramento sull'interazione con gli oggetti virtuali tramite il dispositivo aptico. Successivamente, sono stati invitati a interagire liberamente con vari oggetti virtuali al fine di familiarizzare con l'uso del dispositivo e successivamente navigare e manipolare gli oggetti.

Per stimolare un maggiore interesse nell'utilizzo, gli oggetti virtuali considerati erano rappresentazioni digitali di reperti archeologici altamente realistici (fig. 1).

Fig. 1 - Esempi di copie digitali di reperti archeologici



La valutazione dell'apprendimento dello strumento è stata condotta utilizzando una tecnica chiamata video analisi delle interazioni (VIA) (Jordan & Henderson, 1995), effettuata in modo indipendente da tre esperti di interazione uomo-computer. Gli esperti hanno considerato gli elementi quantitativi riportati nella tabella 1.

Tab. 1 - Criteri quantitativi considerati per la valutazione della facilità di apprendimento

Criteri di valutazione	Metriche
Efficacia apprendimento	Numero di adattamenti della spiegazione % tempo speso nella navigazione in autonomia/ senza supporto Numero di interventi di supporto
Efficienza apprendimento	Tempo complessivo della spiegazione Tempo impiegato per apprendere modalità di navigazione Tempo impiegato per apprendere modalità di manipolazione

Al fine di valutare l'efficacia e l'efficienza dell'apprendimento, è stato calcolato il valore di ogni metrica per ciascun partecipante, prendendo in considerazione la mediana dei valori determinati dai tre esperti che hanno condotto l'analisi video. Oltre ai dati quantitativi, sono stati considerati anche aspetti qualitativi dell'interazione tra i ricercatori che hanno condotto l'esperimento e i partecipanti coinvolti. Questi aspetti includono la comunicazione (il linguaggio utilizzato, il tono e il ritmo della voce) e la gestualità durante le spiegazioni, così come la postura e la corretta presa del dispositivo touch.

Analisi e discussione dei risultati

Al fine di valutare l'efficacia e l'efficienza dell'apprendimento, è stato calcolato il valore di ogni metrica per ciascun partecipante, prendendo in considerazione la mediana dei valori determinati dai tre esperti che hanno condotto l'analisi video. Oltre ai dati quantitativi, sono stati considerati anche aspetti qualitativi dell'interazione tra i ricercatori che hanno condotto l'esperimento e i partecipanti coinvolti. Questi aspetti includono la comunicazione (il linguaggio utilizzato, il tono e il ritmo della voce) e la gestualità durante le spiegazioni, così come la postura e la corretta presa del dispositivo touch.

L'analisi dei dati quantitativi è stata condotta utilizzando il test ANOVA, prendendo in considerazione l'età e la presenza di disabilità come fattori tra i soggetti. Sono stati considerati tre gruppi di età distinti: bambini (10-14 anni), ragazzi (14-17 anni) e adulti (18-46 anni).

In generale, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative tra i tre gruppi per quanto riguarda l'efficienza dell'apprendimento, come la durata delle spiegazioni e il tempo necessario per familiarizzare con i comandi di navigazione e manipolazione. Tuttavia, è emersa una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda l'efficacia dell'apprendimento, specificamente per il numero di adattamenti delle spiegazioni, $F(2, 21) = 3.790$, $p = .039$.

Attraverso il test HSD di Tukey per confronti multipli, è stato rilevato che il numero medio di adattamenti delle spiegazioni richiesti dai bambini è risultato diverso da quello richiesto dai ragazzi ($p = .21$, 95% C.I. = [0.39, 4.22]) e da quello richiesto dagli adulti ($p = .30$, 95% C.I. = [0.23, 3.96]). I dati riportati nella tabella 2 mostrano che sia i bambini che i ragazzi hanno richiesto un maggior numero di adattamenti delle spiegazioni rispetto agli adulti.

Per quanto riguarda il livello di autonomia e la necessità di supporto, non sono emerse differenze significative tra i gruppi.

Nel confronto tra i dati di performance dei partecipanti con e senza disabilità, sono emerse differenze statisticamente significative sia in termini di efficacia che di efficienza dell'apprendimento.

Tab. 2 - Confronto tra le performance di bambini, ragazzi e adulti

	Bambini		Ragazzi		Adulti	
	M	DS	M	DS	M	DS
Efficacia di apprendimento						
N. adattamenti	4	1,55	4	2,29	2	1,13
% tempo autonomia	0,51	0,29	0,63	0,21	0,57	0,3
N. richieste supporto	4	1,31	3	1,74	2	1,41
Efficienza di apprendimento	M	DS	M	DS	M	DS
Tot. tempo spiegazione	226	89,56	164	89,59	186	91,82
Tot. tempo app. navigazione	164	75,59	162	82,77	129	60,99
Tot. tempo app. manipolazione	150	73,07	124	57,53	127	36,36

In particolare, sono emerse differenze statisticamente significative per i seguenti aspetti:

- il numero di adattamenti della spiegazione: $F(1, 31) = 3.583, p = .038$;
- il numero di richieste di supporto: $F(1, 31) = 8.040, p = .008$;
- il tempo impiegato per apprendere la modalità di navigazione: $F(1, 31) = 4.721, p < 0.038$. Il tempo impiegato per apprendere la modalità di manipolazione: $F(1, 31) = 3.583, p = .033$.

Come si può notare dai dati riportati nella tabella 3, le persone con disabilità hanno mostrato una maggiore necessità di adattamenti nella spiegazione, richieste di supporto durante la navigazione e hanno impiegato più tempo per apprendere come utilizzare il dispositivo aptico per la navigazione e la manipolazione degli oggetti.

D'altra parte, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative per quanto riguarda la durata totale della spiegazione e la percentuale di tempo in cui i partecipanti hanno utilizzato autonomamente lo strumento.

Tab. 3 - Confronto tra le performance dei partecipanti con e senza disabilità

	Persone senza disabilità		Persone con disabilità	
	M	DS	M	DS
Efficacia di apprendimento				
N. adattamenti	3	1,98	5	3,5
% tempo autonomia	0,57	0	0,53	0,17
N. richieste supporto	3	1,6	6	4,95
Efficienza di apprendimento	M	DS	M	DS
Tot. tempo spiegazione	191	90,27	277	235,79
Tot. tempo app. navigazione	153	73,13	243	162,16
Tot. tempo app. manipolazione	127	58,94	192	124,38

Analizzando i dati qualitativi, è emerso che l'interazione e la comunicazione sono state ben gestite dal gruppo di esperti, ottenendo un feedback positivo da parte dei partecipanti. In generale, i partecipanti hanno mostrato un forte interesse e coinvolgimento durante l'esperimento.

Per i bambini senza disabilità, è stato utilizzato un linguaggio semplice e chiaro, garantendo una comunicazione omogenea per tutti gli utenti (Giacconi & Del Bianco, 2019; Shogren *et al.*, 2022). La comunicazione verbale è stata accompagnata da un tono colloquiale/amichevole, un ritmo lento e un volume alto per favorire l'attenzione dei partecipanti più giovani. Inoltre, la spiegazione è stata adattata in modo da rendere l'interazione con il dispositivo un'esperienza ludica. Questo approccio ludico ha creato un ambiente positivo che ha favorito l'attenzione dei bambini e il loro coinvolgimento nell'apprendimento. Tuttavia, i bambini hanno richiesto un maggior supporto da parte dei ricercatori rispetto ai ragazzi e agli adulti.

Per i ragazzi e gli adulti, è stato utilizzato un linguaggio più specifico. Inoltre, per stimolare la motivazione e l'interesse, la spiegazione è stata arricchita con narrazioni storiche e riferimenti alle peculiarità degli oggetti virtuali. Nei ragazzi e nelle ragazze, in particolare, sono state evidenziate le caratteristiche degli oggetti attraverso la navigazione con il dispositivo aptico. Gli adulti, invece, sono stati in grado di interfacciarsi autonomamente con il dispositivo dopo un breve periodo di adattamento. Di conseguenza, la durata della spiegazione e i tempi di apprendimento sono stati inferiori rispetto agli altri gruppi, e l'attenzione e il coinvolgimento sono risultati più omogenei.

Per le persone con disabilità, il linguaggio utilizzato è stato adeguato alle loro esigenze, con toni colloquiali e un linguaggio semplificato o specifico, a seconda delle necessità individuali. Nel complesso, il gruppo ha dimostrato un coinvolgimento attento e partecipativo, ad eccezione di due casi di una ragazza e una bambina con disabilità intellettiva lieve che hanno mostrato un coinvolgimento limitato, commenti incerti e risposte incerte.

Riguardo al gruppo di persone con disabilità, i dati evidenziano tempi di apprendimento più lunghi e una maggiore necessità di supporto durante l'interazione rispetto al gruppo senza disabilità.

Un altro elemento analizzato è stato la postura e la corretta presa del manipolo del dispositivo touch. Nel gruppo senza disabilità, non sono state riscontrate particolari difficoltà nella presa. Nel gruppo dei bambini con disabilità, si è notata una presa scorretta del manipolo in tutti i casi, nonostante i suggerimenti specifici sul posizionamento delle dita e della mano. Nel gruppo dei ragazzi con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), invece, si è riscontrata una corretta esecuzione della presa in tutti i casi.

Tuttavia, sia i ragazzi che l'adulto con disabilità non hanno sempre mantenuto una corretta posizione delle dita sul manipolo. In particolare, i ragazzi hanno manifestato difficoltà nella presa e instabilità nella posizione della mano, mentre l'adulto ha mostrato una presa eccessivamente rigida con conseguente affaticamento.

Conclusioni

La ricerca esplorativa presentata si propone di evidenziare come gli ambienti digitali possano generare nuove forme di interazione, promuovendo una partecipazione attiva e una fruizione culturale più ampia e diffusa. Attraverso l'utilizzo di nuovi linguaggi, modalità interattive innovative e soluzioni personalizzabili, l'esperienza museale può aprirsi a un pubblico sempre più diversificato e favorire una maggiore accessibilità (Ciccolungo, Zitti, Gentilozzi, Crescimbeni, Del Bianco, D'Angelo, Sarchet & Giaconi, 2023; Shogren *et al.*, 2022; Bortolotti & Paoletti, 2021; Capomagi, Santoro, D'Angelo, Del Bianco, Capellini & Giaconi, 2021; Giaconi *et al.*, 2021a; Giaconi, Del Bianco, D'Angelo, Halwany & Capellini, 2021b; Vi, Ablart, Gatti, Velasco & Obrist, 2017; Sandell, 2003). Tuttavia, è importante che l'integrazione dei dispositivi all'interno dei percorsi museali avvenga in modo armonico e non invasivo, al fine di evitare la creazione di spazi puramente spettacolari o tecnici. È necessario sfruttare le potenzialità dei dispositivi e creare contenuti di alta qualità per sviluppare strategie mirate alle esigenze del pubblico e alla valorizzazione del patrimonio culturale (Giaconi *et al.*, 2021a; Giaconi *et al.*, 2021b; Ibem, Oni, Umoren & Ejiga, 2017).

Un museo che decide di adottare strumenti digitali deve essere coerente nel considerare la tecnologia come un mezzo per veicolare contenuti e diffondere la cultura in modi innovativi, piuttosto che come un fine a se stesso. Sebbene gli ambienti digitali non possano sostituire completamente la visita fisica a un museo, possono contribuire a rendere la fruizione più accessibile e comunicare a un pubblico più ampio, contrastando la comunicazione culturale spesso elitaria presente in Italia. L'esperienza fisica del patrimonio, mediata dalla tecnologia, non viene sostituita, ma viene veicolata in modo diverso per sfruttare le diverse opportunità comunicative offerte da questi nuovi strumenti e stimolare l'interesse e la curiosità culturale del pubblico (Lisney, Bowen, Hearn & Zedda, 2013; Leopardi *et al.*, 2020; Ceccacci *et al.*, 2021).

In conclusione, i musei virtuali possono avere un impatto reale nella promozione dell'inclusione sociale quando l'accessibilità e le forme di per-

sonalizzazione vengono integrate in modo sinergico. I musei virtuali possono avere un reale impatto in termini di promozione dell'inclusione sociale a fronte di minori costi; questo però non è in alcun modo un fenomeno automatico. I musei virtuali possono anche diventare una componente ulteriore dell'industria culturale, giocando un ruolo di riproduzione simbolica dell'ordine sociale esistente e delle dinamiche di esclusione. Accanto agli ostacoli genericamente associati alle istituzioni museali per una fruizione inclusiva e che promuova a sua volta l'inclusione nella società più ampia, i musei virtuali rischiano di introdurre nuovi ostacoli legati al digital divide e alle caratteristiche specifiche delle proprie piattaforme tecniche.

In ogni caso, senza una presa di coscienza della natura ideologica della retorica del libero accesso (che nasconde il fatto che l'accesso al patrimonio museale è condizionato, tra gli altri, da fattori culturali condizionati economicamente e socialmente), i musei virtuali rischiano di diventare un ulteriore elemento di trasmissione culturale, riproduzione delle disuguaglianze nella distribuzione della conoscenza sociale. Al contrario, l'acquisizione di questa coscienza può permettere lo sviluppo di prassi emancipative ed inclusive in grado di rendere i musei virtuali un elemento importante nella sfera della società civile per quanto riguarda la lotta all'esclusione sociale. Il coinvolgimento diretto dei soggetti nei cui confronti si intende attuare dinamiche inclusive può permettere l'instaurarsi di circuiti virtuosi, in cui attività culturale del museo virtuale e inclusione sociale si rinforzano a vicenda.

Bibliografia

- Aziz, F.A. & Mousavi M. (2009). A Review of Haptic Feedback in Virtual Reality for Manufacturing Industry. *Journal of Mechanical Engineering*, 40, 68-71.
- Bergamasco, M., Brogni, A., Frisoli, A., Salvini, F., Vignoni, M. & Anna, S.S.S. (2002a). Tactual exploration in cultural heritage. In *XIV Round Table Computer-Aided Egyptology*, Pisa (IE2002).
- Bergamasco, M., Frisoli A. & Barbagli, F. (2002b). Haptics technologies and cultural heritage applications. In *Proceedings of Computer Animation 2002 (CA 2002)* (pp. 25-32).
- Bolopion, A. & Régnier, S. (2013). A Review of Haptic Feedback Teleoperation Systems for Micromanipulation and Microassembly. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 10(3), 496-502.
- Bortolotti, E. & Paoletti, G. (2021). Disabilità intellettiva e accessibilità culturale. Una proposta per facilitare l'accesso alle informazioni in ambito museale. *Italian Journal of Special Education for Inclusion*, 9(2), 94-104.

- Brewster, S.A. (2005). The impact of haptic “touching” technology on cultural applications. In Hemsley, J., Cappellini, V. & Stanke, G. (Eds.), *Digital Applications for Cultural Heritage Institutions*. London: Routledge.
- Brogni, B.A., Avizzano, C.A., Evangelista, C. & Bergamasco, M. (1999). Technological approach for cultural heritage: augmented reality. In *8th IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction. RO-MAN'99* (pp. 206-212).
- Butler, M. & Neave, P. (2008). Object appreciation through haptic interaction. In *Proceedings of Hello! Where are you in the landscape of educational technology?* (pp. 133-141). Ascilite Melbourne 2008.
- Caldarelli, A., Di Tore, S., Ceccacci, S., Todino, M.D., Campitiello, L. & Giaconi, C. (2023). Co-designing Immersive and Inclusive Virtual Museum with Children and People with Disabilities: A Pilot Study. In *Proceedings of 2022 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, IEEE.
- Capomagi, G., Santoro, A., D'Angelo, I., Del Bianco, N., Capellini, S.A. & Giaconi, C. (2021). L'arte a occhi chiusi. Percezione tattile ed educazione artistica. In D'Angelo, I., Santoro, A. & Marfoggia, A. (a cura di), *La formazione dell'insegnante specializzato nella scuola dell'infanzia e primaria. Esperienze e progetti a confronto* (pp. 132-144). Baubassin: Edizioni Accademiche Italiane.
- Carrozzino, M. & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452-458.
- Ceccacci, S., Generosi, A., Leopardi, A., Mengoni, M. & Mandorli, A.F. (2021). The Role of Haptic Feedback and Gamification in Virtual Museum Systems. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 14, 1-14.
- Ciccolungo, B., Zitti, M., Gentilozzi, C., Crescimbeni, M., Del Bianco, N., D'Angelo, I., Sarchet, T. & Giaconi, C. (2023). Arte e Inclusione: un connubio possibile. In Gentilozzi, C. & Crescimbeni, M. (a cura di), *Didattica Inclusiva nella scuola secondaria di primo e secondo grado. Esperienze e progetti in rete* (pp. 61-79). Baubassin: Edizioni Accademiche Italiane.
- Cobb, S.V. (2007). Virtual environments supporting learning and communication in special needs education. *Topics in Language Disorders*, 27(3), 211-225.
- Comes, R. (2016). Haptic devices and tactile experiences in museum exhibitions. *Journal of Ancient History and Archaeology*, 3(4), 60-64.
- Dawson, E. (2011). Display Case: Whose museum?. *Museum*, July/August, 25.
- Dawson, E. (2014). Equity in Informal Science Education: Developing an Access and Equity Framework for Science Museums and Science Centres. *Studies in Science Education*, 50(2), 209.
- Dettori, A., Avizzano, C.A., Marcheschi, S., Angerilli, M., Bergamasco, M., Loscos, C. & Guerraz, A. (2003). Art Touch with CREATE haptic interface. In *ICAR Proceedings, International Conference on Advanced Robotics*, 269.
- Di Tore, S., Todino, M.D. & Sibilio, M. (2019). L'apprendimento in ambienti di mixed reality Mixed Reality Learning Environment. *Le Società per la società: ricerca, scenari, emergenze*, 26, 151.

- El Rassi, I. & El Rassi, J.M. (2020). A review of haptic feedback in tele-operated robotic surgery. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 44(5), 247-254.
- Figueroa, P., Coral, M., Boulanger, P., Borda, J., Londoño, E., Vega, F., Prieto, F. & Restrepo, D. (2009). Multi-modal exploration of small artifacts: an exhibition at the Gold Museum in Bogota. In *Proceedings of the 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (pp. 67-74).
- Giaconi, C., Ascenzi, A., Del Bianco, N., D'Angelo, I. & Capellini, S.A. (2021a). Virtual and Augmented Reality for the Cultural Accessibility of People with Autism Spectrum Disorders: A Pilot Study. *The International Journal of the Inclusive Museum*, 14, 95-106.
- Giaconi, C. & Del Bianco, N. (2019). *Inclusione 3.0*. Milano: FrancoAngeli.
- Giaconi, C., Del Bianco, N., D'Angelo, I., Halwany, S. & Capellini, S.A. (2021b). Cultural accessibility of people with Intellectual disabilities: A pilot study in Italy. *JESSET*, 7(1), 17-26.
- Giaconi, C., Rodrigues, M.B. & Del Bianco, N. (2019). *Gettare lo sguardo in avanti. La co-progettazione nella pedagogia speciale*. Baubassin: Edizioni Accademiche Italiane.
- Grow, D.I., Verner, L.N. & Okamura, A.M. (2007). Educational Haptics. In *AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration*.
- He, Z., Wu, L. & Li, X.R. (2018). When art meets tech: the role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions. *Tourism Management*, 68, 127-139.
- Ibem, E. O., Oni, O.O., Umoren E. & Ejiga, J. (2017). An Appraisal of Universal Design Compliance of Museum Buildings in Southwest Nigeria. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(23), 13731-13741.
- Jordan, B. & Henderson, A. (1995). *Interaction Analysis: Foundations and Practice*. *Journal of the Learning Sciences*, 4(1), 39-103. DOI: 10.1207/s15327809jls0401_2
- Kalyvioti, K. & Mikropoulos, T.A. (2012). Virtual Environments and Dyslexia: A Literature Review. *Procedia Computer Science*, 27, 138-147.
- Leopardi, A., Ceccacci, S. & Mengoni, M. (2021). A New Paradigm for the Enjoyment and Exploitation of Cultural Heritage Based on Spatial Augmented Reality: The Case of the Ducal Palace of Urbino. In *Proceedings of the ASME 2021 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference 2* (pp. 1-8).
- Leopardi, A., Ceccacci, S., Mengoni, M., Naspetti, S., Gambelli, D., Ozturk, E. & Zanoli, R. (2020). X-reality technologies for museums: a comparative evaluation based on presence and visitors experience through user studies. *Journal of Cultural Heritage*, 47, 188-198.
- Lisney, E., Bowen, J.P., Hearn, K. & Zedda, M. (2013). Museums and Technology: Being Inclusive Helps Accessibility for All. *The Museum Journal*, 56(3), 353-361.
- Marto, A., Gonçalves, A., Melo, M. & Bessa, M. (2022). A survey of multisensory VR and AR applications for cultural heritage. *Computers & Graphics*, 102, 426-440.

- McCall, V. & Gray, C. (2014). Museums and the “new museology”: theory, practice and organisational change. *Museum Management and Curatorship*, 29(1), 19-35.
- Nesti, R. (2017). *Game-Based Learning: gioco e progettazione ludica in educazione*. Pisa: ETS.
- Neuburger, L. & Egger, R. (2017). An Afternoon at the Museum: Through the Lens of Augmented Reality. In Schegg, R. & Stangl, B. (Eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism* (pp. 241-254). Cham: Springer.
- Noh, Z., Sunar, M.S. & Pan, Z. (2009). A Review on Augmented Reality for Virtual Heritage System. In Chang, M., Kuo, R., Kinshuk Chen, G.D. & Hirose, M. (Eds.), *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development. Edutainment 2009. Lecture Notes in Computer Science*, 5670. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Overtoom, E.M., Horeman, T., Jansen, F.W., Dankelman, J. & Schreuder, H.W.R. (2019). Haptic Feedback, Force Feedback, and Force-Sensing in Simulation Training for Laparoscopy: A Systematic Overview. *Journal of Surgical Education*, 76(1), 242-261.
- Petrelli, D., Ciolfi, L., Van Dijk, D., Hornecker, E., Not, E. & Schmidt, A. (2013). Integrating material and digital: a new way for cultural heritage. *Interactions*, 20(4), 58-63.
- Reuter, P., Riviere, G., Couture, N., Mahut, S. & Espinasse, L. (2010). ArcheoTUI – driving virtual reassemblies with tangible 3D interaction. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 3(2), 1-13.
- Rua, H. & Alvito, P. (2011) Living the past: 3D models, virtual reality and game engines as tools for supporting archaeology and the reconstruction of cultural heritage—the case-study of the Roman villa of Casal de Freiria. *Journal of Archaeological Science*, 38(12), 3296-3308.
- Sandell, R. (2003). *Museums, society, inequality*. London: Routledge.
- Shogren, K.A., Caldarelli, A., Del Bianco N., D’Angelo I. & Giaconi, C. (2022). Co designing inclusive museum itineraries with people with disabilities: A case study from self-determination. *Education Sciences & Society*, 2, 214-226.
- Sreeni, K.G., Priyadarshini, K., Praseedha, A.K. & Chaudhuri, S. (2012), *Haptic Rendering of Cultural Heritage Objects at Different Scales*. In Isokoski, P. & Springare, J. (Eds.), *Haptics: Perception, Devices, Mobility, and Communication*. Berlin: Springer.
- Tecchia, F., Ruffaldi, E., Frisoli, A., Bergamasco, M. & Carrozzino, M. (2007). Multimodal Interaction For The Web, Figure 7. In Trant, J. & Bearman, D. (Eds.), *Museums and the Web 2007: Proceedings*. Toronto: Archives & Museum Informatics. Published March 31, 2007 at www.archimuse.com/mw2007/papers/tecchia/tecchia-fig7.html.
- Vi, C.T., Ablart, D., Gatti, E., Velasco, C. & Obrist, M. (2017). Not just seeing, but also feeling art: Mid-air haptic experiences integrated in a multisensory art exhibition. *International Journal of Human-Computer Studies*, 108, 1-14.
- Vignoni, M. (2002). Tactual Exploration in Cultural Heritage. In Conference: *Proceedings of the XIV Computer-aided Egyptology Round Table (IE2002)*.