

Mixed Reality: frontiera dell'educazione museale

ANNA CALISE

Introduzione

A Maggio 2020 la startup americana Cuseum, che offre servizi di digitalizzazione nel settore museale, ha pubblicato una ricerca in collaborazione con l'MIT di Boston intitolata *Neurological Perceptions of Art through Augmented and Virtual Reality*. L'obiettivo dello studio era «risolvere il dibattito circa la natura dell'esperienza di opere d'arte autentiche e il loro equivalente virtuale attraverso la misurazione del coinvolgimento non cosciente in quattro ambienti discreti: realtà aumentata, realtà virtuale, riproduzione fotografica bidimensionale e originale»¹ (Ciecko, Sinha, 2020, p. 1). L'intenzione sembrava quindi quella di porre fine ad un celebre dibattito, figlio di quell'espressione che ognuno ha esclamato, o ascoltato, almeno una volta: "però dal vivo è un'altra cosa". Lo studio citato – con metodologia scientifica e nell'ambiente controllato del Boston Museum of Fine Arts – ha sottoposto i partecipanti all'osservazione di opere d'arte sia originali che riprodotte bidimensionalmente o con la realtà virtuale ed aumentata, e ne ha registrato l'attività neurologica. Il tutto seguito da un questionario qualitativo di follow-up per confrontare le differenze nella memoria delle singole esperienze. La conclusione, riportata al termine della ricerca, cita: «I risultati EEG sembrano suggerire che l'esperienza estetica non viene compromessa dall'interfaccia digitale e, al contrario, le riproduzioni digitali nel caso della realtà aumentata dimostrano di *accrescere* l'attività cerebrale rispetto alla visione di opere d'arte originali».² (Ciecko, Sinha, 2020, p. 5). Fine della storia, sembrano

¹ «end the debate around the nature of the experience with authentic, original works of art and its virtual equivalent by measuring non-conscious engagement in four discrete environments: augmented reality, virtual reality, 2-dimensional photographic reproduction, and authentic original» (Ciecko, Sinha, 2020, p. 1).

²«Our current EEG findings would suggest that aesthetic experience is not denigrated by a digital interface representation and, in fact, digital reproductions in the case of augmented

dire i ricercatori: l'esperienza estetica letta nel perimetro dei parametri neurologici, come gli ultimi decenni di studi di cultura visuale hanno imparato a fare, non cambia se avviene attraverso dispositivi e nuove tecnologie. L'esperienza dei soggetti è neurologicamente assimilabile, non vi sono elementi misurabili che suggeriscano un'intensità maggiore nel momento in cui ci si trovi davanti ad un'opera tradizionale rispetto alla fruizione di una riproduzione virtuale della stessa.³

Più che interrogarsi sul significato di questa "scoperta" e sulle conseguenze che potrebbe – o meno – avere sul panorama museale, potrebbe essere utile indagare il perché dello studio in sé. Per quale motivo, in un contesto culturale contemporaneo nel quale emergono costantemente nuove sperimentazioni tecnologiche in campo artistico vi sia ancora il bisogno di legittimare l'utilizzo di dispositivi e la loro valenza esperienziale. Per di più in un biennio che ha visto sdoganata la fruizione digitale e le nuove tecnologie, per fronteggiare l'impossibilità fisica di visitare gli spazi della cultura⁴. Parte della risposta potrebbe essere nella resistenza alla transizione digitale che ancora sembra caratterizzare molte istituzioni tradizionali, costrette ad «accettare il digitale [...] come un male necessario» (Colombo, 2020, p. 7),⁵ complice forse anche il rischio della facile

reality are shown to *improve* magnitude of brain activity compared to the viewing of original works of art» (Ciecko, Sinha, 2020, p. 5).

³ L'idea che il nostro organismo reagisca empaticamente nei confronti di materiali audiovisivi, e l'identificazione del meccanismo della simulazione incarnata con l'ingaggio del sistema motorio, è una conquista affermata degli studi neuroscientifici e di cultura visuale, si veda *Lo Schermo Empatico* di Gallese e Guerra (2015). Quindi il presupposto che anche i materiali condivisi tramite supporti digitali possano suscitare una reazione empatica era già condiviso. L'oggetto della ricerca di Cuseum, però, mette a confronto le esperienze reali e mediate, e lo fa utilizzando opere d'arte dell'impressionismo e dell'astrattismo, non materiali cinematografici. Spostando quindi il piano del discorso sia in termini di ambito di ricerca che di ipotesi e conclusioni.

⁴ Per un resoconto dettagliato dell'impatto che la pandemia di Covid-19 ha avuto sull'industria culturale, sotto il profilo della digitalizzazione, si consiglia per un'analisi internazionale sia la mappatura globale della biblioteca digitale Europea intitolata *Museum digital initiatives during the Coronavirus Pandemic* che il report *Museums, museum professionals and Covid-19: third survey* di ICOM (International Council of Museums); la lettura del report *Follow up survey on the impact of the Covid-19 Pandemic on museums in Europe* di NEMO (Network of European Museum Organizations) per un discorso eurocentrico; ed il report *L'innovazione digitale nella cultura in risposta alle sfide della pandemia* dell'Osservatorio Innovazione Digitale nei Beni e Attività Culturali del Politecnico di Milano per un resoconto della situazione italiana.

⁵ Per un'argomentazione del dibattito sulla transizione digitale delle istituzioni culturali e sulla reticenza nei confronti dell'utilizzo di nuove tecnologie, cfr. Kassahun *et al.*, 2019; *I Musei e le forme dello storytelling digitale* di Bonaccini, 2020; *Le memorie del futuro, musei e ricer-*

«spettacolarizzazione di massa, fruizione a-critica» (Di Martino, 2021 p. 12) con cui vengono percepiti molti allestimenti tecnologici ed immersivi.⁶ O ancora la gerarchizzazione che sembra differenziare la valenza dell'utilizzo di dispositivi all'interno di musei della scienza, archeologici, etnografici, di storia naturale etc. rispetto a quelli storico-artistici – come il Boston Museum of Fine Arts, al centro della ricerca di Cuseum – i cui capolavori sembrerebbero essere ritenuti testimonianze che non si giovano dell'intermediazione digitale (Colombo, 2020, p. 31). Il binomio fruizione museale e nuove tecnologie è un campo in rapida evoluzione, ma nel quale ancora persistono equivoci e pregiudizi che non è facile dipanare, e superare.

Ancor più alla luce delle conseguenze che la pandemia di Covid-19 ha avuto su tutto il settore, e sulla stessa percezione del ruolo del digitale. I mesi di lockdown forzato hanno portato gli organi direttivi dei musei di tutto il mondo ad apprezzare e rivalutare il grande potenziale della digitalizzazione per l'accesso remoto ai propri beni e spazi, promuovendo la nascita di nuove iniziative e progetti, o semplicemente invitando i cittadini ad approfondire le esperienze digitali già a disposizione. In questo contesto vi è stata una rivalutazione delle nuove tecnologie, per il loro potenziale immersivo e per il carattere di evasione e di accesso a paradigmi immaginativi altrimenti irraggiungibili. Di conseguenza, le prospettive di espansione delle attività museali e di diffusione attraverso il digitale e le nuove tecnologie possono ora contare su una nuova attenzione e disponibilità.

Una misura di questa accelerazione viene dal sondaggio di ICOM *Museums, museum professionals and Covid-19: third survey* della primavera 2021, nel quale l'ente ha intervistato più di 800 realtà museali su scala internazionale. Di queste il 22% ha dichiarato di avere personale esclusivamente dedicato alle attività digitali, il 61% di avere chi se ne occupa ma non in maniera esclusiva. Il 30% delle istituzioni investe tra il 5 e il 10% del proprio budget in attività digitali e di comunicazione, mentre il re-

ca di Christillin, Greco 2021; *Musei e cultura digitale, fra narrativa, pratiche, testimonianze* di Colombo, 2020; *Museums and digital culture, new perspectives and research* di Giannini, Bowen 2019; *Musei e media digitali* di Mandarano, 2019.

⁶ Per una storicizzazione del concetto di immersività nell'arte cfr. *Nel centro del quadro, per una teoria dell'arte immersiva dal mito della caverna alla VR*, Di Martino, 2021, che consente di approfondire l'ampiezza mediale con cui il concetto di immersività è stato proposto e implementato nelle pratiche artistiche, dall'uso della prospettiva quattrocentesca alle dichiarazioni futuriste fino alle moderne tecnologie di Mixed Reality e Virtual Reality.

stante 70% è diviso tra chi alloca meno dell'1% (25% del totale) e chi non è in grado di quantificare la spesa digitale. Le istituzioni che dichiarano di aver iniziato ad offrire contenuti digitali dopo il lockdown sono cresciute nel biennio 2020-2021, dimostrando come nei mesi sempre più realtà si siano attrezzate per fornire servizi educativi, contenuti dedicati sui social media, mostre online e contenuti live.

In questo quadro in rapida evoluzione, l'articolo affronta l'utilizzo di tecnologie immersive in ambito museale, approfondendo una tecnologia molto recente come la Mixed Reality, che per sua natura abilita l'incontro tra reale e virtuale. In un universo mediale sempre più diffuso ed integrato nel mondo fisico, nel quale lo spazio cognitivo è spesso uno spazio esteso che travalica il perimetro organico dei corpi, la Mixed Reality può offrire un importante contributo sia esperienziale che epistemologico.

Brave new worlds

Nel coniare il termine *Onlife* Floridi (2015) coglie il nuovo statuto della realtà contemporanea: un mondo in cui provare a separare il reale dal virtuale è praticamente impossibile. Le due categorie sono profondamente integrate, e sarebbe quindi più corretto parlare di un'unica realtà, un mondo che è stato riontologizzato grazie all'integrazione dell'occhio computazionale. L'ibridazione fisiologica del digitale nel reale ha partorito un nuovo universo non solo visivo ma sensoriale, con un grado di interattività, responsività, autonomia ed intelligenza sempre maggiore (Arcagni, 2019, p.119). Nel chiedersi cosa venga *augmentato* grazie ai dispositivi, la risposta sembra essere che ad essere aumentata sia in sostanza la percezione dell'essere umano moderno, la possibilità di entrare in relazione con un universo che esiste in virtù del fatto di appartenere al nostro campo esperienziale.

Questa nuova condizione viene definita *postmediale* in riferimento, tra gli altri, al superamento dei dispositivi mediali tradizionali (Eugeni, 2015). Mentre, infatti, nel corso del Novecento i principali dispositivi mediali, pur nelle loro evoluzioni, avevano preservato una coerenza interna e delle condizioni esperienziali socialmente definite, nell'era di internet sono investiti da processi di rimediazione e di rilocalizzazione (Bolter, Grusin, 2003; Casetti, 2011, 2015). Non esistono più soltanto all'interno di logiche condivise e controllate, e si sono trasformati in un ventaglio di esperienze in cui le condizioni mediali e sensibili si integrano, rinnovano, alternano, cambiano. Sono stati in qualche modo superati, sostituiti da un panora-

ma tecnologico che sembra essersi quasi naturalizzato all'interno del tessuto materiale. L'opposizione tra artificiale e naturale, un caposaldo storico della concettualizzazione e teorizzazione della tecnologia, appare superata in un clima sociale permeato in modo quasi invisibile dalla tecnologia, impercettibilmente disseminata, polverizzata all'interno della vita dei soggetti, negli ambienti familiari, negli spazi urbani (Eugeni 2015, pp. 46-47).

È all'interno di questo nuovo panorama che vanno analizzati i musei: spazi in cui la mediazione tecnologica – che sia proposta dalle direzioni curatoriali ed organizzative o introdotta dagli stessi fruitori grazie alla scelta autonoma di utilizzare dispositivi mediali – è ormai parte consueta dell'esperienza di visita. I musei vanno studiati all'interno della loro nuova logica mediale, dando per assodato che l'incontro con le collezioni avviene ormai in uno spazio esteso e diffuso, che non ammette più distinzioni nette tra materiale e virtuale (Drotner et. al, 2019, pp. 8-9). Aprire le porte dei musei, sia da un punto di vista teorico che strategico, alla digitalizzazione e alle sue declinazioni è un imperativo del settore culturale. Come racconta nella premessa di *Musei e Media Digitali* Mandarano, si può ormai «affermare che i dispositivi tecnologici e le piattaforme per la comunicazione si dimostrano fondamentali ai fini della valorizzazione del patrimonio culturale», perchè cruciale è la loro capacità di «accrescere quel portato di conoscenza che si muove intorno a ogni opera d'arte» (2019, p. 8). I musei si presentano come degli ambienti profondamente mediali, in cui la creazione di significato, il *meaning making*, va costruita all'interno della medializzazione che sta investendo strutture, spazi e pratiche (Drotner et al., 2019, p. 11).

Questo articolo non intende affrontare – e tanto meno risolvere – interrogativi di ricerca complessi che riguardano la trasformazione dei processi di creazione di significati all'interno dello spazio museale medializzato. Due tracce vanno però accennate, che rappresentano il *trait-d'union* più fertile verso l'analisi della Mixed Reality che affronteremo nei prossimi paragrafi. La prima riguarda l'interplay ormai naturale tra corpi e tecnologia all'interno del quale avviene quotidianamente la creazione di pensiero e la creazione di senso, e che è al centro degli studi che affrontano il tema della *situated cognition* e della *4E cognition*: l'analisi ambientale dell'attività cognitiva, che ne contestualizza i processi in un discorso spazio-temporale ad ampio raggio (Newen, De Bruin, Gallager, 2018). Tra i diversi approcci che partono da questa connotazione ambientale dell'attività cognitiva, particolarmente rilevante per il discorso qui intra-

preso è quello proposto da Fingerhut. L'autore identifica nel dialogo tra individuo e media lo spazio all'interno del quale vengono costruiti gli *habits*: le pratiche in cui si articola l'attività cognitiva e la creazione di senso (Fingerhut, 2020, 2021). Questa posizione, sintetizzata con il concetto di *neuromediality*, consente di visualizzare la relazione strutturale tra l'organismo e l'ambiente mediale che lo circonda: «Una volta compreso che il significato nasce in maniera congiunta all'interno di coinvolgimenti attivi possiamo comprendere che la nostra mente viene rimediata in ogni momento» (2021, p. 27).

Questo filone di studi si ricollega a quello, più specifico dei contesti e delle sperimentazioni artistiche, che affronta le trasformazioni nei rapporti tra arte, interpretazione e interattività (Montani 2014, pp. 65-96). Infatti, «una delle caratteristiche degli oggetti tecnici è il loro aprirsi a forme di interattività (esperta, ma non solo) che possono arrivare a modificarne la forma e le prestazioni in modo tale da collocare l'oggetto stesso all'inizio di una linea evolutiva che presenta margini di indeterminabilità e di sensibilità alla contingenza analoghi a quelli che caratterizzano i processi di individuazione del vivente umano» (*ivi*, p. 78). Lo sviluppo dei primi strumenti di *augmented reality* per un mercato di consumo di massa, come Google Glass, sembra annunciare «un nuovo paradigma della progettazione tecnica dell'*aisthesis*» (*ivi*, p. 93). Ed è proprio l'interattività necessaria delle opere virtuali, argomenterà Diodato, che consente di recuperare anche la dimensione auratica dell'arte, quell'irripetibilità ed unicità che è restituita, in questo caso, dal ruolo strutturale che il fruitore, con la sua azione, riveste nel rendere possibile l'oggetto-evento dell'arte virtuale, altrimenti codice scritto che non riesce a realizzare la propria essenza ontologica (2020, pp. 135-138). Un ambito di ricerca, quello dell'estetica del virtuale, che ancora non è riuscito a tracciare tutte le implicazioni filosofiche della dimensione tecnologica della ricerca artistica; ma che, unito ai discorsi delle scienze cognitive situate, può restituire l'attualità e la complessità dei discorsi che legano le nuove tecnologie alle sperimentazioni in ambito museale ed educativo.

Proprio però la complessità, e l'ampiezza, di questi orizzonti deve mettere in guardia contro usi e interpretazioni impropri. Una implementazione pertinente di sperimentazioni con le tecnologie immersive richiede un investimento articolato, differenziato, che si occupi di programmare,

monitorare e quindi analizzare le iniziative proposte.⁷ Soprattutto, un investimento che preveda la formazione e l'assunzione di personale qualificato e dedicato, in grado di coordinare i processi in atto. Queste criticità emergono chiaramente anche da una rapida rassegna delle esperienze in corso.

Ad oggi vi è ampio uso di strumenti sia di AR che di VR, con applicazioni che spaziano dall'archeologia all'arte contemporanea, dai musei di scienze naturali a quelli di architettura. L'utilizzo più diffuso di questi dispositivi nei musei è di tipo educativo: vengono adoperati per approfondire aspetti culturali che diventano *visibili* grazie alla tecnologia. Un esempio calzante è il programma *Skin and Bones*⁸ dello Smithsonian, utilizzato per riportare in vita più di 300 specie estinte. I visitatori, posizionati davanti agli scheletri nella Bone Hall del museo, possono inquadrare le ossa degli esemplari con un tablet e vederle sullo schermo "ricoperte di pelle". Emerge così la funzione abilitante e conoscitiva del dispositivo che grazie alla tecnologia, in questo caso la realtà aumentata, aumenta il visibile.

L'obiettivo di far accedere i visitatori a qualcosa che senza tecnologia sarebbe precluso sottende anche molte sperimentazioni di realtà virtuale, che sempre più connotano i progetti artistici contemporanei. Nel raccontare le scelte tecnologiche di Carne y Arena, l'installazione realizzata nel 2017 alla Fondazione Prada, il regista Iñárritu chiarisce di aver voluto mettere in scena grazie alla VR un ambiente-esperienza non più bidimensionale: ha decostruito le regole dell'inquadratura per far sì che lo spettatore potesse indossare i panni degli immigrati, stare sotto la loro pelle e dentro i loro cuori (Iñárritu, 2017). L'opera, che con la sua immersività consente al visitatore di vivere in poco più di sei minuti⁹ il tentativo,

⁷ *Museum Professionals in the Digital Era, Agents of Change and Innovation*, MUSA Museum Sector Alliance, ICOM Italia, disponibile all'indirizzo http://www.icom-italia.org/wp-content/uploads/2018/10/ICOMItalia.MUSA_MuseumSectorAlliance.Professions.Digital.10ottobre.2018.pdf.

⁸ *Smithsonian Brings Historic Specimens to Life in Free "Skin and Bones" Mobile App*, 15 Gennaio 2015, Sito Web Smithsonian, disponibile all'indirizzo <https://www.si.edu/newsdesk/releases/smithsonian-brings-historic-specimens-life-free-skin-and-bones-mobile-app>. Il progetto prevede l'utilizzo della tecnologia di realtà aumentata che consente di riprendere con la telecamera di un dispositivo (tablet o smartphone) una superficie (in questo caso gli scheletri in esposizione) e poi vedere all'interno del display del dispositivo lo spazio ripreso aumentato, e quindi arricchito di contenuti (in questo caso il resto del corpo degli organismi oggetto dell'esposizione).

⁹ Per un racconto dettagliato dell'esperienza e della genealogia dell'opera si veda *L'opera interminabile*, Trione, 2019. Durante il percorso espositivo, fatto di ambienti e momenti diversi, vi era un momento dedicato nel quale i visitatori e le visitatrici dovevano indossare il

da parte di migranti messicani e centroamericani, di attraversare il confine con gli Stati Uniti, sfrutta la tecnologia per aprire agli spettatori un patrimonio conoscitivo ed esperienziale altrimenti inimmaginabile, veicolato ed abilitato grazie all'utilizzo di nuovi dispositivi.¹⁰

I due esempi citati raccontano due esperienze che alludono al ventaglio di esperimenti possibili grazie all'utilizzo dei dispositivi di realtà artificiale. Si muovono, però, nello spettro che va dalle testimonianze scientifiche alle sperimentazioni contemporanee, ambiti più comunemente di pertinenza delle innovazioni tecnologiche. Nello studio delle sperimentazioni di settore emerge infatti come le esperienze più diffuse di utilizzo di devices dell'Extended Reality si trovino nei musei di matrice più scientifica-archeologica o nelle opere di arte contemporanea (Colombo, 2020, pp. 30-31). I primi già abituati all'utilizzo frequente della tecnologia per interessi di ricerca, e le seconde cronologicamente già appartenenti al panorama digitale contemporaneo. In questo quadro i musei d'arte tradizionale, come anticipato nell'introduzione, sembrano pagare lo scotto di non riuscire facilmente ad affrancarsi da una metodologia storica rigorosa e antichista, che non riesce a negoziare con naturalezza la ricostruzione dei significati che il digitale inevitabilmente impone (Colombo, 2020, p. 34).

Complice di questa tendenza è stata la proliferazione di alcune iniziative che nel perseguire la «moda degli allestimenti immersivi» (Di Martino, 2021, p. 12) hanno contribuito a far includere nel registro delle possibili applicazioni tecnologiche in ambito artistico anche attività non necessariamente basate su una ricerca rigorosa che favorisca l'incontro tra arte e tecnologia. Ne è un esempio l'operazione della società Balich Worldwide Show, che dalla regia delle spettacolari cerimonie olimpiche ha deciso di reinventarsi come orchestrante di esperienze estetico-artistiche, inaugurando lo spettacolo immersivo *Il Giudizio Universale*¹¹, che si presenta di-

visore di realtà virtuale, escludendo così dalla propria visuale lo spazio circostante ed entrando all'interno del paesaggio filmico disegnato dal regista.

¹⁰ Per una disamina della portata epistemologica dell'opera di Iñárritu, e del potenziale emotivo, partecipativo ed in ultimo politico che essa può innescare nello spettatore cfr. Diodato, 2020, pp. 149-155.

¹¹ *Il Giudizio Universale*, sito ufficiale della mostra, disponibile all'indirizzo <https://www.giudiziouniversale.com/>. Questa esperienza prevedeva l'ingresso, da parte dei visitatori, all'interno di una grande sala con dei posti a sedere, sovrastati da una cupola sulla quale venivano proiettate le immagini. L'esperienza visiva, non solo frontale e schermica come quella cinematografica ma spazialmente più estesa, acquisiva così un carattere più immersivo.

chiarando: «la Cappella Sistina come non l'avete mai vista». Nel panorama della critica e dell'accademia questo esempio è collocato nei tentativi di spettacolarizzazione che altro non fanno che ridurre il vero valore conoscitivo ed artistico del patrimonio, e, invece di aggiungere livelli di comprensione li sottraggono, sottraendo parallelamente anche al pubblico un'opportunità di formazione, ed emozione (Bonami, 2018).

Alla luce di queste ultime osservazioni sembra ancora più importante collocare le iniziative di utilizzo della Mixed Reality in un panorama di ricerca accademica e museologica rigorosa, che definisca con chiarezza parametri di valutazione e metodologie di analisi, e possa così instradare l'uso di questa tecnologia in una direzione legittimata e fruttuosa in ambito museale.

Il Virtuality Continuum: AR/VR e Mixed Reality

In un articolo del 1994, e nel tentativo di mettere in luce la complessità categoriale e tassonomica del settore dell'Extended Reality, Milgram e Kishino delineano il *Virtuality-Continuum*. È uno spettro che va da un ambiente che consiste solamente di oggetti reali (il Real Environment, RE) ad un ambiente che consiste solamente di oggetti virtuali (il Virtual Environment, VE). Nel muoversi all'interno dello spettro si intercettano, grado per grado, differenti livelli di coesistenza degli oggetti del reale e del virtuale; con gli elementi in computer graphic che, nello spostarsi dal RE al VE, prendono sempre più spazio. In esso si collocano i dispositivi di Realtà Aumentata (AR, tecnologie che sovrappongono alla realtà reale immagini in computer graphic) ed i dispositivi di Realtà Virtuale (VR, tecnologia che esclude dal campo visivo dell'utente il mondo esterno e lo sostituisce con una realtà interamente artificiale) (Joyce, 2018). Sempre in questo contesto emerge il concetto di Mixed Reality, un universo misto in cui reale e virtuale dialogano. Nella tassonomia di Milgram e Kishiro la Mixed Reality include tutti i mondi all'interno dello spettro, esclusi gli estremi. L'idea di fondo è che tutti gli ambienti che non sono puramente reali o virtuali rappresentano, appunto, delle realtà *miste*.

In questo nuovo settore disciplinare le definizioni e i ragionamenti accademici si confrontano con un sistema aziendale, sia progettuale che produttivo, nel quale avvengono le sperimentazioni. Negli anni la definizione di Mixed Reality (MR) ha iniziato a rappresentare non più un gruppo di ambienti diversi, ma una specifica tecnologia (Joice, 2018; Arcagni 2019). Un ambiente di Mixed Reality è quindi «un ambiente nel quale reale e

virtuale coesistono e in cui l'utente può muoversi liberamente e interagire con oggetti e informazioni» (Arcagni, 2019, p. 118) «ampliando i confini dell'esperienza fisica e abilitando l'interazione tra le immagini computazionali e gli oggetti fisici» (Sylaiou *et al.*, 2018 p. 596). È simile alla realtà aumentata in quanto aggiunge alla realtà fisica un secondo livello di immagini in *computer graphics*, ma si avvicina alla realtà virtuale perché questi nuovi oggetti vengono percepiti dal fruitore come se fossero davvero lì, hanno la tridimensionalità e la spazialità degli ambienti immersivi. Gli oggetti in *computer graphics* sono qui dotati di una profondità intrinseca, che si innesta organicamente nell'ambiente circostante: nasce una vera e propria *cinematic reality*, in cui non esistono più distanze percepibili tra gli individui che indossano la tecnologia, l'ambiente fisico in cui la tecnologia diventa visibile, e le immagini che quest'ultima produce. Un unico nuovo universo sensoriale.

Jim Peters, per cinque anni CTO di SITA, azienda che produce soluzioni IT per il settore dei trasporti, ed oggi senior technology advisor per PAS-SUR, leader nella digitalizzazione operativa del settore aerospaziale, definisce l'MR come un nuovo modo di guardare il mondo, che «consente che dati digitali e fisici esistano insieme ed introduce un nuovo modo di operare»¹². Questa osservazione fa cogliere a pieno il potenziale rivoluzionario dell'MR: essa non crea solo un universo visivo, ma stabilisce lo spazio di relazione tangibile tra l'essere umano e le realtà cinematiche che egli stesso è stato in grado di immaginare, e che si sviluppano e interagiscono in quell'interplay dinamico tra esseri umani e dispositivi teorizzato da Fingerhut, grazie allo scambio continuo di un flusso di dati. Lo spazio visivo «si amplifica di sensazioni sonore e vibratili che ne aumentano l'intensità esperienziale». Questo perché «l'occhio computazionale non si accontenta dell'atto visivo puro ma lo vuole ampliare con sensazioni differenziate» grazie alla capacità di saper «far convergere direttamente verso questo occhio *data* provenienti da ambiti diversi e stimoli differenziati. È come se l'intero edificio del dispositivo visivo si ricostruisse attraverso [...] un'ibridazione profonda di sensi e sensorialità differenziati» (Arcagni, 2019, pp. 127-128). Nel presentare Microsoft Mash, device di MR lanciata da Microsoft a Marzo 2021, il *lead engineer* del team Simon Skaria ne descrive proprio le potenzialità trasversali. Indossando HoloLens 2 (questo il nome del device brevettato dall'azienda) inizia

¹² *La Mixed Reality applicata all'industria del trasporto aereo*, in Webit Mag, 13 Giugno 2017, disponibile all'indirizzo https://www.webitmag.it/la-mixed-reality-applicata-allindustria-del-trasporto-aereo_129169/.

un'esperienza che è immersiva, *multi user* e *cross platform* che sfrutta insieme ologrammi, mappe spaziali, immersività e sincronizzazione di utenti.¹³

Per analizzare le applicazioni concrete dell'MR è esemplare il caso della start-up Magic Leap, tra le aziende che lavora da più tempo a questa tecnologia e che ha brevettato i dispositivi indossabili che «manipolano il flusso di fotoni e generano un'immagine luminosa» che viene poi «proiettata direttamente sulla retina dell'occhio», attraverso un sistema che si chiama Dynamic Digital Lightfield Signal. Questa tecnologia, come viene spiegato sul sito web dell'azienda¹⁴, è in grado di interagire con il fruitore indipendentemente da dove esso si trovi, grazie a sensori e videocamere costruiti per leggere contemporaneamente sia l'ambiente che colui che sta usando il dispositivo. È in questo modo che l'esperienza che ha luogo può essere così profondamente immersiva e «unire senza soluzione di continuità il mondo digitale ed il mondo reale»¹⁵.

Ad oggi, studiando lo storico dell'azienda e le collaborazioni promosse sul proprio sito web, emergono molte sperimentazioni ed applicazioni in ambito medico, di ricerca scientifica, militare. Tra i progetti raccontati ve n'è uno che si distingue dal panorama industriale: è una sperimentazione musicale che l'azienda ha creato con la band Sigur Rós¹⁶ e si chiama *Tónandi* [figura 1], che in islandese significa "spirito del suono". Nelle parole degli autori *Tónandi* è un'esplorazione audiovisiva interattiva, che consente di confrontarsi con il suono in un ecosistema sensoriale e visivo che cresce, si trasforma e ti circonda, in sintonia con la musica. In computer graphic è stato immaginato un panorama visivo che è espressione delle suggestioni musicali e che con esse evolve, consentendo a chi indossa il dispositivo di interagire con l'ambiente circostante in modo at-

¹³ *Microsoft Mesh hands-on demo | New platform to deliver collaborative mixed reality experiences*, 02/03/2021, in Microsoft Mechanics Youtube Channel, disponibile all'indirizzo https://www.youtube.com/watch?v=IhKn9mjmj_QM, consultato in data 8 Maggio 2021.

¹⁴ Sito Web Magic Leap, Developer guides, disponibile all'indirizzo <https://developer.magicleap.com/en-us/learn/guides/design-why-magic-leap>

¹⁵ «seamlessly blend the digital and the real world» Sito Web Magic Leap, What is Spatial Computing, disponibile all'indirizzo <https://developer.magicleap.com/en-us/learn/guides/design-spatial-computing>.

¹⁶ Magic Leap Studios, *Tónandi*, sito web progetto, disponibile all'indirizzo <https://world.magicleap.com/en-us/details/com.magicleapstudios.tonandi>.

La tecnologia utilizzata per *Tónandi* è quindi un headset di Mixed Reality, sviluppato da Magic Leap. Questo dispositivo crea delle immagini in computer graphic che emergono nel campo visivo di chi lo indossa, e che rispondono agli stimoli motori del fruitore.

tivo. Il *magic leap* preannunciato nel nome della start up prende così forma, un salto magico in un nuovo universo esperienziale.

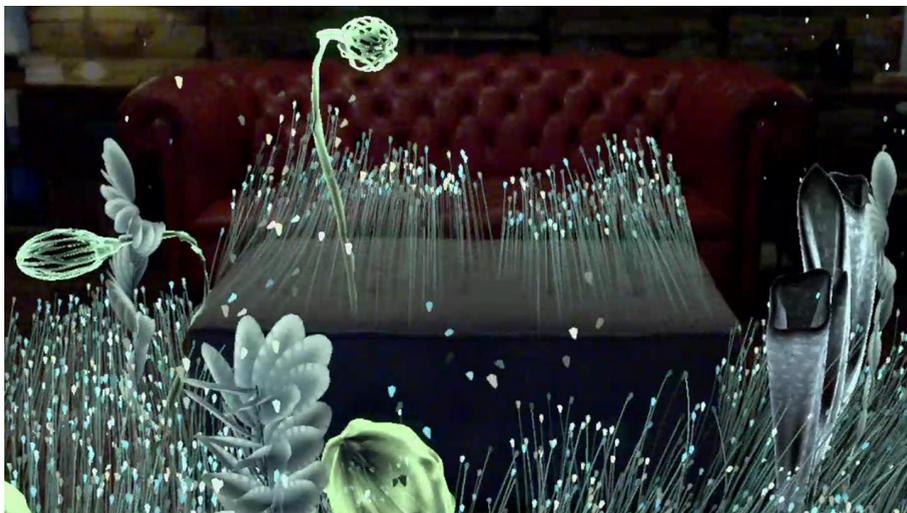


Fig. 1 – Frame del paesaggio immersivo di *Tónandi* nel quale gli elementi in computer graphic interagiscono con l'ambiente circostante. Courtesy Magic Leap

La scelta di introdurre la Mixed Reality indipendentemente dalla sua applicazione in ambito museale, approfondimento che verrà delineato nel prossimo paragrafo, mira a consentire un parallelismo tra le direzioni di ricerca tecnologica del panorama industriale (o comunque del mercato di consumo e di logiche privatistiche) e quelle del settore culturale. Attestare l'investimento che tanti ambiti di ricerca disciplinari, da quello medico a quello militare, hanno deciso di dedicare a questa tecnologia, consente di discuterne il valore in un panorama più ampio. Comprenderne le potenzialità, attraverso l'analisi di professionisti che appartengono a discorsi culturali distanti, può aiutare a problematicizzarne le potenzialità, ad osservarle da un punto di vista diverso rispetto a quello che verrà poi elaborato in ambito museale. Dal resoconto del panorama industriale sembra emergere un'idea di conoscenza ibridata, arricchita, articolata e dialetticamente restituita attraverso sistemi intelligenti che sanno interpretare e trascrivere dati eterogenei e complessi. In questa direzione l'MR sembra un passo avanti rispetto alle altre tecnologie di realtà artificiale. Si distingue per la capacità di mettere in relazione virtuale e reale, e collocare l'individuo in uno spazio di interazione attiva, costruttiva ed autoriale tra questi due livelli. Restituisce al fruitore

l'agency, la capacità di creare e modulare questo sistema infinitamente espanso e complesso che è la realtà contemporanea, in cui la digitalizzazione e la medialità sono innervate nello spazio comune. Questa potenzialità, come vedremo a breve, è la stessa caratteristica che può farne una proficua direzione di ricerca in ambito museale.



Fig. 2 – Frame della visita guidata del Museo Egizio del Cairo con indosso il visore di Mixed Reality. Courtesy Professor Hammady e Museo Egizio del Cairo

Mixed reality e sistema museale: aumentare con cura

Nel ricercare le iniziative museali nelle quali si sperimenta con la Mixed Reality, si evince una crescita esponenziale delle esperienze che stanno adoperando questa tecnologia; seguita da una parallela, anche se meno ricca, proliferazione di articoli accademici e ricerche scientifiche che ne valutano il funzionamento e l'impatto. Il Museo Egizio del Cairo, ad esempio, ha condotto un esperimento supportato dal punto di vista scientifico da un team di ricerca internazionale (Hammady *et al.*, 2019; 2021), progettando una visita negli spazi del museo guidata dagli ologrammi di Re Tutankhamun e della regina Ankhesenamun [figura 2]. In questo caso il focus della ricerca è stato il potenziale dell'MR come *guidance system* all'interno degli spazi espositivi, aspetto estremamente rile-

vante in un futuro prossimo in cui la gestione programmata dei flussi nei musei sarà un punto sempre più cruciale¹⁷.

A New York, all'Intrepid Air and Space Museum, l'MR è stata utilizzata per celebrare il ruolo delle donne nello spazio, con una mostra intitolata *Defying Gravity: Women in Space*¹⁸ volta a sfruttare le nuove tecnologie per promuovere discorsi di inclusività e diversità [figura 3]. A Novembre 2021 è stata inaugurata la mostra *Revealing Krishna* al Cleveland Museum of Art. Grazie alla tecnologia di Microsoft Mesh i visitatori potranno interagire con le opere in mostra contestualizzandole anche rispetto ai territori di origine, sfruttando il potenziale spaziale e ambientale dei dispositivi¹⁹. Questi tre esempi illustrano tre modalità diverse di adoperare l'MR in ambito museale, facendo leva sul potere immaginifico, immersivo ed esperienziale di questa tecnologia.

Negli studi di settore iniziano ad emergere le prime ricerche sul funzionamento dei dispositivi e sul loro impatto nell'esperienza del visitatore, alcune volte a valutare specifiche sperimentazioni ed altre invece interessate ad un'analisi trasversale che consenta di confrontare l'utilizzo di tecnologie diverse in contesti diversi. Kassahun *et al.*, ad esempio, mettono a confronto una serie di esperienze nell'ambito dell'Extended Reality per il patrimonio culturale, così da analizzare in che modo le singole tecnologie possano migliorare l'esperienza del visitatore rispetto ad alcuni parametri, come il carattere esplorativo della visita, la possibilità di ricostruire testimonianze ormai distrutte dal tempo, il miglioramento dell'esperienza espositiva ed il valore educativo del museo (2019, pp. 16-23). Ne emerge che il potenziale della Mixed Reality offre un valore ag-

¹⁷ Nell'indossare il dispositivo i visitatori e le visitatrici hanno potuto visualizzare degli ologrammi che li guidavano all'interno del museo, creando percorsi di approfondimento sia sulla storia egizia che sugli artefatti esposti nel museo. La tecnologia di Mixed Reality, infatti, ha consentito di riprodurre tridimensionalmente gli oggetti esposti, permettendo quindi a chi indossava il dispositivo di toccare ed interagire con la versione olografica degli antichi reperti. Sempre durante la visita negli spazi museali, grazie alla computer graphic, prendevano vita le riproduzioni di alcune scene rappresentative di dinamiche storiche e sociali.

¹⁸ *Celebrating the women who defy gravity*, Microsoft in culture, disponibile all'indirizzo <https://inculture.microsoft.com/arts/smithsonian-museum-day-women-making-history-dramae-jemison/>. La mostra, grazie al supporto dei dispositivi di Mixed Reality, consentiva ai fruitori di muoversi in uno spazio in cui immagini e video dell'universo insieme a figure storiche come l'astronauta Katherine G. Johnson ed a contenuti di divulgazione scientifica, creavano un contesto educativo dinamico e composito.

¹⁹ *Revealing Krishna, Journey through Cambodia's Secret Mountain*, The Cleveland Museum of Art, disponibile all'indirizzo <https://www.clevelandart.org/exhibitions/revealing-krishna-journey-cambodias-sacred-mountain>.

giunto rispetto alle altre tecnologie soprattutto nel carattere ricostruttivo ed esplorativo (Kassahun *et al.*, 2019, p. 28).

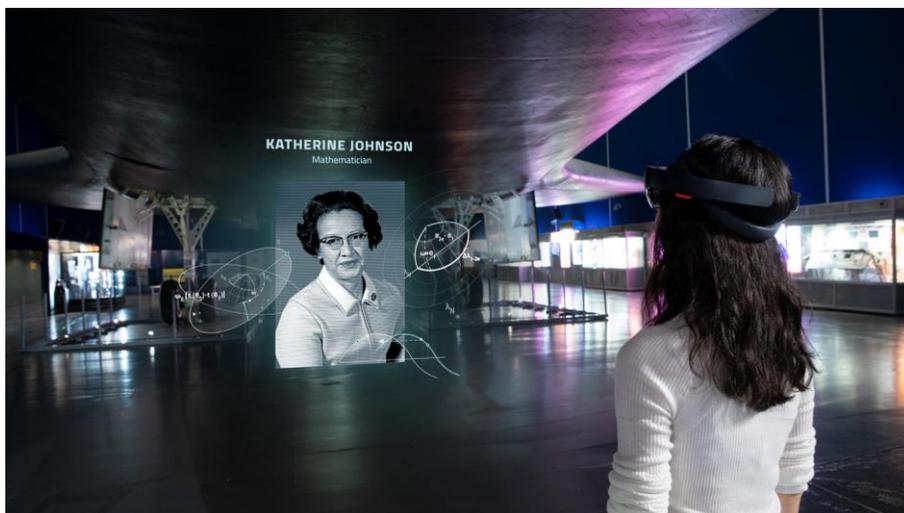


Fig. 3 – Exhibition View della mostra *Defying Gravity: Women in Space*, Intrepid Air and Space Museum, New York. Courtesy National Air and Space Museum e National Aeronautics and Space Administration

Le ricerche di Hammady *et al.* del 2019 e del 2021 nascono per supportare il design di una guida museale in Mixed Reality, nel museo Egizio del Cairo. Le categorie valutative dell'esperienza sono state quindi impostate a monte, facendo in modo che gli obiettivi della sperimentazione – dal punto di vista didattico, archeologico, museologico ed immersivo – fossero il punto di partenza per l'implementazione tecnologica del progetto. I parametri di analisi vertono quindi su alcune esigenze prestabilite dei sistemi di guida, quali la capacità di orientare e di comunicare, ed a questi affiancano le possibilità offerte dalla tecnologia, andando quindi ad analizzare il potenziale interattivo e di comunicazione visuale attraverso le immagini in *computer graphic*. In questa griglia iniziale si collocano le varie funzioni da valutare: la spazialità, lo storytelling, la narrazione audio e testuale – per garantire un'accessibilità più ampia –, l'interazione manuale, i giochi di apprendimento, il potenziale collaborativo e di condivisione dell'esperienza e l'interfaccia dell'utente (2019, pp. 3475-3477). L'analisi del funzionamento del dispositivo, costruita sia sulla base di questionari ai fruitori che grazie ai dati forniti dal dispositivo stesso, riscontra come la tecnologia riesce a risolvere alcune criticità ed esigenze

dei percorsi di visita guidata, come il desiderio di fornire al visitatore più autonomia nella creazione della propria esperienza, e la possibilità di unire l'aspetto conoscitivo a quello ludico ed immaginativo. L'aggiunta di occasioni interattive, oltre a rafforzare il carattere educativo supportato dai giochi di apprendimento, rafforza anche la dimensione di condivisione dell'esperienza, favorendo il dialogo tra i partecipanti. La stessa ricerca, ripresa ed espansa nel 2021, enfatizza come l'interattività abilitata dalla Mixed Reality aumenti il grado di concentrazione e conseguentemente il valore di apprendimento, stimolando le abilità cognitive degli utenti (p. 5). Approfondendo il feedback dei visitatori, la ricerca raccoglie valutazioni sulla godibilità, utilità, interattività, multimedialità, facilità di utilizzo e realismo della funzione di guida del dispositivo. Emerge come i gruppi d'età più giovani – partecipanti tra i 18 ed i 25 anni – riscontrano un'efficacia maggiore su tutti i fronti rispetto alle fasce d'età più avanzate – dai 26 ai 40 anni e dai 41 ai 60 – meno abituati alla tecnologia e quindi meno a loro agio nella sperimentazione (p. 16).

Sylaiou *et al.*, nella ricerca *Leveraging Mixed Reality Technologies to Enhance Museum Visitor Experiences*, enfatizzano come il potenziale della Mixed Reality risiede proprio nell'incidere sul *meaning making* dei visitatori nell'interpretazione delle collezioni, che viene rivoluzionato dalla possibilità di esplorare liberamente ed in maniera interattiva gli spazi museali ed i reperti al loro interno. I vantaggi nella tecnologia vengono qui classificati in base all'apporto che questa può dare su vari fronti dell'ecosistema museale. Alla già citata valenza collaborativa e condivisione dell'esperienza, viene aggiunta la possibilità di supportare il design curatoriale e la ricerca scientifica con un focus dedicato al potenziale di spettacolarizzazione dello storytelling digitale²⁰. Importante, rimarkano gli autori, è capire come il dispositivo digitale possa fornire un supporto nel migliorare la fruizione del patrimonio, ponendosi a servizio delle esigenze individuate dai curatori senza rischiare di oscurare i reperti (2018, p. 600).

La ricerca di Hall *et al.*, *The Visitor as Virtual Archaeologist: Explorations in Mixed Reality Technology to Enhance Educational and Social Interaction in the Museum*, affronta invece i benefici della tecnologia specificamente in rapporto al patrimonio archeologico. Rispetto alla scoperta di quest'ultimo, concludono gli autori, l'MR offre un grande potenziale: ac-

²⁰ Per una disamina dello storytelling museale si veda Bonacini, 2020, pp. 53-60 per un focus specifico sulle attività digitali.

crece l'aspetto di collaborazione e condivisione delle scoperte, abilita il carattere esplorativo e la visualizzazione di reperti altrimenti invisibili, consente di "toccare" le opere come mai prima e di accrescere l'eccitazione della scoperta e della ricerca grazie all'interattività. Nel complesso, il valore educativo dell'esperienza aumenta considerevolmente (2001, p. 96).

Dalla lettura di queste ricerche sembra emergere una complessiva e condivisa fiducia nei confronti del potenziale educativo della Mixed Reality²¹. I visitatori, grazie ai dispositivi, accedono ad esperienze immersive che allo stesso tempo consentono di vivere l'ambiente museale e le sue opere a pieno. La capacità interattiva, e l'aspetto immaginifico della *computer vision*, sembrano creare un ecosistema nel quale la curiosità e l'apprendimento sono stimolati. Ed è proprio in questo spazio di curiosità e dialogo che si può ritrovare il luogo dell'attività cognitiva situata e medializzata di cui si è discusso nella parte iniziale di questo testo. Quell'*interplay* ormai naturale tra corpi e tecnologia all'interno del quale avviene quotidianamente la creazione di pensiero e la creazione di senso. Questa tecnologia, in termini di responsività, immaginazione ed interattività, sembra possedere tutte le carte in regola per poter facilitare un nuovo ed ampio discorso sperimentale nell'ambito dell'educazione museale. Soprattutto se si saprà fare tesoro degli equivoci e delle approssimazioni che hanno accompagnato gli esordi della realtà artificiale. Aumentare è una frontiera promettente. A condizione di aumentare con cura.

²¹ Va ricordato, in ogni caso, che il costo di questi dispositivi, e delle sperimentazioni necessarie per utilizzarli con rigore e qualità, è ancora oggi spesso proibitivo per molti enti. L'uscita sul mercato di HoloLens 2, il dispositivo brevettato da Microsoft, sembra aver dato un contributo strategico alla diffusione di questa tecnologia in ambito museale, rendendo la Mixed Reality una sperimentazione possibile per diverse realtà culturali in ambito internazionale. Ciò non toglie che comunque l'acquisto e l'utilizzo di questa tecnologia non rappresenti una strada percorribile da ogni museo.

Bibliografia

Arcagni S. (2018), *L'occhio della Macchina*, Einaudi, Torino.

Benjamin W., *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica* (2012 [1936]), in Pinotti A, Somaini A., *Aura e Choc. saggi sulla teoria dei media*, Einaudi, Torino, pp. 5-73.

Bonacini E. (2020), *I Musei e le Forme dello Storytelling Digitale*, Aracne Editrice, Canterano (RM).

Bonami S. 18/03/2019, *Il Giudizio Universale di Balich, buoni propositi e risultato disastroso*, in «La Stampa», disponibile all'indirizzo <https://www.lastampa.it/topnews/tempi-moderni/2018/03/18/news/il-giudizio-universale-di-balich-buoni-propositi-e-risultato-disastroso-1.33993714>, consultato in data 1 Settembre 2021.

Bolter J., R. Grusin R. (2003), *Remediation. Competizione e integrazione tra media vecchi e nuovi*, Guerini e Associati, Milano.

Carpentier N. (2011), *Media and participation: A site of ideological-democratic struggle*, Intellect, Bristol.

Casetti F. (2011), *I media nella condizione post-mediale in Estetica dei media e della comunicazione*, a cura di. Diodato R., Somaini A., Il Mulino, Bologna.

Casetti F. (2015), *La Galassia Lumière, sette parole chiave per il cinema che viene*, Bompiani, Milano.

Ciecko B., Sinha P. (2020), *Neurological Perceptions of Art through Augmented and Virtual Reality*, Cuseum, disponibile all'indirizzo https://www.researchgate.net/publication/341293320_Neurological_Percptions_of_Art_through_Augmented_Virtual_Reality, consultato in data 1 Settembre 2021.

Christillin E., Greco C. (2021), *Le memorie del futuro, musei e ricerca*, Giulio Einaudi Editore, Torino.

Cometa M. (2020), *Cultura Visuale, una genealogia*, Raffaello Cortina Editore, Milano.

Colombo M.E. (2020), *Musei e Cultura Digitale. Fra narrativa, pratiche e testimonianze*, Editrice Bibliografica, San Giuliano Milanese (MI).

Deakin T. 29/03/2021, *Collaboration is key to getting VR to where we all know it should be*, in Museum Next, disponibile all'indirizzo <https://www.museumnext.com/article/collaboration-is-key-to-getting-vr-to-where-we-all-know-it-should-be/>, consultato in data 1 Settembre 2021.

Di Martino B. (2021), *Nel centro del quadro. Per una teoria dell'arte immersiva dal mito della caverna alla VR*, Aesthetica Edizioni, Sesto San Giovanni.

Diodato R. (2020), *Immagine, arte, virtualità. Per un'estetica della relazione*, Morcelliana, Brescia.

Drotner K. et al (2019), *Media, mediatization and museums: A new ensemble*, in *The Routledge Handbook of Museums, Media and Communication*, Routledge, New York, pp. 1-12.

Eugeni R. (2015), *La Condizione Postmediale, media linguaggi e narrazioni*, La Scuola, Milano.

Ferraris M. (2015), *Mobilizzazione Totale*, Laterza, Bari.

Fingerhut J. (2020), "Habits and the enculturated mind: pervasive artifacts, predictive processing, and expansive habits", in «Habits: Pragmatist Approaches from Cognitive Neuroscience to Social Science», eds., Caruana F., Testa I., Cambridge University Press, Cambridge, pp. 352-375.

Fingerhut J. (2021), "Enacting Media. A Situated Cognition Account of Enculturation Between Neuromediality and New Cognitive Media Theory", in «Frontiers in Psychology: Theoretical and Philosophical Psychology», doi: 10.3389/fpsyg.2021.635993.

Finn E. (2018), *What do algorithms want, imagination in the age of computing*, MIT Press, Cambridge.

Floridi L. (2015), *The Online Manifesto: Being Human in a Hyperconnected Era*, Springer, Berlino.

Freeberg D., Gallese V. (2009), *Movimento, emozione ed empatia nell'esperienza estetica* in Pinotti A. e Somaini A. (a cura di), *Teorie dell'immagine, il dibattito contemporaneo*, Raffaello Cortina Editore, Milano, pp. 331-351.

Gallese V., Guerra M. (2015), *Lo Schermo Empatico, Cinema e Neuroscienze*, Raffaello Cortina Editore, Milano.

Giannini T., Bowen J.P., eds., (2019), *Museums and Digital Culture, New Perspectives and Research*, Springer.

Hammady R., Ma M., AL-Kalha Z., et al. (2019), *Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the Egyptian museum in Multimed Tools Appl* 79, pp. 3465–3494, <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08026-w>.

Hammady R., Ma M., AL-Kalha Z., et al. (2021), *A framework for constructing and evaluating the role of MR as a holographic virtual guide in museums*, in «Virtual Reality», <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00497-9>.

Hall et al. (2001), *The Visitor as Virtual Archaeologist: Explorations in Mixed Reality Technology to Enhance Educational and Social Interaction in the Museum*, in «VAST '01: Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage» pp. 91–96, <https://doi.org/10.1145/584993.585008>.

ICOM, International Council of Museums, 2021, *Museums, museum professionals and Covid-19: third survey*.

Iñárritu A.G. (2017), *Carne y Arena*, Fondazione Prada, Milano.

Joyce K. (2018), *AR/VR/MR/RR/XR A Glossary to the Acronyms of the future* in «VR Focus».

Kassahun *et al.*, (2018), *A Survey on Augmented, Virtual and Mixed Reality for Cultural Heritage*, in «Journal on Computing and Cultural Heritage», Vol. 11, N.2

Mandarano N. (2019), *Musei e Media Digitali*, Carocci editore, Roma.

Manovich L. (2006), *The Politics of Augmented Space*, in «Visual Communication» vol. 5.

McLuhan M. (1964), *Understanding Media: The Extension of Man*, McGraw-Hill, New York.

Milgram P., Kishino F. (1994), *A taxonomy of mixed reality visual displays*, in «IEICE Transactions on Information Systems», vol. E77-D, n. 12.

Montani P. (2014), *Tecnologie della sensibilità. Estetica e immaginazione interattiva*, Raffaello Cortina Editore, Milano.

NEMO, Network of European Organizations, 2021, *Follow Up Survey on the Impact of the Covid-19 Pandemic in Europe, Final Report*.

Newen A., De Bruin L., Gallager S. (2018), *The Oxford Handbook of 4E cognition*, Oxford University Press, Oxford.

Luigini A., Panciroli C. (2018), *Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio*, Franco Angeli, Milano.

Pinotti A., Somaini A. (2016), *Cultura Visuale, immagini sguardi media dispositivi*, Einaudi, Torino.

Pruulmann-Vengerfeldt P., Runnel P. (2019), *The Museum as an arena for cultural Citizenship*, in Drotner K. et al, *The Routledge Handbook of Museums, Media and Communication*, Routledge, New York, pp. 143-158.

Rossignol J. 07/03/2021, *Apple to Launch Mixed Reality Headset in Mid 2022 and Augmented Reality Glasses by 2025*, in «Mac Rumors», disponibile all'indirizzo <https://www.macrumors.com/roundup/apple-glasses/>, consultato in data 1 Settembre 2021.

Smith Bautista S., (2014), *Museums in the digital age, Changing Meaning of Place, Community and Culture*, Altamira Press, Plymouth.

Sylaiou *et al.*, (2018) *Leveraging Mixed Reality Technologies to Enhance Museum Visitor Experiences, International Conference on Intelligent Systems (IS)*, pp. 595-601, doi: 10.1109/IS.2018.8710530.

Tallon L. 24/10/2017, *Digital Is More Than a Department, It Is a Collective Responsibility*, in «Medium.com», disponibile all'indirizzo <https://medium.com/@loictallon/digital-is-more-than-a-department-it-is-a-collective-responsibility-786cdf816d12>, consultato in data 21 Settembre 2021.

Trione V. (2019), *L'opera interminabile. Arte e XXI Secolo*, Einaudi, Torino.

Sitografia

Celebrating the women who defy gravity, Microsoft in culture, disponibile all'indirizzo <https://inculture.microsoft.com/arts/smithsonian-museum-day-women-making-history-dr-mae-jemison/>, consultato in data 1 Settembre 2021.

ICOM, sito web, Museum Definition, disponibile all'indirizzo <https://icom.museum/en/resources/standards-guidelines/museum-definition/>, consultato in data 8 Maggio 2021

Il Giudizio Universale, sito ufficiale della mostra, disponibile all'indirizzo <https://www.giudiziouniversale.com/>, consultato in data 1 Settembre 2021.

Magic Leap, Sito Web, Developer portal, disponibile all'indirizzo <https://developer.magicleap.com/en-us/home>, consultato in data 1 Settembre 2021.

Magic Leap Studios, Tónandi, sito web progetto, disponibile all'indirizzo <https://world.magicleap.com/en-us/details/com.magicleapstudios.tonandi>, consultato in data 1 Settembre 2021.

Microsoft Mesh hands-on demo | New platform to deliver collaborative mixed reality experiences, 02/03/2021, in Microsoft Mechanics Youtube Channel, disponibile all'indirizzo https://www.youtube.com/watch?v=IhKn9mjy_QM, consultato in data 1 Settembre 2021.

Museum Professionals in the Digital Era, Agents of Change and Innovation, MUSA Museum Sector Alliance, disponibile all'indirizzo http://www.icom-italia.org/wp-content/uploads/2018/10/ICOMItalia.MUSA_.MuseumSectorAlliance.Professions.Digital.10ottobre.2018.pdf consultato in data 1 Settembre 2021.

La Mixed Reality applicata all'industria del trasporto aereo, in Webit Mag, 13 Giugno 2017, disponibile all'indirizzo https://www.webitmag.it/la-mixed-reality-applicata-allindustria-del-trasporto-aereo_129169/ consultato in data 21 Settembre 2021.

Revealing Krishna, Journey through Cambodia's Secret Mountain, The Cleveland Museum of Art, disponibile all'indirizzo <https://www.clevelandart.org/exhibitions/revealing-krishna-journey-cambodias-sacred-mountain> consultato in data 1 Settembre 2021.

Smithsonian Brings Historic Specimens to Life in Free "Skin and Bones" Mobile App, 15 Gennaio 2015, Sito Web Smithsonian, disponibile all'indirizzo <https://www.si.edu/newsdesk/releases/smithsonian-brings-historic-specimens-life-free-skin-and-bones-mobile-app>, consultato in data 1 Settembre 2021.