

Modelli visivi aumentati di collezioni zoologiche scientifiche. Un'esperienza di fruizione al museo universitario MUSA

Pierpaolo D'Agostino, Giuseppe Antuono, Pedro Vindrola

Abstract

Il presente lavoro vuole configurarsi come un contributo paradigmatico nel proporre un approccio metodologico per una fruizione aumentata dei musei e dei loro reperti. Attualmente i musei, il loro patrimonio e il modo di viverli stanno vivendo un cambiamento di paradigma, nel segno della transizione verso la nuova era digitale, traendo vantaggio e capitalizzando ciò che le nuove tecnologie hanno da offrire.

Viene proposta un'esperienza di fruizione aumentata per il Centro Museale di Scienze Agrarie (MUSA) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II a Portici, integrando le modalità standard di esposizione degli oggetti con tecniche tradizionali e all'avanguardia per l'acquisizione, la digitalizzazione, la prototipazione rapida e la realtà aumentata. Il risultato è una relazione tripartita tra le nuove tecnologie e due concetti chiave: conservazione e divulgazione. Per cui, se le tecnologie offrono modi per sviluppare strategie più efficienti per la divulgazione e la conservazione, quest'ultime spingono nel campo di applicazione i limiti delle prime.

Parole chiave: collezioni scientifiche, patrimonio culturale, realtà aumentata, prototipazione rapida, modello di fruizione virtuale.

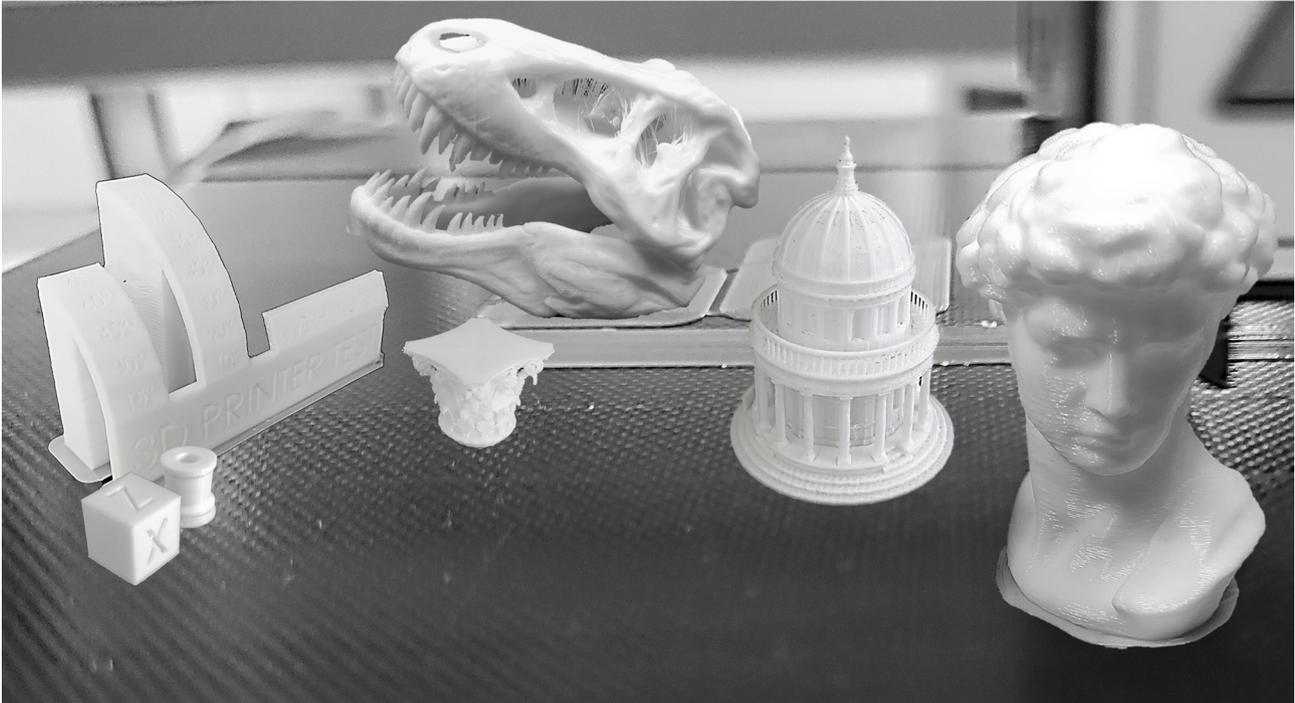
Introduzione

Disegno e progettazione – in quanto strumenti di espressione – sono stati in passato lo strumento principale per la manifestazione delle idee; oggi, nel XXI secolo, la disciplina della rappresentazione si ritrova a dover affrontare con flessibilità e capacità di adattamento ai veloci cambiamenti tecnologici, reinventando e sperimentando nuovi ambienti di comunicazione e fruizione digitale.

La comunicazione, come campo disciplinare, dall'avvento del *World Wide Web* [Huhtamo 2010, pp. 121-135], che negli anni '90 ha portato alla rapida crescita delle applicazioni web [Hooper-Greenhill 2003, pp. 1-40; Oppitz & Tomsu 2018, pp. 201-227], ha subito una transizione dalla dimensione analogica a quella digitale, sviluppando nuovi linguaggi (ipermedialità, realtà aumentata, contenuti virtua-

li) che trova un terreno fertile nel settore dei beni culturali, con particolare riferimento alla *Digital Transformation* dell'arte e dei musei [Bertacchini, Morando 2013, p. 62; Bolognesi, Aiello 2020, pp. 83-90], abilitando modalità di fruizione innovative [D'Agostino, Antuono, Elefante 2022, pp. 399-407]. Il settore museale e artistico ha dovuto assimilare con fatica le nuove tecnologie [Parry 2010, pp. 1-8] e continua questo "processo di riformulazione" del settore [Cameron 2010, pp. 80-95], dato che sono in molte realtà già il principale canale di accesso alle informazioni sul patrimonio culturale; nuove forme di democratizzazione della cultura sono state rese possibili grazie alla rivoluzione messa in moto dal *World Wide Web* che, rappresentando una discontinuità rispetto al passato, ha cambiato non solo

Fig. 1. Prototipi in-house per le sperimentazioni tra reale e virtuale di elementi del patrimonio culturale museale (elaborazione degli autori).



la creazione e la distribuzione delle informazioni ma anche moltiplicato le opportunità di scambio, accessibilità e partecipazione dell'utente chiamato a interagire in ambienti digitali pervasivi e cross-mediali.

Attualmente il patrimonio, i musei e il modo di viverli stanno subendo un cambiamento di paradigma, dovuto a tutta l'era della digitalizzazione, che deve superare questa transizione e trarne vantaggio, capitalizzando ciò che queste nuove tecnologie hanno da offrire. In questa prospettiva, inoltre, dopo una prima affermazione delle tecniche di rilievo digitale, come la scansione laser e la fotogrammetria, negli ultimi anni si assiste a un cambio di paradigma nella fruizione digitale, con la ricostruzione di prototipi materici (fig. 1) e sempre più legata a parole come metaverso, *Extended-Realities* (XR), ecc. che iniziano ad essere presenti nel glossario di un pubblico – non solo di nativi digitali – sempre più ad agio nell'usare strumenti oltre che nel senti-

re familiari simili neologismi [Sherman, Craig 2018; Huggett 2020, pp. 1-15; Allam 2022, pp. 771-801].

Già con la situazione globale relativa alla pandemia [Cicerchia, Solima 2020, pp. 1-27], le tecnologie dell'informazione e della comunicazione per la realtà aumentata (AR) e virtuale (VR), hanno consentito all'utente di interagire contemporaneamente con l'ambiente reale e quello virtuale, migliorando l'esperienza e veicolando i contenuti del prodotto culturale al fine di facilitarne la connessione, in particolare per l'accesso remoto [Kang, Yang 2020, pp. 139-161], e averne una più profonda comprensione.

Pertanto, oggi la spinta è verso una maggiore complementarità delle tecnologie del *visual design* per l'innovazione digitale dei percorsi di conoscenza museale, in linea con la nuova definizione di museo dell'*International Council of Museums* (ICOM), che si concentra in particolare sull'«offerta di esperienze diversificate per l'educazione, il divertimento,



Context of reference
MUSA, Royal Site of Portici



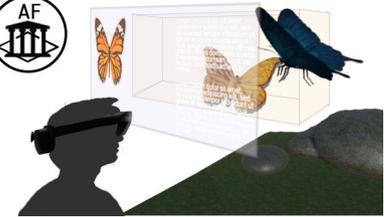
Digital Survey



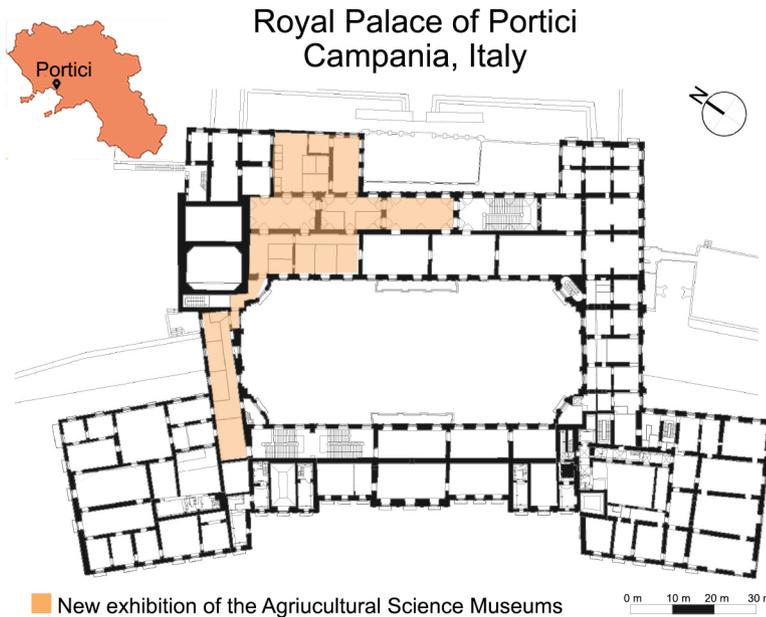
3D Printing



Augmented Reality



Augmented Fruition
Scientific Collections of the MUSA



Agricultural Science Museums (MUSA)

Museum sections:



Anatomico-Zootechnical Museum
Titus Manlius Bettini



Entomologic Museum
Filippo Silvestri



Botanical Museum
Horace Comes



Agricultural Mechanics Museum
Carlo Santini



Mineralogical Museum
Antonio Parascandola

Fig. 2. Workflow metodologico: dal contesto del MUSA nel Real Sito di Portici alla fruizione aumentata dei reperti delle sue collezioni scientifiche (elaborazione degli autori).

Fig. 3. Inquadramento al sito della sperimentazione: l'espansione dell'area di esposizione per le collezioni scientifiche del MUSA al piano nobile del Real Sito di Portici (elaborazione degli autori).

la riflessione e la condivisione della conoscenza». Lo scopo è riuscire a far 'esprimere' le opere d'arte in maniera innovativa, attraverso dispositivi e interfacce, puntando anche all'integrazione nella comunicazione di modalità di interazione tattile con esperienze multisensoriali [Neumüller et al. 2014, pp. 119-134; Khunti 2018, pp. 1-12].

A tal fine, il presente contributo, nel discernimento dei nuovi linguaggi digitali (fig. 2), propone un organico metodo di correlazione informativa nella fruizione virtuale dei reperti dello spazio museale, con una sperimentazione nel Centro museale Musei delle Scienze Agrarie (MUSA), combinando, a partire dall'acquisizione tramite tecnologie di rilevamento digitale, tecniche di fruizione aumentata e prototipazione rapida in accordo alle modalità standard di esposizione dei reperti nelle stanze di recente restauro al piano nobile della Reggia di Portici (fig. 3).

Dal reale al virtuale e ritorno. Un'esemplificazione di metodo

In linea con i tre criteri per un'efficiente divulgazione culturale (qualità, quantità e accessibilità dei contenuti), alla base delle strategie di *audience development* – inteso come uno strumento utile per comprendere le opportunità derivanti dai media digitali con l'obiettivo di migliorare l'esperienza vissuta del pubblico proponendo nuove e appropriate maniere così il Patrimonio Culturale possa essere goduto e fruito dalla collettività [Ippoliti, Albisinni 2016, p. E6] – e *audience engagement* – consecutivo nel creare un contesto di interazione, partecipazione ed esperienza che porti al coinvolgimento, alla soddisfazione del pubblico e tutto questo alla costruzione del senso di identità [Ippoliti, Albisinni 2016, p. E4] –, la presente proposta descrive una sperimentazione delle tecnologie XR in integrazione alla prototipazione rapida per la conservazione e divulgazione dei numerosi reperti del significativo patrimonio delle collezioni scientifiche, riguardo le sezioni di entomologia e zoologia del MUSA nella Reggia di Portici.

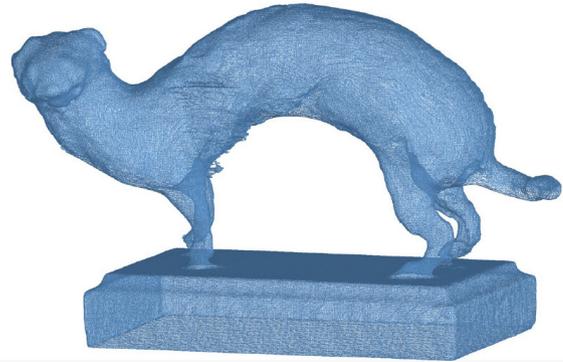
L'occasione di allestire e aprire al pubblico i nuovi spazi espositivi al piano nobile entro la fine dell'anno 2022, nonché la riconosciuta fragilità e la condizione di rischio elevato nell'esposizione dei reperti, ha consentito di definire un quadro di attività per implementare il virtuale nello spazio reale del sito museale, in linea con le richie-

ste del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), di implementazione di infrastrutture materiali e immateriali del patrimonio storico artistico attraverso investimenti digitali, e con gli obiettivi dell'Agenda 2030, nel migliorarne l'accessibilità all'informazione nonché la qualità dell'istruzione attraverso le tecnologie di informazione e comunicazione, in linea a quanto affermato a livello internazionale con la Raccomandazione dell'UNESCO dal 2015 [UNESCO 2015], che promuove la protezione dei beni culturali. Così, per consentire una più facile e immediata condivisione dei contenuti, grazie alla digitalizzazione delle collezioni e di conseguenza una migliore conservazione del patrimonio, e così raggiungere un pubblico più ampio e diversificato, è stato sperimentato un nuovo paradigma espositivo, attraverso la prototipazione di schermi trasparenti *Liquid Crystal Display* (LCD) a conformare una teca digitale nell'integrazione di dispositivi AR, implementare l'esperienza fruitiva dei visitatori con l'ambiente e le collezioni scientifiche, per migliorare ed implementare l'interazione tra contenuto informativo e contenitore materico-virtuale, intensificando l'esperienza integrale dell'oggetto museale, attraverso più sensi, nella riflessione sul rapporto prodotto-spazio d'uso per il futuro utilizzo delle sale museali, oggetto di lavori di restauro. I reperti presi in esame in questa ricerca sono riferiti a diverse tipologie di specie animali e multiscolari, conservati oggi in luoghi inaccessibili, perché soggetti a rischio di deterioramento ambientale; le dimensioni degli oggetti, la loro diversa tipologia e, soprattutto, la loro appartenenza a diversi ambiti disciplinari ha determinato una particolare complessità di indagine che ha visto la sperimentazione e valutazione di diverse tecniche di rilevamento e integrazione digitale dei dati utili a ricostruirne i modelli geometrico-materici correlati nella componente informativa in realtà aumentata.

Pertanto, il *workflow* metodologico applicato al sito della sperimentazione (figg. 2, 3) ha previsto le fasi di:

- Rilevamento digitale dei reperti museali e integrazione dei dati acquisiti dello spazio museale;
- Digitalizzazione e modellazione del patrimonio museale;
- Prototipazione rapida con test di produzione dei reperti museali;
- Creazione di una teca digitale e fruizione in AR.

Le fasi si racchiudono e concludono col raggiungimento dell'obiettivo di ottenere una fruibilità ampliata delle collezioni all'interno dello spazio museale.



Mesh Reconstruction



Texturized Model

Fig. 4. Fasi di rilevamento con scanner laser triangolatore 3D Systems-Sense 2 e ricostruzione digitale del mammifero *Mustela nivalis* della famiglia Mustelidae, parte della collezione zoologica del MUSA (elaborazione degli autori).

Dal rilievo al prototipo dei reperti delle collezioni scientifiche

Negli ultimi anni, le fondazioni, i musei e, in generale, tutti gli enti che si impegnano a valorizzare i beni delle collezioni storiche e a preservarne il valore al di là dell'azione distruttiva del tempo, hanno intuito le potenzialità dell'utilizzo di servizi di digitalizzazione, attraverso metodiche di rilevamento digitale, che consentono di archiviare e riprodurre le caratteristiche geometriche delle opere storiche, senza compromettere l'integrità delle collezioni, descrivendo nuovi percorsi di visita virtuale e permettendo la visualizzazione e la re-immaginazione di spazi e oggetti storici che diversamente sarebbero lasciati all'immaginazione dei visitatori [Empler 2018, p. 13.10].

In linea con i nuovi sviluppi per lo studio e l'acquisizione dei modelli 3D del patrimonio architettonico e collezionistico del Museo di Scienze Agrarie, sono state utilizzate diverse metodologie di rilevamento digitale per la descrizione degli ambienti delle sale museali e per riprodurre i diversi oggetti, di diverse grandezze e tipologie, utili a testare la fattibilità delle tecniche per gli obiettivi proposti.

La prima macrofase ha previsto il rilievo digitale laser scanner dei diversi ambienti delle nuove sale museali al piano nobile della Reggia, utilizzando un *BLK 360 Leica*, restituendo un modello integrato utile alla lettura spazio-conformativa dei percorsi di accesso e passaggio nonché dei rapporti con i sistemi di illuminazione naturale.

In una seconda macrofase, i reperti sono stati acquisiti in due momenti diversi, utilizzando due diverse tecniche di rilevamento digitale.

Un primo momento ha previsto un'acquisizione basata su sistema di scansione a triangolazione. In particolare, è stato utilizzato un *3D Systems-Sense 2*, dotato di due fotocamere, una per l'acquisizione delle immagini, l'altra dotata di un sensore di profondità che, basandosi su criteri di triangolazione geometrica, consentono di ricostruire in *real time* un modello non strutturato di nuvola di punti.

Il risultato è un modello dettagliato nella riproducibilità delle tessiture, testato anche per le altre tipologie di reperti prelevati dal museo, descritto da una superficie di poligoni, nella fase di *Mesh Reconstruction*, texturizzata attraverso la mappatura delle immagini fotogrammetriche. Nonostante l'esecuzione di una procedura di calibrazione delle immagini il modello finale è risultato

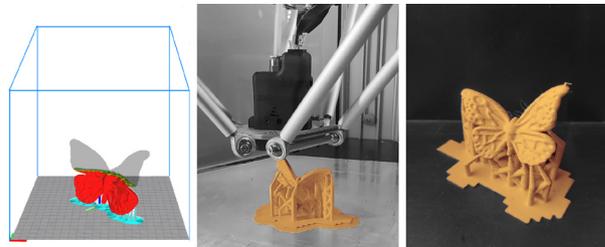
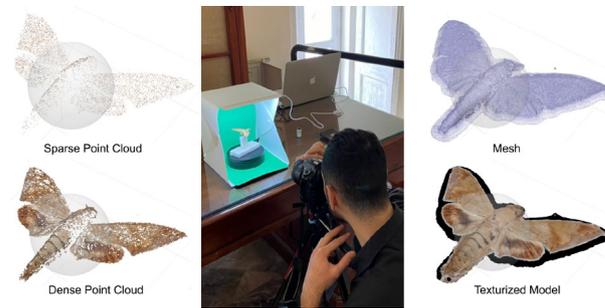
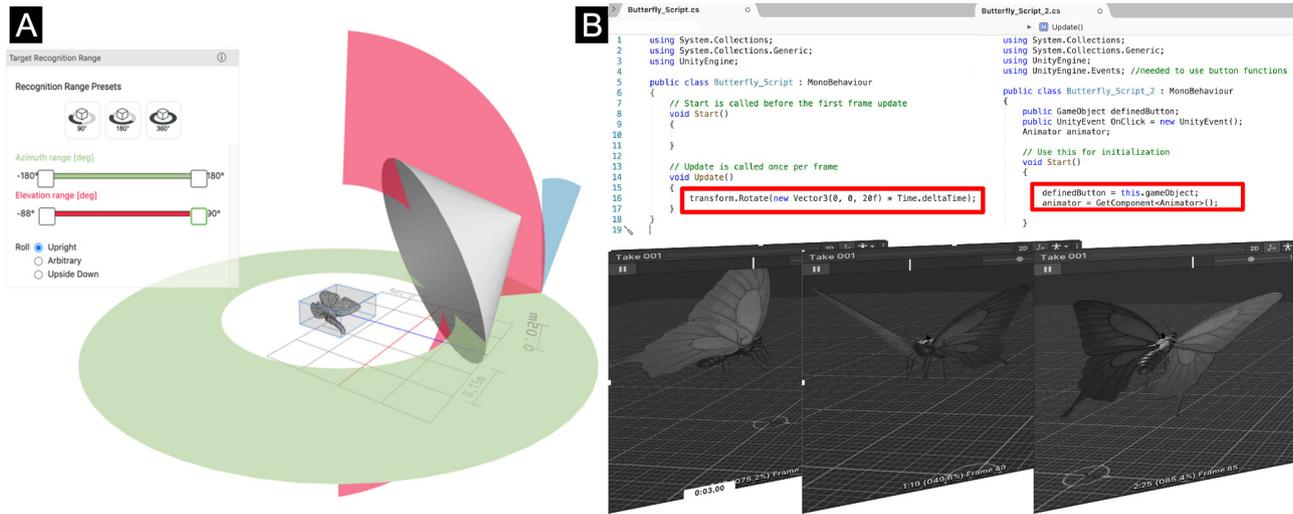


Fig. 5. Rilievo fotogrammetrico e ricostruzione digitale di un insetto dell'ordine dei Lepidotteri, parte della collezione entomologica del MUSA (elaborazione degli autori).

Fig. 6. Processo di prototipazione del Lepidottero. Da sinistra a destra: settaggio del modello e dei parametri di stampa; prototipazione con stampante tipo Delta WASP 4070; uno degli esiti delle fasi di stampa (elaborazione degli autori).

Fig. 7. Costruzione del modello di fruizione digitale in modalità AR: A) fase di definizione del model Target; B) definizione dello script in C# in Visual Studio per l'iterazione e l'animazione dei frames del modello (elaborazione degli autori).



poco fedele, con un'approssimazione delle forme geometriche rispetto alla scala ridotta dell'oggetto, caratterizzato da un materiale riflettente (fig. 4). Pertanto, per soddisfare l'esigenza del rilevamento di reperti di piccole dimensioni e superare le difficoltà riscontrate, nella necessità di accuratezza del dato fondamentale per la loro ricostruzione digitale, è stato utilizzato la fotogrammetria digitale, che è basato su tecniche di *Structure from Motion* (SfM), permettono di ripristinare la forma libera dei corpi [Liva 2021, p. 12]. In particolare, è stata utilizzata una *Nikon Corporation D90*, con un obiettivo *AF-S Nikkor 50mm* e *light box* delle dimensioni di 25x25x25 cm su base girevole, e tavoletta grafica *XP Pen Deco 02* per la mascheratura delle immagini acquisite, restituendo un focus sull'oggetto con una maggiore acquisizione dei punti (fig. 5). A tale scopo è stato utilizzato il software, open source, *FormWare* che ha permesso di riparare la *mesh* in formato .stl per la fase successiva in *Ultimaker Cura* (fig. 6) di preparazione del modello e definizione dei parametri di prototipazione rapida. Tra questi la validazione della *mesh*, con l'individuazione di eventuali parti mancanti e la chiusura della superficie in *Mesh Tools*, la definizione

in *Cylindric Custom Support* dei supporti al modello per la fase di post-produzione, oppure ancora la verifica dei parametri di corretto posizionamento ed adesione dell'oggetto sul piano di stampa in *Auto-Orientation*. Terminata questa fase, i prototipi sono stati stampati attraverso una *Anycubic 13 Mega S*, di tipo cartesiana, ed una *Wasp 4070 Pro*, di tipo delta, in materiale bioplastico PLA (fig. 6), verificandone anche gli esiti rispetto al conseguimento dell'obiettivo e alla definizione dei parametri che definiscono ad esempio la retrazione che serve a determinare la lunghezza di filo retratto per evitare problemi di sfilacciamento (*stringing*), come pure evitando un problema di *warping* relativo all'aderenza al piatto, e monitorando la temperatura di stampa, mirando ad evitare il problema, ancora presente con questo tipo di tecnologia di prototipazione, della sottoestruzione. Nonostante le prestazioni della *Wasp 4070 Pro*, invero più orientata alla prototipazione di modelli di medio formato, l'*Anycubic 13 Mega S* mantiene alte capacità di definizione, con impegno economico più basso, di un modello di base, replicato per gli altri elementi dell'archivio di reperti, per la conservazione degli artefatti autentici e peraltro più orientata alla possibilità di maggiore resa

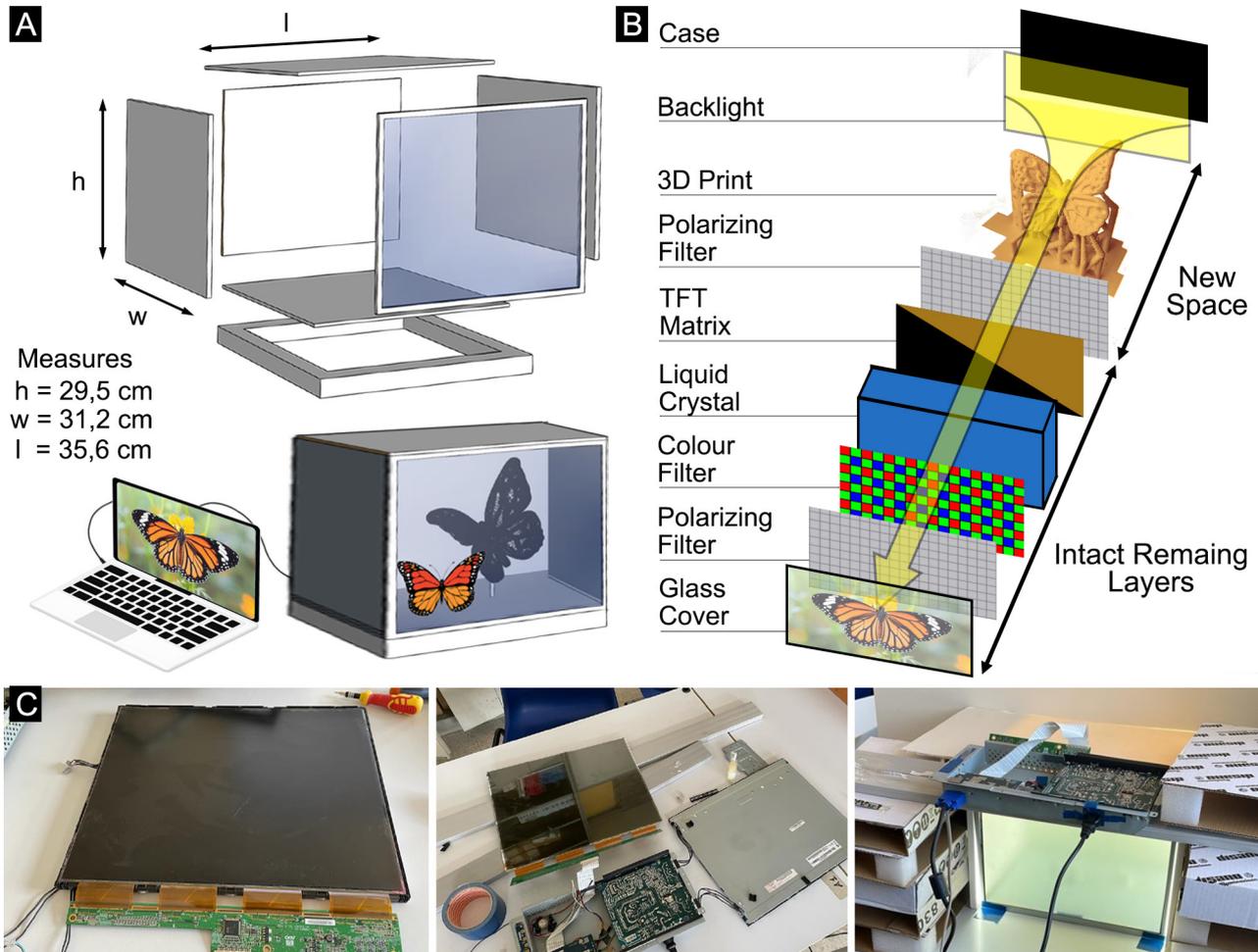
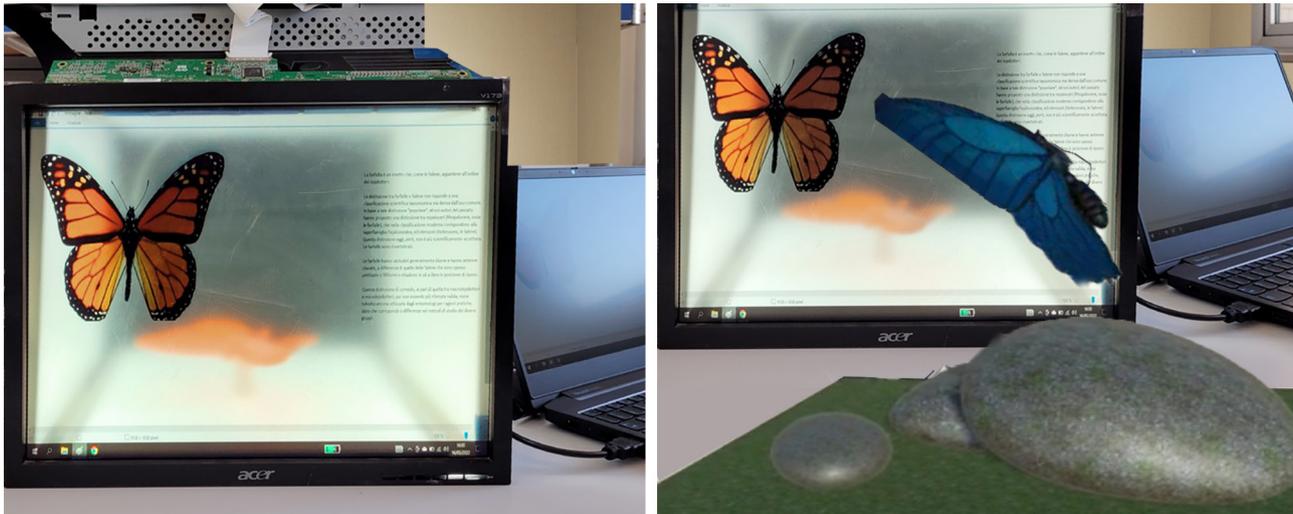


Fig. 8. Creazione del prototipo di teca multimediale con schermo LCD 4:3: A) disegno del prototipo; B) schema di funzionamento; C) fasi di ingegnerizzazione (elaborazione degli autori).

Fig. 9. Da sinistra a destra, prototipo della teca digitale per fruizione informativa e frame dell'applicazione in AR (elaborazione degli autori).



tattile del modello permettendo un'esperienza interattiva più verosimile con la sua riproduzione [Ballarin, Balletti, Vernier 2018, pp. 55-62], ripensando il percorso di visita abbattendo le barriere che ne garantivano la loro salvaguardia, integrato nell'informazione virtuale attraverso tecnologie di fruizione aumentata.

L'orizzonte che apre la stampa 3D di elementi resi interattivi, eventualmente scalabili, consente nella fruizione non solo la condivisione informativa per gli ipovedenti, ma propone anche un modo per diversificare l'*edutainment*, aggiungendo il senso del tatto all'esperienza museale [Sdegno 2018, pp. 256-271].

Fruizione di modelli visivi aumentati in uno *showcase* digitale

In linea con gli obiettivi di ampliare l'esperienza informativa alle diverse categorie di fruitori delle collezioni scientifiche del MUSA, la sperimentazione ha sviluppato un prototipo digitale di integrazione tra reale e virtuale [Papa, Antuono, Cerbone 2020, pp. 41-50], con la creazione di una teca che, ampliando i tradizionali si-

stemi informativi museale (pannelli, audioguide, guide professionali), consente di interagire con la riproduzione materica in scala dei modelli aptici [Wilson et al. 2018, pp. 445-465] e di approfondire le risorse digitali degli oggetti digitali associati, in un'esperienza immersiva e aumentata utile alla conservazione e divulgazione del patrimonio collezionistico negli spazi delle sale del polo museale.

Pertanto, a partire dalla digitalizzazione dei reperti delle collezioni scientifiche caricabili nell'asset della *multiplatform videogame engine Unity*, è stata sviluppata un'applicazione AR, che sintetizza nella scena virtuale l'informazione associata ad ogni elemento/reperto.

Il progetto è stato configurato per il sistema operativo Android, utilizzando un template predefinito di *Unity* per app 3D (fig. 7). In particolare, per la creazione della scena, sono stati predisposte le modalità di interazione grafo-visiva AR per il riconoscimento di immagini e modelli target e quindi per consentire l'interattività con il modello reale tanto nelle funzioni fondamentali di *motion tracking*, ovvero comprendere e monitorare la sua posizione rispetto al mondo (individuando dei punti chiave nell'ambiente reale e tenendo traccia di come

si spostano nel tempo), quanto di comprensione ambientale, per rilevare le dimensioni e la posizione dello spazio e del supporto alla fruizione aumentata, valutando le condizioni di illuminazione correnti dell'ambiente, ottimizzando il rendering degli oggetti 3D.

Cosicché, nello strutturare i contenuti digitali di supporto a una fruizione museale, sono state sfruttate le potenzialità di alcune piattaforme, a integrazione di *Unity*, capaci di far interagire il visitatore con l'oggetto prototipo esposto tramite dispositivo. In particolare, *Vuforia Engine*, per lo sviluppo dell'applicazione in realtà aumentata e per l'*image target tracking* del contenuto virtuale nella sovrapposizione con lo spazio museale dedicato nel dialogo diretto con *Unity*. In aggiunta, *Visual Studio*, per la creazione di modelli di animazione associati al *model target*, attraverso la definizione di uno script in linguaggio *C#*, gestito in *model target generator* che consente il *model target tracking* e la riconversione dei modelli 3D nel database online *Vuforia Developer Portal*, ovvero riconoscere, tramite dispositivo, il prototipo materico e avviare il contenuto digitale associato.

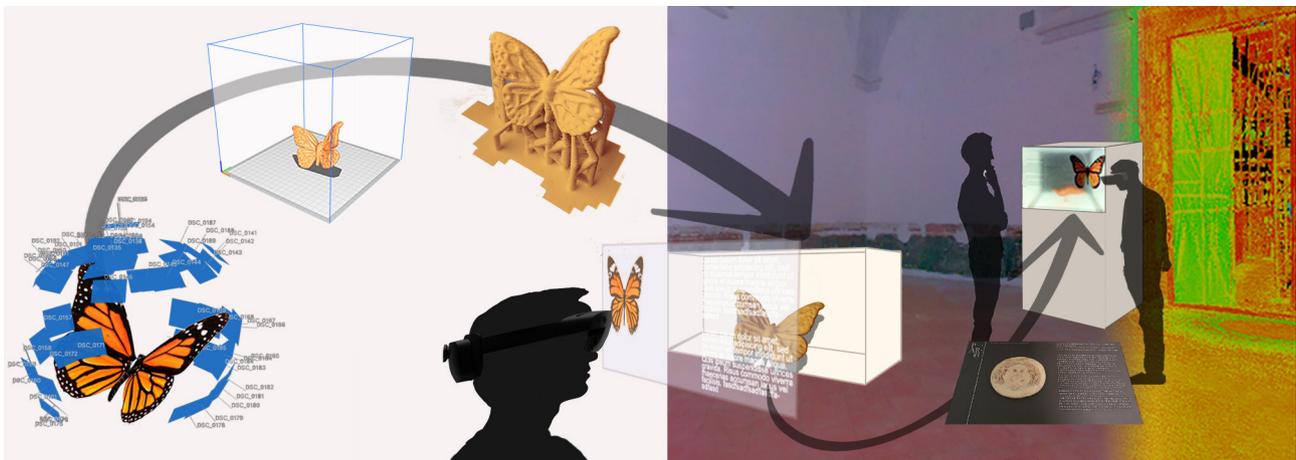
Per la creazione delle *image target* sono state selezionate alcune fotografie dei reperti delle specie scelte per la sperimentazione, caricate successivamente sul *developer portal* di *Vuforia* al fine di rendere l'immagine riconoscibile dai dispositivi e importate in *Unity*. La fase successi-

va è stata quella di associare i contenuti informativi da mostrare agli utenti, con una immagine o video della composizione del reperto esposto, nonché una breve descrizione con i dati condivisi scientifici correlati alla collezione naturalistica.

Nel contempo il modello virtuale del reperto è stato finalizzato nel *model target generator*, convertito poi nel set di dati *Vuforia Engine*, attraverso la definizione dei parametri di: *model up vector*, per stabilire la posizione e la direzione dell'oggetto; *model units*, per dimensionare l'oggetto e validare la corrispondenza tra oggetto digitale e fisico; *complexity*, per valutare il grado di dettaglio della superficie poligonale che descrive il modello digitale per la agevole fruizione in dispositivi mobili in tempo reale (cellulari o visori AR); *model type*, per tipizzare il modello come *3D Scan*, ovvero creato da texture fotogrammetriche; *motion hint*, per gestire la tipologia di movimento dell'oggetto, in modalità dinamico, durante la fase di riconoscimento con dispositivo AR; *Guide Views*, come supporto per il riconoscimento dell'oggetto e la creazione di diverse di viste, sia nella sovrapposizione del modello digitale alla sagoma del modello fisico, sia nella visualizzazione d'insieme a 360° per una migliore esperienza immersiva.

A questo punto è stato possibile associare al *model target*, precaricato in *Unity*, i contenuti digitali immersivi che hanno riguardato interazioni e animazioni dell'og-

Fig. 10. Verso la proposta progettuale: dallo schema finale di fruizione al progetto esposizione (elaborazione degli autori).



getto, strutturate e animate secondo la creazione di uno script specifico in linguaggio C# in *Visual Studio*. Per il caso specifico in esame di una specie volatile, ciò ha permesso di far volare e ruotare l'oggetto per apprezzarne la struttura e il colore. Quest'ultima caratteristica, in particolare, non sarebbe apprezzabile dal solo modello fisico privo della *texture* (fig. 8).

Difatti, il coinvolgimento dell'utente richiede l'integrazione di strumenti efficaci di fruizione culturale, pensati, nel caso specifico, nell'integrazione di nuove modalità di fruizione informativa [Empler 2018, p. 13.10], e nell'iterazione del modello reale e quello virtuale, attraverso la realizzazione di una teca digitale dove esporre l'oggetto rilevato, connesso in una esperienza di realtà aumentata, fruibile anche in una maniera tradizionale su schermo trasparente [Bimber, Encarnaçao, Schmalstieg 2003, pp. 87-95].

In particolare, per la creazione della teca espositiva, i componenti di un monitor LCD Acer sono stati ricomposti in uno *showcase* digitale, strutturato per inserire il prototipo materico in un "new space" tra i diversi *layers* del LCD e la *backlight* (fig. 8). La teca è stata dimensionata e progettata per essere dotata di un nuovo sistema di retroilluminazione, per mezzo di 5 LED da 40W e 3600 LM, per ottenere una luminosità uniforme e una perfetta visibilità del contenuto digitale a schermo, che funge da vetro anteriore di protezione dell'oggetto esposto (fig. 9).

Lo schermo è stato poi collegato a un computer esterno per la condivisione dei contenuti e il sistema di tracking dell'app AR è stato adattato per la teca e l'oggetto stampato. Ne è derivato così un prototipo che, nell'integrazione delle fasi di ricostruzione digitale ed integrazione tra reale e virtuale [D'Acunto 2012, pp. 273-278], è collocato nell'ambiente museale con riferi-

mento alle condizioni di illuminazione naturale in modo che non interferiscano con la corretta fruizione digitale dei contenuti (fig. 10).

Conclusioni e sviluppi futuri

L'obiettivo, di digitalizzare e modellare il patrimonio delle collezioni scientifiche – in accordo con il MUSA per la nuova esposizione museale del settore entomologico e zoologico –, è stato raggiunto evidenziando il supporto delle nuove tecnologie che, se criticamente integrate, possono ampliare la conoscenza degli artefatti nell'interconnessione tra reale e virtuale, rispondendo positivamente alla questione contenuto-contenitore su cui si fonda l'idea di museo. Va sottolineato che il lavoro sin qui svolto è da intendersi come un processo altamente sperimentale; in considerazione soprattutto degli sviluppi futuri, che si stanno spingendo all'integrazione dello *showcase touch* [Yang, Wang 2009, p. 75132U], non è un punto di arrivo ma di partenza per ulteriori sperimentazioni che possano approfondire alcune problematiche quali la mancanza di autenticità del bene che si differenzia dall'originale per materiali, colori, *texture* e i più minuti dettagli. Per cui tale contributo rappresenta un primo tassello per il recupero del modello materico nel tramite della prototipazione rapida e nell'integrazione con la fruizione aumentata, indirizzato a un uso divulgativo e di ricerca garantendo la protezione di collezioni delicate, fragili e di grande valore scientifico che hanno bisogno, quindi, di essere salvaguardate grazie all'applicazione delle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Crediti

Il contributo è frutto del lavoro di ricerca congiunto degli autori, con il supporto operativo del dott. ing. Carlo Segretario, nell'ambito delle attività del RemLab (Laboratorio di Rilievo e Modellazione), del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale dell'Università Federico II di Napoli, con la disponibilità del MUSA nella figura del prof. Stefano Mazzoleni, Direttore del Centro Museale, per le attività di acquisizione

delle collezioni scientifiche. In particolare, P. D'Agostino è autore dei paragrafi *Introduzione* e *Dal reale al virtuale e ritorno. Un'esemplificazione di metodo*; P. Vindrola è autore del paragrafo *Dal rilievo al prototipo dei reperti delle collezioni scientifiche*; G. Antuono è autore del paragrafo *Fruizione di modelli visivi aumentati in uno showcase digitale*; infine *Conclusioni e sviluppi futuri* sono in comunione tra gli autori.

Autori

Pierpaolo D'Agostino, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II, pierpaolo.dagostino@unina.it
Giuseppe Antuono, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II, giuseppe.antuono@unina.it
Pedro Vindrola, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Napoli Federico II, pedrogabriel.vindrola@unina.it

Riferimenti bibliografici

- Allam, Z., Sharifi, A., Bibri, S.E., Jones, D.S., Krogstie, J. (2022). The Metaverse as a Virtual Form of Smart Cities: Opportunities and Challenges for Environmental, Economic, and Social Sustainability in Urban Futures. In *Smart Cities*, vol. 5, n. 3, pp. 771-801.
- Ballarin, M., Balletti, C. Vernier, P. (2018). Replicas in cultural heritage: 3D printing and the museum experience. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-2, pp. 55-62.
- Bertacchini, E., Morando, F. (2013). The Future of Museums in the Digital Age: New Models of Access and Use of Digital Collections. In *International Journal of Arts Management*, vol. 15, n. 2, pp. 60-88.
- Bimber, O., Encarnação, L. M., Schmalstieg, D. (2003). The virtual showcase as a new platform for augmented reality digital storytelling. In *Proceedings of the Workshop on Virtual Environments 2003*, pp. 87-95. ACM.
- Bolognesi, C., Aiello, D. (2020). LEARNING through SERIOUS GAMES: A DIGITAL DESIGN MUSEUM for EDUCATION. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLIII-B5, pp. 83-90.
- Cameron, F. (2010). Museum Collections, Documentation, and Shifting Knowledge Paradigms. In P. Ross (Ed). *Museums in a Digital Age*, pp. 80-95. London: Routledge.
- Cicerchia, A., Solima, L. (2020). *E ora...? Primi risultati dell'indagine condotta sui pubblici dei musei italiani durante il lockdown*. Rapporto di ricerca, Mibact - Dg Musei, dattiloscritto, pp. 1-27.
- D'Acunto, G. (2012). Augmented Reality and Museum Exhibition. The Reconstruction of the Statues of The Tribuna of Palazzo Grimani in Venice. In A. Giordano, M. Russo, R. Spallone (Ed.). *Representation Challenges. Augmented Reality and Artificial Intelligence in Cultural Heritage and Innovative Design Domain*, pp. 273-278. Milano: FrancoAngeli.
- D'Agostino, P., Antuono, G. Elefante, E. (2022). Management and Dissemination for Dismissed Religious Architecture. An Approach Fusing HBIM and Gamification. In *EGA 2022: Architectural Graphics*, vol. 2, Graphics for Knowledge and Production, pp. 399-407. Berlin: Springer.
- Empler, T. (2018). Traditional Museums, virtual Museums. Dissemination role of ICTs. In *DISEGNARECON*, vol. 11, n. 21, pp. 13.1-13.19.
- Hooper-Greenhill, E. (2003). Nuovi valori, nuove voci, nuove narrative: l'evoluzione dei modelli comunicativi nei musei d'arte. In S. Bodo (a cura di). *Il museo relazionale. Riflessioni ed esperienze europee*, pp. 1-40. Torino: Fondazione Giovanni Agnelli.
- Huggett, J. (2020). Virtually real or really virtual: towards a heritage metaverse. In *Studies in Digital Heritage*, vol. 4, n. 1, pp. 1-15.
- Huhtamo, E. (2010). On the Origins of the Virtual Museum. In R. Parry (Ed.). *Museums in a Digital Age*, pp. 121-135. London: Routledge.
- Ippoliti, E., Albinini, P. (2016). Musei Virtuali. Comunicare e/è rappresentare. In *DISEGNARECON*, vol. 9, n. 17 pp. E1-E15.
- Kang, Y., Yang, K. C. C. (2020). Employing Digital Reality Technologies in Art Exhibitions and Museums: A Global Survey of Best Practices and Implications. In G. Guazzaroni, A. S. Pillai (Ed.). *Virtual and Augmented Reality in Education, Art, and Museums*, pp. 139-161. Hershey, Pennsylvania: IGI Global.
- Khunti, R. (2018). The Problem with Printing Palmyra: Exploring the Ethics of Using 3D Printing Technology to Reconstruct Heritage. In *Studies in Digital Heritage*, vol. 2, n. 1, pp. 1-12.
- Liva, G. (2021). Digital identities. Technologies for the Conservation, Reconstruction and Fruition of the Sculptural Heritage. *DISEGNARECON*, vol. 14, n. 27, pp. 12.1-12.20.
- Neumüller, M., Reichinger, A., Rist, F., Kern, C. (2014). 3D Printing for Cultural Heritage: Preservation, Accessibility, Research and Education. In M. Ioannides, E. Quak (Ed.). *3D Research Challenges in Cultural Heritage*, pp. 119-134. Berlin: Springer.
- Oppitz, M., Tomsu, P. (2018). Building the Internet. In M. Oppitz, P. Tomsu (Ed.). *Inventing the Cloud Century. How Cloudiness Keeps Changing Our Life, Economy and Technology*, pp. 201-227. Berlin: Springer.
- Papa, L. M., Antuono, G., Cerbone, A. (2020). Re-construction and virtual fruition of a fourteenth-century religious architecture. In C. Gambardella, C. Cennamo, M. L. Germanà, M. F. F. Shahidan, H. Bougdah (Ed.). *Advances in Utopian Studies and Sacred Architecture*, pp. 41-50, IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development. Springer-ASTI Book Series.
- Parry, R. (2010). The practice of Digital Heritage and the Heritage of Digital Practice. In R. Parry (a cura di). *Museums in a Digital Age*, pp. 1-8. London: Routledge.
- Sdegno, A. (2018). Rappresentare l'opera d'arte con le tecnologie digitali: dalla realtà aumentata alle esperienze tattili. In A. Luigini, C. Pancirolli (a cura di). *Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio*, pp. 256-271. Milano: FrancoAngeli.
- Sherman, W. R., Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: interface, application, and design*, Second Edition. Elsevier Morgan Kaufmann.
- UNESCO (2015). *Recommendation concerning the Protection and Promotion of Museums and Collections, their Diversity and their Role in Society*. <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002463/246331m>> (consultato il 25 giugno 2022).
- Yang, T., Lu, Y., Wang, Y. (2009). Novel interactive virtual showcase based on 3d multitouch technology. In *2009 International Conference on Optical Instruments and Technology: Optoelectronic Imaging and Process Technology*, vol. 7513, p. 75132U. International Society for Optics and Photonics.
- Wilson, P. F., Stott, J., Warnett, J. M., Attridge, A. Smith, M. P., Williams, M. A. (2018). Evaluation of Touchable 3D-Printed Replicas in Museums. In *The Museum Journal*, vol. 60, n. 4, Wiley, pp. 445-465.