



# L'esperienza dell'arte. Il ruolo delle tecnologie immersive nella didattica museale

## Experiencing art. The role of immersive technologies in museum education

Silvia Coppola

Università degli Studi di Salerno – sicoppola@unisa.it

Silvia Zanazzi

Università degli Studi di Salerno – szanazzi@unisa.it

### ABSTRACT

This article contributes to the studies on museum education, with particular reference to the recent changes in the role of the museum, called to receive and educate increasingly heterogeneous audiences. Through an interdisciplinary reflection involving pedagogy, teaching, technology, body and movement sciences, we explore and discuss the potential role of immersive technologies in promoting learning from the experience of art. After introducing the essential lines of the debate on the social role of the museum and the most authoritative contemporary theories of museum education, we focus on the technologies that most enhance the potential of the body and movement in learning processes. In closing, a brief bibliographical review is proposed to describe the state of the art of scientific research on these issues, highlighting the lack of studies capable of enhancing the contribution of education sciences and pedagogy.

Questo contributo si inserisce nell'ambito degli studi sulla didattica museale, con particolare riferimento ai cambiamenti recenti nel ruolo del museo, chiamato ad accogliere e formare pubblici sempre più eterogenei. Attraverso una riflessione interdisciplinare che coinvolge pedagogia, didattica, tecnologia, scienze del corpo e del movimento, viene esplorato il potenziale ruolo delle tecnologie immersive nel favorire l'apprendimento dall'esperienza di fruizione dell'arte. Dopo aver introdotto le linee essenziali del dibattito sul ruolo sociale del museo e le più autorevoli teorie contemporanee di didattica museale, ci si sofferma sulle tecnologie che valorizzano maggiormente il potenziale del corpo e del movimento nei processi di apprendimento. In chiusura, viene proposta una sintetica rassegna bibliografica che descrive lo stato dell'arte della ricerca scientifica su questi temi, evidenziando la carenza di studi in grado di valorizzare l'apporto delle scienze pedagogiche e della didattica.

### KEYWORDS

Museum; museum education; immersive technologies; learning; embodied learning.

Museo; didattica museale; tecnologie immersive; apprendimento; corporeità didattiche.

## Introduzione<sup>1</sup>

Questo contributo si inserisce nell'ambito degli studi sulla didattica museale, con particolare riferimento ai cambiamenti recenti nel ruolo del museo, chiamato ad accogliere e formare pubblici sempre più eterogenei. Attraverso una riflessione interdisciplinare che coinvolge pedagogia, didattica, tecnologia, scienze del corpo e del movimento, viene esplorato il potenziale ruolo delle tecnologie immersive nel favorire l'apprendimento dall'esperienza di fruizione dell'arte. Coinvolgendo il visitatore a livello cognitivo attraverso un'esperienza motoria immersiva, che implica aspetti di natura cinestesica, sensoriale ed emotiva, le tecnologie immersive potrebbero costituire un valido strumento per aumentare l'accessibilità del patrimonio culturale, la qualità della mediazione e il valore educativo dell'esperienza culturale. Dopo aver introdotto le linee essenziali del dibattito sul ruolo sociale del museo e le più autorevoli teorie contemporanee di didattica museale, ci si sofferma sulle tecnologie immersive e, in particolare, su quelle che valorizzano maggiormente il potenziale del corpo e del movimento nei processi di apprendimento. In chiusura, viene proposta una sintetica rassegna bibliografica che descrive lo stato dell'arte della ricerca scientifica su questi temi, evidenziando la carenza di studi esplorativi, sperimentali e valutativi in grado di valorizzare l'apporto delle scienze pedagogiche e della didattica.

### 1. L'arte come esperienza

In *Arte come esperienza*, Dewey (1934) propone una riflessione sulla necessità di ricostruire il ruolo dell'arte nella società. Egli osserva come, comunemente, l'oggetto artistico venga posto su un "pedistallo" e recluso nei musei, separandolo dall'esperienza quotidiana delle persone e isolandolo in una sterile dimensione estetica che priva l'arte delle sue connessioni sociali. Una volta che un oggetto ha raggiunto lo status di opera d'arte, esso viene isolato non solo dalle condizioni umane entro le quali è nato, ma anche dalle conseguenze che esso provoca nella concreta esperienza della vita. Il suo significato è reso opaco, viene eretto un muro a separarlo da ogni altra forma di attività umana. L'alternativa possibile a questa concezione, che finirebbe per svilire il valore sociale e educativo dell'arte, parte dal ritrovamento delle radici stesse dell'arte nelle sensazioni e nell'esperienza quotidiana dell'uomo comune.

Contrario ad ogni forma di isolamento dell'arte dalla vita umana, Dewey è invece attento a cogliere e analizzarne tutte le sue relazioni, sia con la dimensione psicologica degli individui che con le realtà sociali e culturali in cui essi sono immersi. Connettere l'arte e la percezione estetica con l'esperienza non significa per Dewey ridurre la dignità, bensì elevarla, in quanto l'esperienza è vitalità, è negoziazione con il mondo. Per comprendere l'estetico, bisogna cominciare quindi dallo stato grezzo, da ciò che riesce ad attrarre l'attenzione dell'occhio e dell'orecchio dell'uomo, suscitando il suo interesse e procurandogli sensazioni positive. I sensi sono gli organi mediante i quali l'essere umano interagisce direttamente con il mondo che gli sta intorno e il risultato di questa interazione è l'esperienza. In ogni momento in cui viviamo sperimentiamo qualcosa, perché il rapporto tra l'essere umano e l'ambiente è intrinseco alla vita stessa. Tuttavia, se-

1 Per quanto riguarda le specifiche attribuzioni, Silvia Zanazzi è autrice dei paragrafi 1, 2 e 5 e Silvia Coppola è autrice dei paragrafi 3 e 4. Introduzione e conclusioni sono frutto di lavoro comune.

condo Dewey (1938) si ha un'esperienza solo se il materiale sperimentato fluisce e si compone in un tutto compiuto, come un fiume che scorre.

La continuità tra arte e vita quotidiana e quella tra sensi e intelletto costituiscono, quindi, le fondamenta per la ricostruzione del ruolo e della funzione dell'arte nella società. Per Dewey l'arte è l'espressione di un fare che si compie interamente nella sfera sociale, è la manifestazione in forme sempre nuove del bisogno dell'uomo di stabilire un rapporto con il mondo, è un linguaggio al servizio della conoscenza.

## 2. Il ruolo sociale del museo

La teoria dell'arte come esperienza di Dewey, esposta nelle sue linee essenziali nel precedente paragrafo, può essere facilmente messa in relazione con alcuni elementi fondanti del dibattito odierno sul ruolo dell'arte, che ne enfatizza fortemente la funzione sociale. Nella letteratura contemporanea sul valore educativo dei beni culturali il museo è descritto come una importante istituzione del sistema di *lifelong learning* che può avere un ruolo cruciale nel contrastare le disuguaglianze e nel favorire la partecipazione attiva dei cittadini di tutte le età alla vita democratica (Nardi 2004; Izzo, Mustilli & Guida 2015). In questa prospettiva assume particolare importanza il tema dell'inclusività del museo e della sua capacità di accogliere pubblici eterogenei, riflettendo il pluralismo della società.

I contributi più autorevoli in materia evidenziano come la democratizzazione culturale non possa fondarsi solo su strategie di generalizzazione dell'accesso al consumo del bene, ma debba necessariamente prendere in considerazione gli aspetti qualitativi della mediazione tra visitatore e oggetto (Nuzzaci 2012). Per rendere realmente possibile un ruolo sociale, educativo ed inclusivo del museo occorre, quindi, uscire da una logica puramente divulgativa e creare le condizioni affinché il visitatore, durante la fruizione del bene, non sia semplicemente sottoposto a sollecitazioni emotive, ma attivi, in maniera più o meno consapevole, processi di apprendimento, riconducendo le sue conoscenze ad idee ed elementi nuovi (Nardi 2004; Di Pietro 2018).

Indubbiamente, i musei hanno vissuto una trasformazione negli ultimi decenni che ha portato al rafforzamento dei legami con il pubblico, allargato lo spettro dei potenziali visitatori e dato loro la possibilità di vivere un'esperienza più ricca dal punto di vista visivo, emotivo e educativo (Damala 2008). Questa evoluzione è evidente anche dalle diverse definizioni di museo date a distanza di alcuni decenni dall'*International Council of Museum*:

The word "museums" includes all collections open to the public, of artistic, technical, scientific, historical or archaeological material, including zoos and botanical gardens, but excluding libraries, except in so far as they maintain permanent exhibition rooms (1946).

A museum is a non-profit, permanent institution in the service of society and its development, open to the public, which acquires, conserves, researches, communicates and exhibits the tangible and intangible heritage of humanity and its environment for the purposes of education, study and enjoyment (2007).

Come afferma Solima (2012, p.132), oggi «si percepisce una maturazione del visitatore, in particolare di quello italiano, che concepisce la visita come un'espe-

rienza complessa e completa, capace di soddisfare molteplici esigenze di natura cognitiva, emotiva, estetica ed esperienziale».

I cambiamenti descritti nella concezione e nel ruolo del museo sono stati accompagnati dalla riflessione teorica sui processi di insegnamento-apprendimento nella didattica museale. In generale, i modelli orientati all'esplorazione degli «apprendimenti situati» possono costituire una adeguata cornice teorica per rappresentare i processi di apprendimento nei musei. Tra i lavori più significativi possiamo certamente annoverare quelli di Lave e Wenger (1991), Gardner (1991), Rogoff (1990), Olson e Bruner (1973). In queste prospettive, in accordo con gli approcci di Dewey e Piaget, l'apprendimento è strettamente legato all'attività pratica e alla partecipazione sociale. La conoscenza che ne risulta, di conseguenza, non è mai indipendente da queste variabili e lo spazio museale diventa un luogo d'azione in cui si costruisce la conoscenza attraverso l'attività, le interazioni e la relazione con il più ampio contesto socio-culturale. Per questo in alcuni contributi si parla di *musei esperienziali* o di *turismo culturale esperienziale* (AA.VV. 2018; Prentice 1996; 2001).

Entrando più nello specifico delle teorie sulla didattica museale, a partire dagli anni Novanta sono stati elaborati e discussi una serie di modelli specifici sul processo di apprendimento nei musei, fondati su approcci costruttivisti all'apprendimento. Hein (1995a; 1995b; 1998), per esempio, enfatizza nel suo modello la centralità della figura del visitatore del museo (*learner*), che deve avere un ruolo attivo. La sua motivazione è l'elemento decisivo nel processo di apprendimento: è importante, quindi, che siano rese possibili molteplici e differenti interazioni con i contenuti museali e che l'attenzione del visitatore non sia limitata ad un singolo aspetto, abilità o concetto. Per Hein, l'apprendimento è un processo attivo in cui il discente utilizza i sensi per costruire il significato dei contenuti con cui entra in relazione. La costruzione del significato è una risultante dell'attività mentale: le attività fisiche e manipolative possono essere necessarie, ma non sufficienti. Devono quindi essere proposte attività che impegnino anche la mente e che permettano ai partecipanti di pensare a ciò che stanno facendo. L'apprendimento, inoltre, è un'attività sociale e contestuale: non si apprendono fatti isolati o teorie in uno spazio astratto, disgiunto dalla nostra vita, ma in relazione alle nostre conoscenze e ai nostri valori. Parallelamente, non si possono apprendere nuove conoscenze senza avere un bagaglio già acquisito come base su cui innestare il nuovo. Occorre quindi che i visitatori abbiano una interazione continua con i contenuti del museo che li metterebbero in condizione di collegare ciò che vedono, fanno e sentono con ciò che già conoscono, capiscono e riconoscono, incorporando il nuovo nel vecchio. In questo, Hein si ricollega alla teoria dell'esperienza di Dewey (1938) e al principio di continuità che ogni esperienza deve avere per poter essere genuinamente educativa.

Un altro modello teorico sull'esperienza museale che è opportuno in questa sede citare è quello di Falk e Dierking (1992), anch'esso di matrice costruttivista, denominato *Interactive Experience Model* (IEM). Secondo questa prospettiva sono tre le dimensioni che influiscono sui processi di apprendimento in ambito museale: il contesto personale (conoscenze, interessi, esigenze, motivazioni, aspettative...); il contesto sociale (per esempio, la presenza di eventuali accompagnatori, la situazione di apprendimento formale o informale, la possibilità di interagire con il personale della struttura...); il contesto fisico (la struttura museale, l'architettura, l'allestimento, gli oggetti esposti...). Gli autori mettono in evidenza il forte collegamento tra l'ambiente fisico e le attività che in esso si svolgono, così come lo stretto rapporto tra efficacia dell'apprendimento e i con-

tenuti emotivi, considerando l'esperienza museale in una dimensione ampia e totalizzante in cui risulta fondamentale la motivazione del discente.

Nel 2007 Eilean Hooper-Greenhill ha pubblicato *Learning in museums*, uno studio sull'apprendimento attivo nei musei, nelle gallerie d'arte, nelle biblioteche e negli archivi. Il testo descrive l'apprendimento che si realizza quando mente e corpo lavorano insieme e i visitatori costruiscono la conoscenza attraverso l'interazione e il confronto. L'autrice descrive l'apprendimento all'interno del museo con diversi aggettivi quali: "incarnato" (*embodied*), immersivo, olistico, individualizzato, performativo. I musei, sostiene, stimolano la volontà di conoscere e l'impegno ad apprendere e favoriscono il successo formativo anche attraverso il "gioco serio" (*serious play*) che rende il visitatore più ricettivo e resiliente. Si descrive quindi un processo di coinvolgimento attivo che può risultare nell'acquisizione e nell'incremento di abilità, conoscenze, atteggiamenti e attitudine alla riflessione. Apprendere significa quindi cambiare, ridefinire le proprie cornici di riferimento, consolidare tratti della propria identità personale. In questa sede è importante sottolineare il ruolo assegnato nel modello alla componente ludica dell'apprendimento, che favorisce l'esercizio della sperimentazione, della creatività, dell'intuito e dell'inventiva.

### 3. Corpo, movimento e apprendimento

Da quanto fin qui esposto, risulta evidente come le più accreditate teorie relative alla didattica museale concordino sull'importanza del coinvolgimento del visitatore in un'esperienza d'apprendimento immersiva dal punto di vista emotivo, cognitivo e sensoriale, esperibile attraverso la corporeità e il movimento. In questo paragrafo sarà quindi introdotto e discusso il ruolo del corpo e del movimento in diversi processi cognitivi che sottendono l'apprendimento.

Numerosi contributi, fondati sui risultati di studi di diversi settori scientifici, hanno messo in luce interessanti interazioni tra funzioni cognitive superiori e sistema senso-motorio. Tali evidenze hanno determinato una evoluzione dello status epistemologico in ambito pedagogico, aprendosi a nuovi orizzonti di ricerca relativi a differenti aree scientifiche. I risultati degli studi e le evidenze scientifiche della pedagogia, della neurologia (Decety & Grèzes 2006), della psicologia cognitiva (Glenberg, Gutierrez, Levin, Japuntich, Kaschak 2004), della linguistica (Lakoff & Johnson 1980) e delle neuro-scienze, valicando continuamente e dinamicamente i loro confini, hanno rivelato l'incontrovertibile valore dell'esperienza corporea nei processi cognitivi che sottendono la cognizione e l'apprendimento. Tali evidenze scientifiche risultano indispensabili per comprendere i fondamenti scientifici e la pluralità dei metodi e delle strategie didattiche implicate in un approccio pedagogico in cui l'esperienza corporea riveste un ruolo fondamentale. Gli studi di diversi autori, tra cui Merleau-Ponty (2012), Le Boulch (1975), Shapiro (2019), hanno contribuito a confermare l'importanza della corporeità come elemento esperienziale elettivo per lo sviluppo psico-cognitivo della persona e per la costruzione di apprendimenti che si sviluppano attraverso il movimento ma che esulano da esso. Bruner (1966), Gardner (2011) e Piaget (1964) avevano intuito, già prima della relazione tra corporeità e sviluppo intellettuale, che lo sviluppo dei processi cognitivi è strettamente legato alla qualità dell'attività motoria esperita dalla persona, in particolare nel periodo dell'età evolutiva. Questo fenomeno è dovuto al coinvolgimento, durante l'esecuzione dell'atto motorio, delle aree del linguaggio, della memoria e dell'attenzione che influiscono positivamente su stili

attentivi, percezione e processi di costruzione ed elaborazione dell'informazione (Budde, Voelcker-Rehage, Pietraşyk-Kendziorra, Ribeiro, Tidow 2008).

Un'interessante ricerca pubblicata nel 2004 su *Neuron* ha dimostrato, attraverso lo studio dei risultati ottenuti da imaging a risonanza magnetica funzionale, la presenza di un'armonica simbiosi tra processi cognitivi e azioni del corpo. I partecipanti a questo studio hanno ascoltato alcune parole relative ad attività riconducibili a differenti parti anatomiche (calciare, raccogliere e mangiare). Durante l'ascolto si è verificata l'attivazione delle aree sensomotorie del cervello associate all'esecuzione di tali azioni (Hauk, Johnsrude, Pulvermüller 2004). Ad esempio, l'ascolto della parola mangia ha determinato l'attivazione delle aree motorie e premotorie associate al viso e alla lingua. Uno studio più recente di Boulenger, Hauk e Pulvermüller (2009) ha mostrato che questo effetto si è verificato anche quando una parola d'azione basata sul corpo, come afferrare, è stata utilizzata per esprimere un concetto astratto, come quando viene ascoltata l'affermazione: "ha afferrato l'idea". I risultati di questi studi inducono a riflettere sull'importanza dell'esperienza motoria, non solo quando si pensa letteralmente alle azioni corporee, ma anche quando si è impegnati in processi di pensiero di ordine superiore che possono servire come base per la costruzione di nuovi apprendimenti. Particolarmente rilevanti sono i risultati di alcuni studi che mostrano un effetto diretto della corporeità sui processi cognitivi. La ricerca condotta da Engelkamp e colleghi si è focalizzata sul confronto tra due gruppi di soggetti a cui è stato richiesto di memorizzare il maggior numero di informazioni possibili. Un gruppo è stato esposto all'ascolto di un elenco di frasi di azione, all'altro gruppo è stato richiesto di eseguire le azioni. I risultati hanno dimostrato che i soggetti che hanno eseguito le azioni sono riusciti a memorizzare più frasi rispetto al gruppo che ha semplicemente ascoltato le frasi (Engelkamp & Zimmer 2001). Gli esiti di queste ricerche ridefiniscono il paradigma relativo alle implicazioni della cognizione incarnata rispetto ad una vasta gamma di attività e processi mentali, ampliandone le sue correlazioni con l'intero spettro delle modalità di apprendimento (Lindgren & Johnson 2013).

Le teorie e le evidenze scientifiche riferite a questi aspetti possono essere riconducibili ad un'area di ricerca definita *Embodied Cognitive Science* che identifica la cognizione nella dimensione del corpo, riconoscendo in esso le ineludibili manifestazioni cognitive di cui sipregna (Johnson 2006). *L'Embodied Cognition Science* fornisce notevoli contributi scientifici a supporto delle potenzialità insite nell'esperienza corporea, asserendo che gran parte dei processi cognitivi avvenga mediante i sistemi di controllo del corpo. L'esperienza corporea e motoria assume un ruolo determinante sullo sviluppo delle capacità intellettive (attenzione, memoria, organizzazione, *problem solving*), su quelle affettivo-emotive (empatia, gestione dello stress), su quelle sociali (comunicazione efficace, relazioni positive). Si evince, quindi, la dimensione rilevante dell'esperienza corporea quale elemento indispensabile e insostituibile per l'intero processo educativo e formativo anche grazie alle numerose opportunità interdisciplinari e trasversali che si possono realizzare (Corona & Coppola 2015). Lowen, in riferimento alle caratteristiche espressive e comunicative della corporeità, asserisce che il soggetto «nelle pose, nelle posizioni e nell'atteggiamento che assume, in ogni gesto... parla un linguaggio che anticipa e trascende l'espressione verbale» (Lowen 2001). In piena sinergia Argyle afferma che «vi sono molte cose che non si possono esprimere a parole [...] l'uso corretto della comunicazione non verbale è una parte essenziale della capacità sociale e di specifiche competenze sociali» (Argyle 2013). Proprio in funzione dell'integrazione sinergica e sincrona di diverse forme comunicative che

implicano il coinvolgimento di diversi canali sensoriali, l'entità corpo come esperienza incarnata, contribuisce a rendere più efficaci i sistemi che sottendono i processi cognitivi che sono alla base dell'apprendimento.

Gli studi di Maturana e Varela, in piena sintonia e complementarità con le scienze legate all'*Embodied Cognition*, hanno proposto una teoria della conoscenza innovativa che mutua alcuni principi propri delle scienze biologiche alla psicologia e alle neuro-scienze (Maturana & Varela 2009); tale teoria è stata definita Enattivismo. Secondo il paradigma dell'enazione, che afferma che la cognizione si attua in presenza di un'interazione tra il soggetto e un ambiente, l'apprendimento si identifica come un processo che si fonda sull'azione. In tale accezione, quindi, la cognizione è vista come incarnata e incorporata nel contesto in cui vive. La conoscenza, dunque, non è vista come una rappresentazione mentale di una realtà esterna, tantomeno una ricostruzione soggettiva di essa, bensì è "enazione", intesa come estrapolazione di significati nel corso di un'interazione senso-motoria con l'ambiente e con gli altri. La trasposizione di tale teoria in ambito educativo e formativo valorizza l'importanza di creare un ambiente didattico che ampli il dominio esperienziale di natura motoria e sensoriale (Rossi 2011). Un approccio metodologico pluridisciplinare integrato rappresenta, per l'azione educativa, l'opportunità di sperimentare metodologie didattiche fondate sulla relazione tra corporeità e cognizione, avvalendosi delle potenzialità educative dell'esperienza corporea. La costruzione di ambienti e tecnologie didattiche che implicino il coinvolgimento dell'esperienza corporea si prefigge, quindi, di valorizzare il potenziale educativo e formativo insito nella cognizione incarnata (Coppola 2015).

#### **4. Embodied e virtual learning environment: le potenzialità didattiche delle tecnologie immersive**

In questi ultimi anni, l'interesse di studiosi che si occupano di tecnologie didattiche innovative si sta orientando verso metodologie immersive che implicano il coinvolgimento del corpo e del movimento quali fattori determinanti nel processo educativo e formativo degli studenti/utenti. Risulta, a tal proposito, opportuno definire le principali tecnologie caratterizzate dal coinvolgimento dell'utente a livello cognitivo, attraverso un'esperienza motoria immersiva, che implica aspetti di natura cinestesica, sensoriale ed emotiva.

La conoscenza della realtà deriva da una combinazione di informazioni sensoriali e dalla loro elaborazione da parte del sistema nervoso. A metà degli '50, con l'avvento dell'informatica, si è cominciato a studiare come poter creare una "realtà parallela" e, nello specifico, iniziarono degli studi su come stimolare i sensi attraverso delle simulazioni; queste simulazioni di ambienti avvenivano mediante degli stimoli multisensoriali. Questi studi produssero un progetto sfociato nella costruzione di un sofisticato, per l'epoca, macchinario denominato Sensorama, il primo e finora unico dispositivo di realtà virtuale completo, in quanto riesce a stimolare tutti i sistemi sensoriali (con immagini stroboscopiche per la vista, altoparlanti per l'udito, aromi ed odori per l'olfatto ed il gusto, flussi di aria attraverso il viso ed il collo ed un manubrio per le mani e le braccia per il tatto; è inoltre corredato da una poltroncina dotata di contrappesi e leve per le sensazioni di ondeggiamento del corpo e dell'equilibrio).

Il termine "realtà virtuale" in questi ultimi anni ha assunto molte declinazioni derivanti dalla tipologia di tecnologia e periferiche utilizzate. La tecnologia, infatti, rappresenta l'elemento che consente di effettuare il balzo spazio-temporale tra la

dimensione reale e quella virtuale, in cui tutto cambia: scenario, ambientazione, cognizione del sé, visuale. Con il termine “realtà aumentata”, invece, si fa riferimento a sistemi proiettivi di contenuti virtuali che permettono all’utente di osservare lo spazio che lo circonda, arricchito e aumentato contaminando ciò che è reale con elementi virtuali (Malik, Azuddin, Abdullah, Mahmud 2015; Lee 2012). La realtà aumentata implica quindi una combinazione tra la percezione della realtà circostante e le immagini che vengono generate da un software, allo scopo di fornire all’utente informazioni aggiuntive mentre si muove e interagisce con l’ambiente che lo circonda. La “realtà mista”, infine, rappresenta l’evoluzione nell’interazione tra uomo, tecnologie e ambiente, unendo elementi reali con elementi virtuali. Questa definizione viene esplicitata dal “Reality-Virtuality continuum” teorizzato in contemporanea da Milgram e Kishino (1994), che mostra come ci sia uno spettro di tecnologie che va dalla pura realtà reale alla pura realtà virtuale.



Fig.1.1 - Schema semplificato del Virtuality Continuum, Milgram e Kishino (1994)

La realtà mista (MR) consente di valorizzare il potenziale del corpo e dell’apprendimento meglio delle altre due forme di tecnologia immersiva. Essa trae vantaggio dal crescente sviluppo di nuove tecnologie a interfacce che acquisiscono i movimenti, le gestualità e il tatto come input di attivazione di funzioni all’interno di ambienti digitali interattivi. I due aspetti principali che caratterizzano la MR sono, in primo luogo, la possibilità di vivere un’esperienza immersiva che colloca l’utente all’interno del sistema che intende apprendere; in alcuni casi, anche trasformandolo in un componente della simulazione. Tali ambienti, in secondo luogo, includono un’interfaccia che utilizza come input i movimenti del soggetto tracciandone la loro posizione all’interno della *virtual reality*.

Le tecnologie descritte prevedono, quindi, l’immersione, l’interazione fluida e in *real time* di elementi del mondo reale come il corpo, il movimento e qualsivoglia materiale (come sfere, bacchette etc.) all’interno degli infiniti contesti possibili della realtà virtuale (Lindgren & Glenberg 2013). Numerose evidenze scientifiche stanno dimostrando l’elevato potenziale didattico e formativo insito nelle tecnologie MR (Di Tore, Aiello, Di Tore & Sibilio 2012; Kommetter & Ebner 2019; Birt, Clare & Cowling, 2019; Giraudeau, Olry, Roo, Fleck, Bertolo, Vivian & Hachet 2019). Gli autori descrivono un paradigma emergente della ricerca educativa che fonde le teorie dell’apprendimento incarnato alle tecnologie immersive della realtà mista, plasmando la realtà virtuale alla corporeità. Gli studi condotti hanno indagato aspetti relativi alle potenzialità didattiche di tali tecnologie all’interno dei contesti scolastici e universitari e nella valorizzazione del *cultural heritage*. L’ampio spettro di indagine su cui si stanno focalizzando tali studi, fondati sui principi dell’*Embodied Cognition Science* e sulle teorie dell’Enattivismo, è legato alle infinite possibilità d’azione e sperimentazione di altrettante infinite possibilità di design di ambienti e situazioni virtuali. Attraverso la MR è possibile, per esempio, studiare l’arte entrando in museo virtuale, esplorando opere, sculture, dipinti, o “vivendo” gli eventi storici.



## 5. Tecnologie immersive e didattica museale: lo stato dell'arte

In questo paragrafo si riporta una breve rassegna della letteratura accademica di diverse discipline, effettuata in lingua italiana e inglese combinando le parole chiave «museo» e «didattica museale» con «tecnologie immersive», «realtà virtuale», «realtà aumentata», «realtà mista» e «serious games». Per la ricerca sono stati utilizzati il Sistema Bibliotecario di Ateneo dell'Università degli Studi di Salerno e il portale Google Scholar.

Vi sono numerosi studi riguardanti le principali possibili applicazioni della multimedialità e delle tecnologie immersive nell'ambito dei beni culturali, generalmente interpretate come un'opportunità di estendere la fruibilità dell'arte anche laddove non si potrebbe arrivare con i canali tradizionali. L'ipotesi avanzata, infatti, è che l'uso della tecnologia possa consentire una comunicazione "attiva", rispetto alla passiva azione di "guardare" soltanto (Maniello 2018; Gilli & Rozzi 2013; Arduini 2012; Bonacini 2011; Cameron & Kenderdine 2007). Nella maggior parte dei contributi esaminati si sottolinea che i musei costituiscono un luogo di aggregazione e di interazione tra persone molto diverse tra loro sia per età che per contesto socio-culturale: di conseguenza, è difficile progettare attività adeguate a tutti i target e che abbiano la stessa risonanza in ogni visitatore che le prova. Per garantire un'esperienza soddisfacente, quindi, è opportuno pensare a soluzioni specifiche per determinate categorie. Uno dei maggiori vantaggi dell'uso delle tecnologie in ambito museale, riconosciuto nella letteratura, è proprio la "personalizzazione": il visitatore può scegliere tra una varietà di opzioni in base alle sue preferenze, desideri e possibilità. Per esempio, Carci, Caforio e Gamper (2019) presentano una rassegna di alcune significative ricerche ed esperienze, a livello nazionale e internazionale, sull'efficacia in termini di *audience development* degli strumenti digitali e delle tecnologie immersive nell'ambito dei beni culturali. Dall'analisi emerge che sempre più musei nel mondo utilizzano gli ambienti digitali, per tre scopi principali: mettere l'utente al centro e coinvolgerlo attivamente ed emotivamente, creare uno *storytelling* più efficace, adottare nuovi approcci all'educazione (*edutainment*), in grado di valorizzarne i risvolti informali, ludici ed emotivi. Gli aspetti relativi all'impatto delle tecnologie immersive sull'apprendimento, tuttavia, non sembrano essere sufficientemente discussi negli studi citati. Izzo, Graziano e Mustilli (2018), a partire da una rassegna di studi sull'applicazione delle tecnologie immersive in ambito museale, giungono a simili conclusioni: i lavori analizzati hanno in comune l'attenzione agli aspetti emozionali, comportamentali e relazionali del rapporto che il visitatore ha con il bene, mentre tendono a sottostimare l'aspetto del contenuto culturale e quello valutativo, incluso il livello di comprensione del fruitore stesso. Secondo gli autori, se non si presta adeguata attenzione a questi aspetti, c'è il rischio di "frintendere" gli obiettivi dell'esperienza museale, trasformandola in una forma di «ipnosi mistica» (p.84) che non porta ad un reale apprendimento.

Spallazzo, Spagnoli e Trocchianesi (2009) approfondiscono il tema descrivendo quattro funzioni principali che le tecnologie possono avere nella trasformazione del museo in un «organismo sensibile», ciascuna delle quali rimanda ad un aspetto specifico della fruizione: la localizzazione del visitatore (spazio); l'arricchimento dell'esperienza di visita (contenuti); la pianificazione e gestione dei percorsi (tempo); l'intrattenimento a scopo educativo (gioco). Gli stessi autori individuano tre approcci differenti con i quali le nuove tecnologie contribuiscono a definire il rapporto visitatore/istituzione museale. Il primo approccio interviene principalmente sul "contenitore", quindi sulle modalità di allestimento e presen-

tazione del bene, aumentando la quantità e la qualità dei contenuti proposti al visitatore in accordo con la sua particolare disponibilità al coinvolgimento e all'immersione. Il secondo approccio sposta invece l'attenzione dal contenitore al "contenuto", intervenendo sulla modalità di racconto del bene stesso: il fruitore in questo caso ha la possibilità di personalizzare la propria visita in un'ottica di sempre maggiore selezione e focalizzazione di percorsi e contenuti. Il terzo approccio individua modalità innovative di "incontro" tra bene culturale e visitatore attraverso le quali l'individuo diventa elemento attivo e imprescindibile nel processo di acquisizione e costruzione della conoscenza.

Alcuni contributi prendono posizione a favore dell'uso delle tecnologie immersive, descrivendo esperienze ritenute di successo, senza tuttavia riportare, in molti casi, i dati a supporto della propria tesi. Secondo Donnini (2014), le tecnologie immersive trasformano l'esperienza museale in «un viaggio che è il visitatore stesso a condurre grazie a software e supporti interattivi, lungo le strade degli stimoli proposti e della soddisfazione della propria curiosità» (p.26). Nel suo contributo l'autrice descrive numerose esperienze museali arricchite dalle tecnologie immersive prodotte da Touchwindow, azienda specializzata nella creazione di *digital environments*. Secondo Sommerauer e Müller (2014) l'uso della realtà aumentata in un museo può efficacemente migliorare la conoscenza dei visitatori, collegando le informazioni sul presente con quelle sul passato e rendendo possibile un'esperienza immersiva e coinvolgente.

Altri contributi si limitano a descrivere le esperienze e i loro obiettivi, senza proporre valutazioni. Per esempio, Meschini (2011) riporta che negli spazi museali è sempre più frequente l'utilizzo di «applicazioni digitali che, allo scopo di ampliare la fruizione delle informazioni, definiscono approcci basati su meccanismi percettivi multisensoriali e di coinvolgimento attivo degli utenti nella esplorazione di contenuti» (p.17). Tridimensionalità e virtualità, riaffermando l'importanza delle immagini e delle emozioni da queste suscitate, «mirano a recuperare le strutture reticolari che caratterizzano i nostri processi di conoscenza, a ristabilire una sinergia fra aspetti cognitivi ed emozionali» (p.16). L'autrice afferma, inoltre, che la tendenza in atto è quella della implementazione delle applicazioni su tecnologia mobile, da alcuni interpretata come semplice allineamento ai costumi odierni, da altri come una aspirazione del sapere di «arrivare all'uomo» (p.19), di modo che l'utente sia sempre più facilitato nell'avvicinarsi e accedere alla conoscenza attraverso il proprio smartphone. Izzo, Mustilli e Guida (2015) riportano alcuni esempi di rilevanza internazionale di uso delle tecnologie immersive, e in particolare della realtà aumentata, nell'ambito dei beni culturali, distinguendole in tre categorie: *outdoor guides*, *interpretative mediation* e *storytelling*. Efstratios, Michael, Stephanie, Athanasios, Paul, George (2018) si soffermano ad analizzare l'esperienza dell'*Industrial Museum and Cultural Center* di Thessaloniki che ha implementato dei *serious games* e alcune tecnologie per lo *storytelling*. Hammady e Temple (2016) rivolgono la loro attenzione agli intrecci possibili tra tecnologie immersive e ludicizzazione (o, più comunemente, *gamification*), presentando il caso del Museo Egizio de Il Cairo, in cui viene sperimentato il gioco Horus, un'applicazione in realtà aumentata che consente di apprendere la storia giocando. Il principale obiettivo della *gamification* è mantenere elevato l'interesse e la motivazione del visitatore, consentendogli di esplorare le diverse aree del museo e di testare le conoscenze acquisite con quiz e giochi di diverso tipo che rilasciano un punteggio e, eventualmente, anche un premio.

Vi sono, infine, contributi che riportano i risultati di ricerche empiriche. Per esempio, Hammady, Ma e Powell (2018) hanno analizzato l'esperienza di 46 visita-

tori al Leeds Museum, giungendo alla conclusione che le esperienze immersive debbano essere offerte come opzione, accanto ad alternative più tradizionali. Lo studio si focalizza sulla tecnologia *markerless* che permette di inserire contenuti digitali in 3D senza marcatori, dando al visitatore la possibilità di gestire i contenuti virtuali da qualsiasi posizione nello spazio reale e senza distogliere lo sguardo dall'esposizione. Anche il lavoro precedentemente citato di Izzo, Graziano e Mustilli (2018) ha previsto una parte sperimentale in cui è stato somministrato un questionario a 6000 visitatori del Museo di Olbia, che offre un'esperienza virtuale al termine del percorso. I risultati mostrano come l'uso della realtà virtuale in affiancamento, e non in sostituzione, dell'allestimento tradizionale abbia reso l'esperienza museale più interessante e soddisfacente, facendo nascere nei visitatori curiosità e desiderio di approfondimento.

Infine, un tema cruciale per le scienze pedagogiche riguarda le potenzialità dell'uso delle tecnologie immersive nei musei per particolari categorie, quali le persone con disabilità e gli anziani. Come far sì che queste innovazioni tecnologiche contribuiscano a rendere più inclusivo un museo, migliorando l'accessibilità e la fruibilità delle esposizioni per chi ha una disabilità sensoriale o cognitiva, o capacità cognitive ridotte a causa dell'età? In Italia un esempio di applicazione di realtà aumentata alla fruizione di beni culturali rivolta alle persone con disabilità è il progetto ATLAS, realizzato al Museo Egizio di Torino, la prima realtà culturale al mondo a sperimentare GoogleGlass4Liss, la piattaforma di Google che consente ai sordi di avere accesso alle informazioni relative al materiale del museo tramite la visualizzazione di un avatar virtuale che spiega i contenuti utilizzando la lingua dei segni. Questo progetto rappresenta un avanzamento importante nel campo dell'abbattimento delle barriere della comunicazione per la fruizione dei beni culturali (Carci, Caforio & Gamper 2019).

## Conclusioni

In luoghi chiusi ad alta densità di informazioni, come i musei e le gallerie, le percezioni delle persone sono particolarmente condizionate dall'esperienza sensoriale e dalle emozioni. L'esperienza museale, quindi, dovrebbe essere progettata per coinvolgere i cinque sensi, non solo la vista. Le tecnologie immersive (realtà aumentata, virtuale e mista) possono contribuire ad aumentare il coinvolgimento multisensoriale del visitatore all'interno di un museo. Di fronte a queste innovazioni, le cui potenzialità sono state esplorate solo in minima parte, è importante sviluppare programmi di ricerca per indagare se e come esse possano influenzare i processi cognitivi e i processi di insegnamento-apprendimento in ambito museale. L'ipotesi prevalente è che le tecnologie immersive possano rendere tali processi più efficaci, grazie alla riduzione del carico mnemonico e alla possibilità di associare le informazioni teoriche ad attività pratico-sperimentali e/o ludiche. Gli studi condotti finora, tuttavia, sono per lo più di carattere teorico e/o tecnico, descrivono le potenzialità e/o le applicazioni esistenti delle tecnologie immersive nella didattica museale e nel più ampio settore dei beni culturali, ma non ne analizzano in maniera approfondita l'impatto sui processi di apprendimento. I lavori sperimentali sono pochi, basati su campioni di limitate dimensioni e focalizzati prevalentemente sul feedback dato dal visitatore al termine dell'esperienza. A fronte di un numero significativo di contributi provenienti dagli ambiti disciplinari della tecnologia, della comunicazione, del marketing e del management dei beni culturali, l'apporto delle scienze pedagogiche e della didattica risulta ancora limi-

tato. Considerate le importanti funzioni educative e inclusive che può e deve avere il nostro patrimonio artistico e culturale, risulta essenziale provvedere a colmare le lacune evidenziate.

## Riferimenti bibliografici

- AA.VV. (2018). *The Inclusive Museum. Challenges and solutions, state of the art and perspectives. Proceedings of the 1st and 2nd COME-IN! Thematic Conferences*, November 9<sup>th</sup>, 2017 in Udine, Italy and June 26<sup>th</sup>, 2018 in Erfurt, Germany. Erfurt: University of Applied Sciences.
- Arduini, G. (2012). La realtà aumentata e nuove prospettive educative. *Education sciences & society*, 2, 209-216.
- Argyle, M. (2013). *Bodily communication*. Routledge.
- J. Birt, D. Clare & M. Cowling (2019), Piloting Multimodal Learning Analytics using Mobile Mixed Reality in Health Education. In *2019 IEEE 7th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, Kyoto, Japan, 2019 (pp. 1-6).
- Bonacini, E. (2011). *Nuove tecnologie per la fruizione e valorizzazione del patrimonio culturale*. Roma: Aracne.
- Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2009). Grasping ideas with the motor system: Semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cerebral Cortex*, 19, 1905–1914.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard: Harvard University Press.
- Budde, H., Voelcker-Rehage, C., Pietraßyk-Kendziorra, S., Ribeiro, P., & Tidow, G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience letters*, 441(2), 219-223.
- Cameron, F., Kenderdine, S. (2007). *Theorizing digital cultural heritage: a critical discourse*. Cambridge: MIT Press.
- Carci, G., Caforio, A., & Gamper, C. (2019). Digital technologies and museums: augmented reality, learning and audience development. *Form@re - Open Journal Per La Formazione in Rete*, 19 (1), 274-286.
- Coppola S. (2015). Corporeità e didattica. In Sibilio, M., D'Elia, F. (a cura di), *Didattica in Movimento* (pp. 122-123). Brescia: La Scuola.
- Corona F., Coppola S. (2015). La corporeità per la didattica personalizzata. In Sibilio, M., D'Elia, F. (a cura di), *Didattica in Movimento* (pp.117-121). Brescia: La Scuola.
- Damala, A. (2008). Augmented Reality Based User Interfaces for Mobile Museum and Exhibition Guides. In *Layers of Perception: Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, Berlin, Germany, April 2–6, 2007 (pp.1-6). Bonn: Habeldt.
- Decety, J., Grèzes, J. (2006). The power of simulation: Imagining one's own and other's behavior. *Brain Research*, 1079, 4–14.
- Dewey J. (1934). *Art as experience*, trad. it. *L'arte come esperienza*. Firenze: La Nuova Italia, 1951.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. New York: Collier Books.
- Di Pietro, I. (2018). Realtà aumentata per la fruizione museale: risorse culturali o inevitabili evasioni? *Intrecci d'arte*, 7, 117-122.
- Di Tore, S., Aiello, P., Di Tore, P. A., & Sibilio, M. (2012). Can I consider the pong racket as a part of my body? Toward a digital body literacy. *International Journal of Digital Literacy and Digital Competence (IJDLDC)*, 3(2), 58-63.
- Donnini, D. (2014). Gli strumenti per l'emozione con le innovazioni tecnologiche al servizio di una nuova relazione tra il visitatore e i beni culturali. *Archeomatica*, 3, 26-29.
- Efstratios, G., Michael, T., Stephanie, B., Athanasios, L., Paul, Z., George, P. (2018). New Cross/Augmented Reality Experiences for the Virtual Museums of the Future. In Ioannides M. et al. (eds) *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*. EuroMed 2018. *Lecture Notes in Computer Science*, 11196

- (pp.518-527). Cham: Springer.
- Engelkamp, J., Zimmer, H. (2001). Categorical and order information in free recall of action phrases. *Psicologica*, 22, 71–96.
- Falk J. H., Dierking L. D. (1992). *The museum experience*. Washington, D.C.: Whalesback Books.
- Gardner, H. (1991). *The unschooled mind. How children think and how schools should teach*, trad. it. *Educare al comprendere*. Milano: Feltrinelli, 1999.
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. London: Hachette UK.
- Gilli, G., & Rozzi, F.M. (2013). *Smart Museum – La psicologia della fruizione artistica*. Milano: Franco Angeli.
- Giraudeau, P., Olry, A., Roo, J. S., Fleck, S., Bertolo, D., Vivian, R., & Hachet, M. (2019). CARDS: A Mixed-Reality System for Collaborative Learning at School. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, New York (pp. 55-64).
- Glenberg, A. M., Gutierrez, T., Levin, J., Japuntich, S., Kaschak, M. P. (2004). Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 424–436.
- Hammadi, R. Ma, M., Powell, A. (2018). User Experience of Markerless Augmented Reality Applications in Cultural Heritage Museums: 'MuseumEye' as a Case Study. In De Paolis L., Bourdot P. (eds), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2018. Lecture Notes in Computer Science*, 10851 (pp.349-369). Cham: Springer.
- Hammady R., Ma M., Temple N. (2016) Augmented Reality and Gamification in Heritage Museums. In: Marsh T., Ma M., Oliveira M., Baalsrud Hauge J., Göbel S. (eds), *Serious Games. JCSG 2016. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9894 (pp. 181-187). Cham: Springer.
- Hauk, O., Johnsrude, I., Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 41, 301–307.
- Hein, G. (1995a). Evaluating teaching and learning in museums. In Hooper-Greenhill E. (ed), *Museum, media, message* (pp.189-203). London and New York: Routledge,.
- Hein, G. (1995b). The constructivist museum. *Journal of Education in Museums*, 16, 21-23.
- Hein, G. (1998). *Learning in the museum*. London and New York: Routledge.
- Hooper-Greenhill, E. (2007). *Museums and education. Purpose, pedagogy, performance*. London and New York: Routledge.
- ICOM, International Council of Museums (1946, 2007). *Development of the Museum Definition according to ICOM Statutes (2007-1946)*. [http://archives.icom.museum/hist\\_def\\_eng.html](http://archives.icom.museum/hist_def_eng.html) (ultimo accesso: 16 giugno 2020)
- Izzo, F., Graziano, D., Mustilli, M. (2018). New Procedures in the Museums: The Communication Through Immersive Technologies. *International Business Research*, 11 (6), 83-88.
- Izzo, F., Mustilli, M., Guida, M. (2015). Realtà aumentata e valorizzazione dei beni culturali. Riflessioni sull'offerta culturale casertana. In *Conference Proceedings. Heritage, management e impresa: quali sinergie?* (pp. 797-809). Termoli: Università degli Studi del Molise
- Johnson, M. (2006). Mind incarnate: from Dewey to Damasio. *Daedalus*, 135(3), 46-54.
- Kommetter, C. & Ebner, M. (2019). A Pedagogical Framework for Mixed Reality in Classrooms based on a Literature Review. In J. Theo Bastiaens (Ed.), *Proceedings of EdMedia + Innovative Learning* (pp. 919-929). Amsterdam: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Lakoff, G., Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Lave, J., Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*, trad. it. *L'apprendimento situato. Dall'osservazione alla partecipazione attiva nei contesti sociali*. Trento: Erickson, 2006.
- Le Boulch, J. (1975). *Verso una scienza del movimento umano*. Roma: Armando Editore.
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21.
- Lindgren, R., & Johnson-Glenberg, M. (2013). Emboldened by Embodiment: Six Precepts for Research on Embodied Learning and Mixed Reality. *Educational Researcher*, 42(8), 445–

- Lowen, A. (2001). *Il linguaggio del corpo* (Vol. 13). Milano: Feltrinelli.
- Malik, S. A., Azuddin, M., Abdullah, L. M., & Mahmud, M. (2015). Exploring older people's experience with augmented reality (AR) applications. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10, 18004-18011.
- Maniello, D. (2018). *Realtà aumentata in spazi pubblici - Tecniche avanzate di video mapping: La realtà spaziale aumentata applicata al bene culturale* (Vol. 2). Brienza: Le Penneur.
- Maturana Romicín, H., & Varela, F. J. (2009). *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Merleau-Ponty, M. (2012). *The Phenomenology of Perception*. London: Routledge. (Original work published in 1945).
- Meschini, A. (2011). Tecnologie digitali e comunicazione dei beni culturali. Stato dell'arte e prospettive di sviluppo. *Tecnologie per la comunicazione del patrimonio culturale*, 14-24.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Nardi, E. (2004). *Musei e pubblico: un rapporto educativo*. Milano: Franco Angeli.
- Nuzzaci, A. (2012). *La didattica museale tra pedagogical literacy, heritage literacy e multiliteracies. Costruire il profilo del letterato del 21° secolo*. Lecce: Pensa Multimedia.
- Olson, D. R., Bruner J. S. (1973). Learning through experience and learning through media. *Prospects*, 3, 1, 20-38.
- Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of research in science teaching*, 2(3), 176-186.
- Prentice R., (2001). Experiential cultural tourism: museums & the marketing of the new romanticism of evoked authenticity. *Museum Management and Curatorship*, 19 (1), 5-26.
- Prentice, R. (1996). Managing implosion: the facilitation of insight through the provision of context. *Museum Management and Curatorship*, 15 (2), 169-185.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in thinking. Cognitive development in social context*, trad. it. *Imparando a pensare. L'apprendimento guidato nei contesti culturali*, Milano: Cortina, 2006.
- Rossi, P.G. (2011). *Didattica enattiva. Complessità, teorie dell'azione, professionalità docente*. Milano: Franco Angeli.
- Shapiro, L. (2019). *Embodied cognition*. Routledge.
- Solima, L. (2012). *Il museo in ascolto. Nuove strategie di comunicazione per i musei statali*. Rubbettino: Soveria Mannelli.
- Sommerauer, P., Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: a field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68.
- Spallazzo, D., Spagnoli, A., Trocchianesi, R. (2009). Il museo come "organismo sensibile". Tecnologie, linguaggi, fruizione verso una trasformazione design-oriented. In *Atti del Congresso Nazionale AICA Un nuovo "made in Italy" per lo sviluppo del Paese. ICT per la valorizzazione dei beni e delle attività culturali*, Roma, 4 novembre 2009.