



**Politecnico  
di Torino**

Dipartimento di Architettura e Design

Corso di laurea triennale in Design e comunicazione visiva

A.A. 2024-2025

**Modellazione digitale ricostruttiva in ambito  
museale e digitalizzazione di opere museali  
in ambienti virtuali**



Relatrice:  
**Roberta Spallone**  
Correlatrice:  
**Francesca Ronco**

Candidato:  
**Alessandro Marzolla**



Grazie a tutti quelli che mi hanno supportato in questo percorso della mia vita, a chi mi ha insegnato cosa vuol dire non mollare, a chi mi ha fatto capire cosa volevo essere, a chi mi ha fatto passare periodi belli e brutti e grazie soprattutto a chi c'è e a chi non c'è più...

# INDICE

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>6</b>
1.1	La collaborazione con il MAO	6
1.1.1	La storia del MAO	7
1.1.2	La collezione	8
1.2	Le esperienze digitali del museo	10
1.2.1	Tour delle cinque gallerie	10
1.2.2	Collaborazione con Google Arts & Culture	11
1.2.3	Collaborazione con LD Multimedia	11
<b>2</b>	<b>L'opera considerata, il contesto culturale e geografico, le altre opere esposte nella sala</b>	<b>12</b>
2.1	Il Tamon-Ten	12
2.1.1	La storia dell'opera	12
2.1.2	L'orientamento e il posizionamento all'interno del tempio	13
2.2	La composizione e struttura di Tamon-Ten	15
2.2.1	La composizione "a strati"	15
2.2.2	La tecnica di esecuzione dell'opera	16
2.3	Lo stato di conservazione dell'opera	18
2.3.1	Lo stato di conservazione	18
2.3.2	L'intervento di restauro	20
<b>3</b>	<b>La digitalizzazione nell'arte</b>	<b>22</b>
3.1	La digitalizzazione nei musei	22
3.1.1	Cosa si intende per digitalizzazione	22
3.1.2	L'innovazione tecnologica in ambito museale	24
3.2	La modellazione tridimensionale virtuale	26

<b>3.3 Casi studio</b>	<b>30</b>
3.3.1 Digitalizzazione e gemello digitale della mostra “L’altro rinascimento - Ulisse Aldrovandi e le meraviglie del mondo”	30
3.3.2 Mostra multimediale “Germanico Cesare... a un passo dall’Impero”	32
3.3.3 Progetto MusicAI: con la musica l’intelligenza artificiale genera l’arte figurativa	34
<b>4 L’esperienza digitale progettata sul caso studio</b>	<b>36</b>
<b>4.1 La preparazione</b>	<b>36</b>
4.1.1 La fotogrammetria e le sue applicazioni	36
<b>4.2 Gli strumenti utilizzati</b>	<b>38</b>
4.2.1 Metashape	38
4.2.2 Blender	40
4.2.3 CapCut	42
<b>4.3 La realizzazione dell’esperienza digitale</b>	<b>44</b>
4.3.1 Lo storytelling e la realizzazione del video	44
<b>4.4 L’impatto dell’esperienza digitale sul cervello</b>	<b>46</b>
<b>4.5 Possibilità di installazioni museali</b>	<b>48</b>
<b>5 Conclusioni finali</b>	<b>52</b>
<b>5.1 Valutazione finale del progetto</b>	<b>52</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>56</b>
<b>Sitografia</b>	<b>59</b>

# 1 Introduzione

La presente tesi si propone di esplorare l'applicazione delle tecnologie digitali per l'esplorazione del patrimonio culturale giapponese, con particolare riferimento alla statua Tamon Ten, del periodo Edo (17° secolo). L'obiettivo principale del lavoro è la ricostruzione virtuale della statua attraverso un processo di fotogrammetria e ristrutturazione, con l'intento di trasporla in un'esperienza museale nella realtà digitale. La metodologia adottata ha previsto, in primo luogo, l'acquisizione di immagini della statua finalizzate alla ricostruzione del modello 3D della statua. Successivamente, il modello tridimensionale è stato creato utilizzando il software Metashape e rifinito su Blender, con interventi di cor-

rezione delle geometrie e delle texture, al fine di ripristinare dettagli mancanti e ottenere un modello il più possibile aderente all'originale. Una volta completata la modellazione è stata creata un'esperienza digitale inserendo il modello tridimensionale della statua che riflette il contesto storico e culturale del periodo Edo, esplorandola nella sua composizione e struttura grazie allo storytelling progettato per essa. L'esperienza museale virtuale contribuisce anche alla conservazione del patrimonio e alla promozione della fruizione culturale in contesti digitali, proponendo un nuovo modo di esplorare e conoscere il patrimonio storico-artistico giapponese.

## 1.1 La collaborazione con il MAO

Per realizzare il progetto di digitalizzazione dell'opera scelta è stato necessario collaborare con il Museo di Arti Orientali di Torino (fig. 1), che ci ha permesso di effet-

tuare i rilievi necessari, per poi continuare con lo sviluppo del modello 3D e successivamente dell'esperienza digitale.



Fig. 1: Entrata del MAO di Torino, fronte del Palazzo Mazzonis

## 1.1.1 La storia del MAO

Il palazzo che oggi ospita il Museo di Arti Orientali ha vissuto molti periodi importanti della cultura di Torino. Esso è passato da essere una residenza della nobiltà sabauda ad essere una sede di un'industria tessile dell'ottocento, attraversando poi i difficili anni legati al terrorismo, fino a diventare nel 2008 quello che noi oggi conosciamo come il MAO, un ponte di connessione fra la cultura orientale e occidentale.

Per oltre 300 anni il palazzo fu la casa della famiglia Solaro, molto importante nel periodo dell'aristocrazia piemontese. I Solaro, provenienti da Asti, avevano creato il loro impero grazie all'avvio di attività mercantili e bancarie, già dal 1200, entrando a far parte dell'amministrazione sabauda. I protagonisti della storia politica del Ducato di Savoia furono Carlo Albertino I e suo figlio Emanuele Filiberto Solaro, che hanno ricevuto incarichi importanti come governatori e ambasciatori.

Nel 1700 Francesco Amedeo Ludovico Solaro fece eseguire diversi lavori di ristrutturazione per rendere il palazzo degno del loro status. Questi lavori danno ancora oggi il look elegante e prestigioso di una residenza sabauda importante. Nonostante questi lavori, nel 1830 il palazzo passò all'altro ramo della famiglia Solaro. Successivamente il palazzo fu venduto a Paolo Mazzonis, capo di un'industria tessile, che fece adibire il piano terra agli uffici della sua azienda, andando avanti per circa un secolo.

Nel 1960, con la chiusura dell'industria di Mazzonis, l'edificio rimase senza utilizzo, fino al 1980, quando la città di Torino decise di acquistarlo e di fare un ulteriore lavoro di ristrutturazione per ospitare gli Uffici Giudiziari. Infatti in quegli anni il

palazzo divenne la sede dei più importanti casi giudiziari legati agli Anni di Piombo, un capitolo che segnò l'Italia intera.

La trasformazione in museo iniziò poi nel 2004, con un progetto di restauro affidato agli architetti Durbiano, Isola e Reinerio, concluso nel 2008. Questo intervento vide la realizzazione di un padiglione vetrato nel cortile interno, ispirato ai giardini giapponesi, e la creazione di spazi interni per ospitare la collezione del MAO. Il progetto di ristrutturazione museale ha permesso all'edificio di accogliere nel migliore dei modi le opere scelte, secondo i metodi espositivi moderni, mantenendo inalterata la storia del palazzo.

Per l'allestimento sono state sistemate circa 2300 opere, provenienti da depositi e magazzini diversi. Le opere esposte vanno dal periodo del Neolitico fino al 1900, organizzate in cinque gallerie diverse: Asia Orientale, Subcontinente Indiano, Regione Himalayana, Asia Centrale e Area Islamica. Ogni zona è stata progettata per mostrare il vero valore e i dettagli di ogni caratteristica culturale, con dei piedistalli e delle vetrine create apposta per garantire la corretta conservazione e la fruizione migliore di tutte le esposizioni.

Infine, nel 2015, venne eseguito un riallestimento, creando uno spazio dedicato alle installazioni temporanee, fino ad arrivare al giorno d'oggi, dove il MAO rappresenta un luogo di conservazione, un centro di dialogo tra le varie culture e un posto capace di comunicare la complessità delle tradizioni culturali orientali.<sup>1</sup>

1: MAO Torino, <https://www.maotorino.it/it/welcome/storia-e-allestimento/>, ultima consultazione: 28 Dicembre 2024.

## 1.1.2 La collezione

Come già detto in precedenza, molti collezionisti privati ed enti che possiedono magazzini, come il museo civico di Torino, hanno potuto arricchire la collezione del Museo di Arti Orientali, un contributo che ha reso il museo uno dei più importanti di Torino. Questa acquisizione delle opere è anche stata possibile grazie al contributo della Compagnia di San Paolo, che ha sostenuto l'integrazione museale, arricchendo l'esperienza offerta.

L'allestimento delle opere arrivate al

museo è stato curato dall'architetto Andrea Bruno, un esperto dell'UNESCO in restauro e conservazione, grazie anche al supporto del professor Franco Ricca, ex direttore del MAO. Oggi il museo ospita oltre 2500 opere, provenienti da regioni diverse dell'Asia e appartenenti ad epoche storiche che vanno dal Neolitico al XX secolo. All'interno del museo sono presenti anche 1400 reperti archeologici, scoperti durante gli scavi effettuati nei siti di Seleucia e Coche, in Iraq, e risalenti al periodo pre-islamico.



Fig. 2, 3, 4: Opere della collezione della regione Himalayana



Fig. 5: Sezione della galleria del Giappone

Per gestire una collezione così ampia, le opere sono state suddivise in cinque sezioni, basate soprattutto sul contesto storico e sulla posizione geografica:

- La sezione dell'Asia Meridionale (fig. 6) e del Sud-Est Asiatico comprende delle opere di influenza induista e buddhista, con caratteristiche culturali specifiche di ogni area.
- La sezione della Cina ospita dei reperti che vanno addirittura dal 3000 a.C. al 900 d.C., esponendo vasellami, bronzi e opere dei periodi Han e Tang.
- La sezione della Regione Himalayana contiene opere provenienti dal Tibet, Nepal, Bhutan e altre regioni, caratterizzate da una forte influenza della religione buddhista tantrica (fig. 2, 3, 4).
- La sezione del Giappone ospita paraventi e statue artigianali realizzate nel periodo Edo (fig. 5), rappresentando la cura e la tecnica di esecuzione delle

opere giapponesi dell'epoca.

- La sezione dei Paesi Islamici comprende l'Asia Centrale e il Mediterraneo, esponendo ceramiche, bronzi e manoscritti provenienti da epoche lontane, dal IX al XVII secolo.

Le cinque gallerie sono disposte su quattro piani diversi e il percorso di visita è stato studiato per guidare lo spettatore dall'occidente all'oriente, grazie anche alla presenza di un corridoio vetrato vicino all'entrata, che mostra i giardini giapponesi per com'erano realizzati all'epoca. Questa architettura permette un'introduzione suggestiva e simbolica, che rappresenta la ricchezza culturale di tutta l'Asia.<sup>2</sup>

2: MAO Torino, <https://www.maotorino.it/it/collezioni/>, ultima consultazione: 28 Dicembre 2024.



Fig. 6: Rituale di villaggio, opera della collezione dell'India

# 1.2 Le esperienze digitali del museo

Il MAO si differenzia per l'attenzione ai dettagli che coinvolgono il pubblico attraverso delle mostre e delle attività educative e ludiche. In questi ultimi anni il museo ha visto un'interesse sempre più

alto nell'utilizzo di tecnologie digitali per comunicare la cultura, collaborando con aziende come Google, LD Multimedia e altri enti, per offrire nuovi metodi di fruizione del patrimonio museale.

## 1.2.1 Tour delle cinque gallerie

Durante l'emergenza sanitaria del COVID il museo si è esteso anche al di fuori del palazzo che lo ospita, infatti sono stati creati dei contenuti digitali per attirare sempre più visitatori, includendo dei video informativi curati da esperti delle varie aree tematiche, dei video di radiografie delle opere per esplorare i loro interni e le varie tecniche di esecuzione, delle letture in museo di fianco alle opere e un tour guidato delle 5 gallerie (fig. 7), sfruttando la tecnologia del video 360°, per poter dare la libertà allo spettatore di poterdi

guardare attorno dove vuole durante la visita guidata di tutto il museo. Tutti questi materiali digitali sono stati caricati sul sito della fondazione torino musei digitale chiamato "InOnda", che ospita non solo i contenuti digitali del MAO ma anche risorse elettroniche e contenuti di molti altri musei, per rendere il tutto fruibile ad un pubblico più ampio possibile.<sup>3</sup>

3: InOnda, <https://inonda.fondazionetorinomusei.it/>, ultima consultazione: 30 Dicembre 2024.

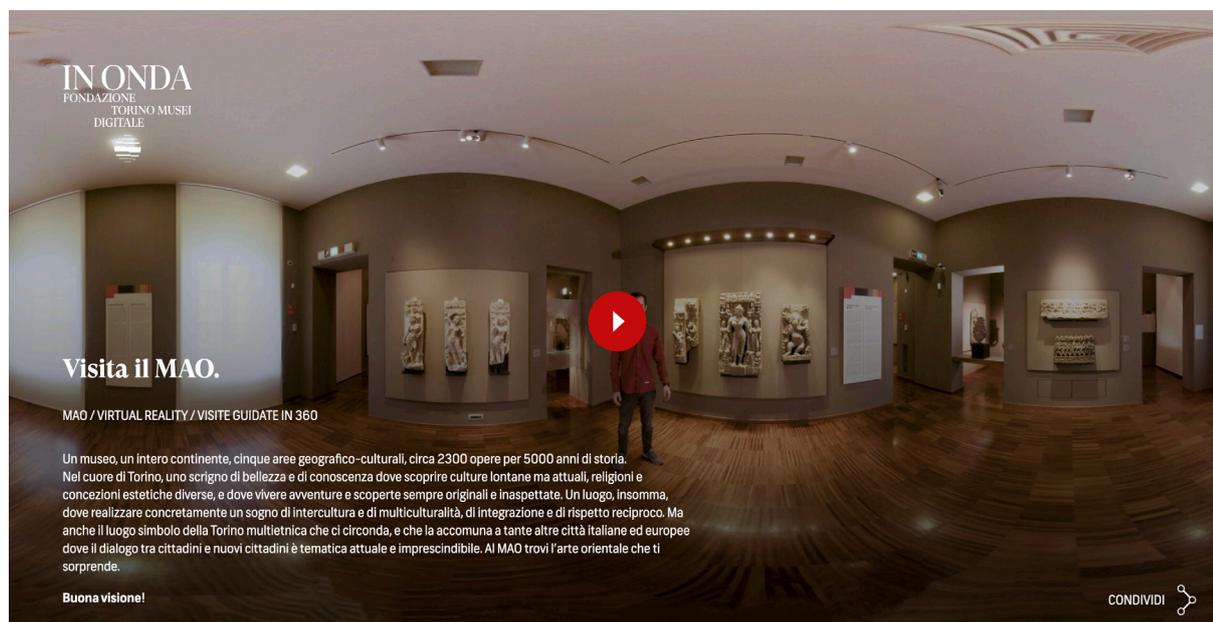


Fig. 7: Tour guidato delle cinque gallerie, con tecnologia a 360°

## 1.2.2 Collaborazione con Google Arts & Culture

Una delle prime collaborazioni digitali del MAO fu quella con Google Arts & Culture, dove attraverso questa piattaforma il museo ha reso disponibile la fruizione di una selezione delle proprie opere esposte (fig. 8), includendo le loro descrizioni e narrazioni tematiche e culturali, oltre a dei

tour virtuali che permettono di esplorare liberamente le sale interne. Questa collaborazione ha ampliato notevolmente il pubblico, riuscendo a raggiungere visitatori di tutto il mondo che non riescono a raggiungere il museo in presenza.<sup>4</sup>

4: Insideart, <https://artsandculture.google.com/partner/museo-d-arte-orientale?hl=it>, ultima consultazione: 30 Dicembre 2024.

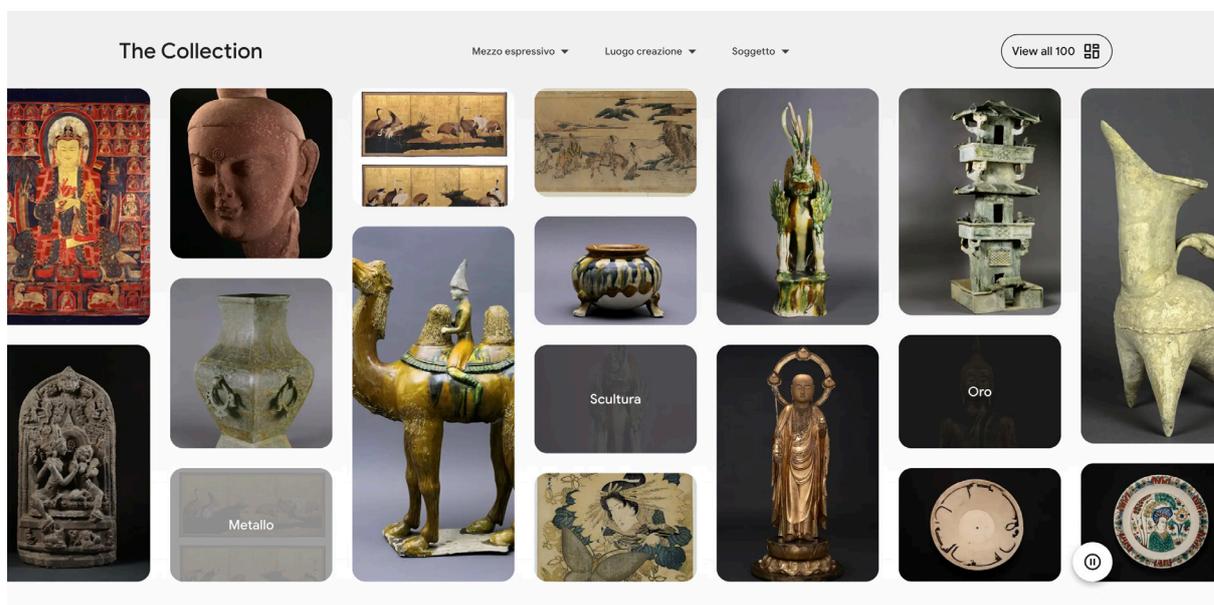


Fig. 8: Collezione del MAO inserita su Google Arts & Culture

## 1.2.3 Collaborazione con LD Multimedia

Successivamente il MAO ha collaborato con la startup di Torino di LD Multimedia per creare un tour virtuale guidato delle cinque gallerie, accessibile direttamente dal sito del museo. Grazie a questa collaborazione è stato creato anche un viaggio virtuale all'intero della Città Proibita di Pechino, ricostruita digitalmente in un modello tridimensionale. Il progetto è stato mostrato al pubblico durante un evento nel Salone Mazzonis, nel quale i visitatori hanno potuto sperimentare questo tour digitale. All'interno della simulazione era possibile esplorare l'intera Città Proibita seguendo delle indicazioni visive, il tutto

accompagnato da una melodia di sottofondo cinese tipica dell'epoca.<sup>5</sup>

Questa collaborazione ha aiutato molti visitatori, offrendo un'esperienza che approfondisce la visita msueale standard. Durante la visita in presenza il MAO fornisce anche delle audioguide sia in italiano che in inglese. Queste audioguide permettono ai visitatori di ascoltare i contenuti offerti e capire meglio le caratteristiche delle opere che stanno guardando, anche grazie ad un sistema di bollini identificativi che possono essere scansionati una volta arrivati di fonte all'opera.

5: Insideart, <https://insideart.eu/2016/02/22/mao-la-citta-proibita-rivive-son-oculus-rift/>, ultima consultazione: 30 Dicembre 2024.

# 2 L'opera considerata, il contesto culturale e geografico, le altre opere esposte nella sala

## 2.1 Il Tamon-Ten

### 2.1.1 La storia dell'opera

La statua scelta per questo progetto è il Tamon-Ten (conosciuto anche come Bi-shamon-Ten) (fig. 9), una statua giapponese realizzata in legno scolpito, proveniente dal periodo Edo. La statua rappresenta il guardiano del nord, uno dei quattro guardiani che proteggono i quattro orizzonti, situati sul monte Meru. Esso è anche visto come il capo dei re celesti, protettore del mondo e della legge Buddhista, dove a partire dal IX secolo diventa un oggetto di culto popolare in Giappone, rendendolo indipendente dagli altri guardiani e venerato come dio della prosperità.

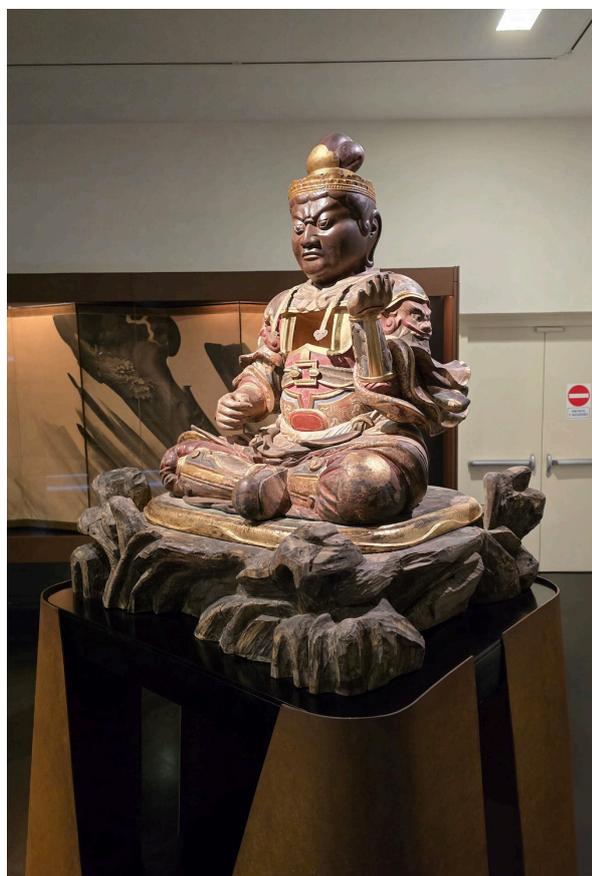


Fig. 9: La statua di Tamon-Ten

A differenza di molte altre statue di Tamon-Ten costruite in piedi (fig. 10), la statua scelta è raffigurata in posizione seduta con le gambe incrociate (posizione yogosana). Originariamente quest'opera sorreggeva nella mano sinistra uno stupa, un attributo giapponese con la funzione di conservare reliquie, mentre nella mano destra teneva il bastone della saggezza (fig. 10). Inoltre la scultura presenta una nicchia nel petto dove era conservata una statuetta del Buddha.

La faccia della scultura presa in considerazione ha un'espressione di minaccia e indossa un'armatura decorata con motivi

geometrici e ricche dorature, presenti nei dettagli più evidenti della veste. Sul dorso viene rappresentata una pelliccia di tigre e sul fronte sono stati disegnati dei fiori di loto stilizzati, mentre le spalle presentano dei protomi animali che evocano il makara indiano. Infine la testa è decorata con una corona dorata e i capelli sono raccolti da uno chignon. La base della statua è in legno ed è a forma di roccia, realizzata per rappresentare le rocce del Monte Meru.<sup>6</sup>

6: Pinin B. B., Emilio M., "Restaurare l'oriente", 49, (2008)

## 2.1.2 L'orientamento e il posizionamento all'interno del tempio

Le statue di Tamon-Ten potevano essere collocate in diverse posizioni e in diversi orientamenti, a seconda della connessione con il simbolismo religioso e l'architettura sacra di quel periodo. Le sculture venivano posizionate in modo tale da rappresentare protezione, prosperità e rispetto per la legge buddhista.

Le posizioni in cui erano disposte potevano essere le seguenti:

- Kondō (sala dorata): Situate nelle sale principali del tempio, i Tamon-Ten potevano essere raffigurati a fianco delle sculture delle altre divinità, come il Buddha o i Bodhisattva, in modo da formare una disposizione che sottolineava la funzione protettiva delle opere. Questa posizione centrale rispecchia l'importanza del tempio come luogo sacro, dove la venerazione era collettiva.
- Niōmon (cancello delle guardie): Spesso le statue di Tamon-Ten venivano posizionate vicino ai Nio, nei pressi dei cancelli principali, in modo tale da rappresentare la funzione di difensore del luogo sacro, bloccando quelle che erano considerate come forze maligne.
- Kairō (corridoi): In alcuni casi le statue di Tamon-Ten potevano essere posizionate lungo i corridoi, che conducevano al santuario centrale. In questa posizione le statue fungevano da guida spirituale per i visitatori e rafforzavano il senso di protezione lungo tutto il percorso del tempio.

Un'altra caratteristica che lega la statua al suo ruolo di guardiano è il suo orientamento. Essendo il guardiano del Nord la statua veniva posizionata rivolta verso Sud, rispecchiando il principio cosmologico comune nel buddhismo giapponese, dove si diceva che ogni guardiano celeste era rivolto nella direzione opposta a quella che proteggeva, per sbarrare il Nord da potenziali spiriti malvagi che provenivano da Sud.

In alcuni casi però le statue potevano essere disposti seguendo altre regole, come per esempio seguendo i mandala, che erano delle rappresentazioni simboliche della religione buddhista. Nel caso di Tamon-Ten la statua occupava il quadrante nord, creando un equilibrio sacro all'interno del tempio.

Diversi fattori spiegano le differenze nella disposizione e nell'orientamento della statua all'interno del tempio:

1. Le differenze potevano essere dettate dalla regione in cui veniva realizzata la statua. Le pratiche e le credenze locali influenzavano la disposizione delle statue, con delle differenze sottili ma significative. Per esempio nel Kansai la statua era di solito posizionata al centro della sala principale, nel Kantō invece Tamon-Ten si trovava più comunemente vicino ai cancelli d'ingresso o nei corridoi.

2. La posizione era anche influenzata dalla funzione del tempio. Infatti nei templi dedicati al culto dei Quattro Re Celesti Tamon-Ten poteva presentarsi in una posizione prominente accanto alle sue controparti (Jikokuten, Zōhōten e Kōmokuten), comunicando il loro ruolo nella protezione buddhista.
3. Infine le posizioni e gli orientamenti potevano anche essere modificati dai vari interventi di restauro dei templi giapponesi, portando ad interpretazioni moderne diverse da quelle che erano intese quando sono state realizzate le opere, nel periodo Edo.<sup>7</sup>

7: Kansai Odyssey, <https://kansai-odyssey.com/introduction-buddhist-statues/>, ultima consultazione: 2 Gennaio 2025.



Fig. 10: Statua di Bishamon-Ten all'interno del tempio Todai-ji di Nara, Giappone

## 2.2 La composizione e struttura di Tamon-Ten

### 2.2.1 La composizione “a strati”

Dopo un'analisi mirata a scoprire la composizione di Tamon-Ten, è stato possibile risalire alla tecnica di realizzazione dell'opera, compresi i materiali utilizzati e gli interventi di restauro e manutenzione effettuati nei vari anni. Da quest'analisi si può vedere che la statua è composta da cinque parti anatomiche differenti e modulari (fig. 12): uno chignon con un perno ligneo che si incastra in un apposito buco sopra alla testa (fig. 11), la quale si innesta sul tronco, che si appoggia sulle gambe incrociate, che a loro volta si appoggiano ad una base, quella che simula la roccia.

Le radiografie e tomografie eseguite da un gruppo di esperti e dal laboratorio Thierry Radelet hanno rilevato la presenza di molti blocchi lignei incollati fra di loro, con poche graffe metalliche e pochi chiodi utilizzati, a differenza del basamento dove essi sono stati molto più utilizzati. Attraverso un buco nel piede sinistro è possibile vedere la struttura interna con il telaio di incamottatura, riuscendo anche a vedere uno strato ancora più interno. Nonostante ciò, lo chignon e la testa sono composte da sottili strisce di carta con iscrizioni giapponesi, posizionate lungo le giunzioni dei masselli, mentre la base su cui poggia la statua non presenta né incamottatura e né carta.

La superficie della statua è stata preparata con uno strato bianco di carbonato di calcio, ottenuto con la macinazione di gusci di ostriche e la miscela con un legante proteico. La decorazione della statua, composta da tempera grassa, si distingue

per la sua complessità e ricchezza, prestando più attenzione alla decorazione dell'opera piuttosto che alla plasticità delle forme modellate.<sup>8</sup>

Fig. 11: Sezione longitudinale dello chignon

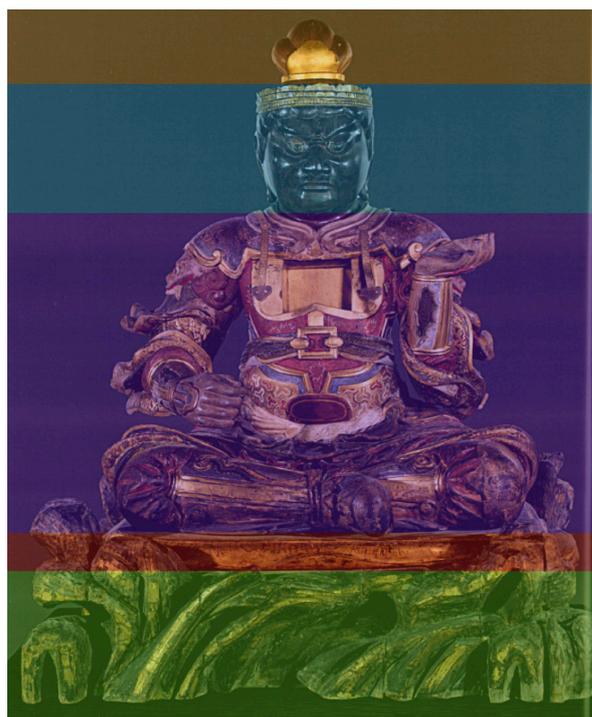
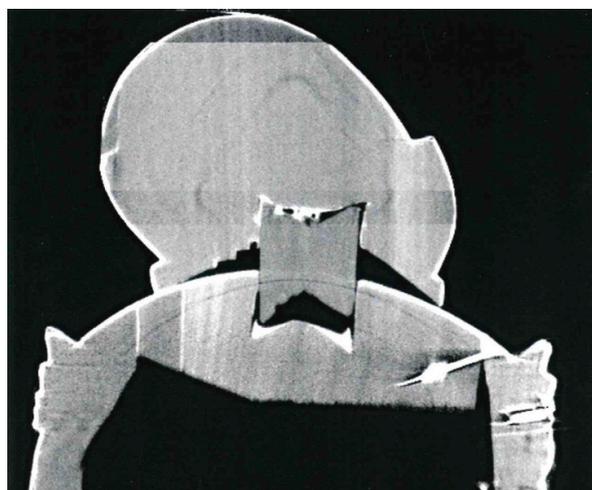


Fig. 12: Suddivisione delle sezioni anatomiche di Tamon-Ten

8: Pinin B. B., Emilio M., “Restaurare l’oriente”, 49, (2008)

## 2.2.2 La tecnica di esecuzione dell'opera

L'opera è stata realizzata con uno strato di fondo sottile e uniforme, sul quale sono stati applicati degli elementi decorativi in rilievo. Le decorazioni presentano molti colori, ma quelli che si vedono maggiormente sono il rosso, l'azzurro, il verde e il nero, con dei bianchi ottenuti sfruttando il colore naturale della preparazione dello strato inferiore (fig. 17). I colori creano un contrasto cromatico elevato e l'uso della lacca intensifica la brillantezza di essi. I colori sono stati ottenuti da pigmenti naturali, senza usare mescolanze (fig. 15, 16). Per gli azzurri è stato usato lo smaltino, per il rosso il cinabro, i verdi sono costituiti da pigmenti a base di rame, mentre per l'incarnato sono stati utilizzati pigmenti di terre, con una tonalità che va sul rosso-bruno.

Le vesti e l'armatura della statua sono arricchite da zone dorate realizzate con diverse tecniche di lavorazione. La doratura della corona e alcuni elementi dell'armatura è stata realizzata con l'applicazione di foglie d'oro su due strati, uno nero e l'altro rosso-arancione (fig. 18). Queste dorature sono oggi quasi del tutto perdute, visibili solo nelle zone delle ginocchia (fig. 20). La nicchia del petto e il fermaglio dello chignon presentano una doratura brunita, applicata su uno strato di urushi nero.

Un'altra tecnica utilizzata per creare le dorature è il moriage, simile alla pastiglia



Fig. 13: Particolare della tecnica di doratura moriage

occidentale, utilizzata per realizzare delle decorazioni in rilievo sulle superfici lignee, oppure su metallo e cuoio, che enfatizza le decorazioni dei fiori di loto e delle teste di drago sulle maniche dell'armatura. Il termine "moriage" (fig. 13) significa letteralmente "sollevare" o "accumulare" e si riferisce al rilievo causato dall'applicazione di molti strati di smalto o di pasta decorativa. Infine, gli accenti in oro sui capelli, sull'armatura e sulle vesti sono state realizzate con una polvere d'oro mescolata ad un medium, il tutto applicato con delle pennellate.

La base inferiore purtroppo risulta molto deteriorata e ha evidenziato una tecnica decorativa diversa da quelle usate per il personaggio. Infatti i colori di preparazione e la doratura sono meno raffinati e curati rispetto a quelli della statua intera. Inoltre sulle spalle sono presenti due fascette metalliche in rame dorato, che suggeriscono la presenza di due antine per chiudere la nicchia sul petto, ormai andate perse a causa dello stato di conservazione e del tempo.<sup>9</sup>



Fig. 14: Particolare delle decorazioni della "bretellina"

9: Pinin B. B., Emilio M., "Restaurare l'oriente", 50-53, (2008)

Fig. 15: Particolari della matericità della tecnica pittorica



Fig. 16: Particolare delle sottili decorazioni in oro "a conchiglia"



Fig. 17: Particolare della sovrapposizione delle stesure cromatiche su fondo chiaro

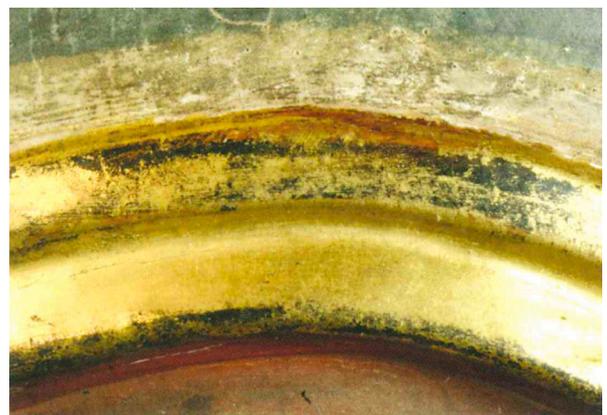


Fig. 18: Particolare dell'armatura nella zona della spalla: foglia d'oro, urushi nero e sotto urushi rosso-arancio

## 2.3 Lo stato di conservazione dell'opera

### 2.3.1 Lo stato di conservazione

La scultura in legno scolpito non presenta problematiche di elevata importanza, a parte alcune aree dove sono presenti delle lacune. Una di queste è la falange del dito della mano sinistra e alcuni buchi localizzati nelle aree dove gli elementi strutturali si incastrano, più evidenti nella zona della coscia destra e soprattutto nel basamento dove manca il telaio di incamottatura.

Gli strati preparatori e le tecniche di decorazione presentano diverse forme di degrado, infatti sulla superficie si può osservare un'elevata presenza di particolato, oltre a sollevamenti e a lacune della pellicola pittorica, come delle crepe e degli interventi di restauro. Le zone dove manca lo strato preparatorio mostra la presenza della tela di incamottatura, già confermata dalle radiografie precedentemente. Questa tela ha una densità di 30 fili per centimetro, appare di colore bruno ed è in ottimo stato di conservazione, a parte la zona del ginocchio destro, dove se si applica una leggera pressione si può notare la sua morbidezza.

Sul retro dello chignon invece è presente una lacuna dello strato preparatorio, dove si può vedere un frammento di carta decorato con iscrizioni giapponesi. La carta, applicata in strisce lungo le linee di giunzione dei masselli, è di colore grigio ed è conservata in ottime condizioni. Sono presenti diverse crepe lungo molti

strati preparatori della scultura, dovute ai movimenti degli elementi lignei nelle aree di giunzione (fig. 19). Sono anche molto evidenti i sollevamenti tra il supporto ligneo, la preparazione e la pellicola pittorica. Il telaio di incamottatura si può vedere in alcune zone, come sul piede, in un angolo del gonnellino e sulla veste lungo la gamba destra.

La superficie della statua è caratterizzata da una cretatura, un fenomeno del tempo che porta alla crepatura delle superfici, in modo particolarmente profondo nella parte posteriore (fig. 21).

La mano destra, analizzata tramite delle scansioni con la luce UV, non mostra nessuna fluorescenza, comunicandoci che potrebbe essere stata completamente ritoccata e che probabilmente non ha il telaio sottostante (fig. 25).

Sul volto l'indagine UV ha permesso di rilevare almeno due interventi di restauro principalmente sul lato destro (fig. 24), in corrispondenza di un massello gravemente danneggiato da insetti xilofagi, come confermato anche dalla radiografia.

Le bretelle metalliche presenti sul petto (fig. 14) della scultura mostrano delle zone ossidate, mentre sul retro della base sono presenti viti e chiodi probabilmente recenti.<sup>10</sup>

10: Pinin B. B., Emilio M., "Restaurare l'oriente", 54, (2008)



Fig. 19: Particolare della decorazione sulla spalla destra con danno dovuti al movimento dei masselli



Fig. 20: Particolare della decorazione sulle ginocchia: tracce della decorazione effettuata sulla foglia d'oro

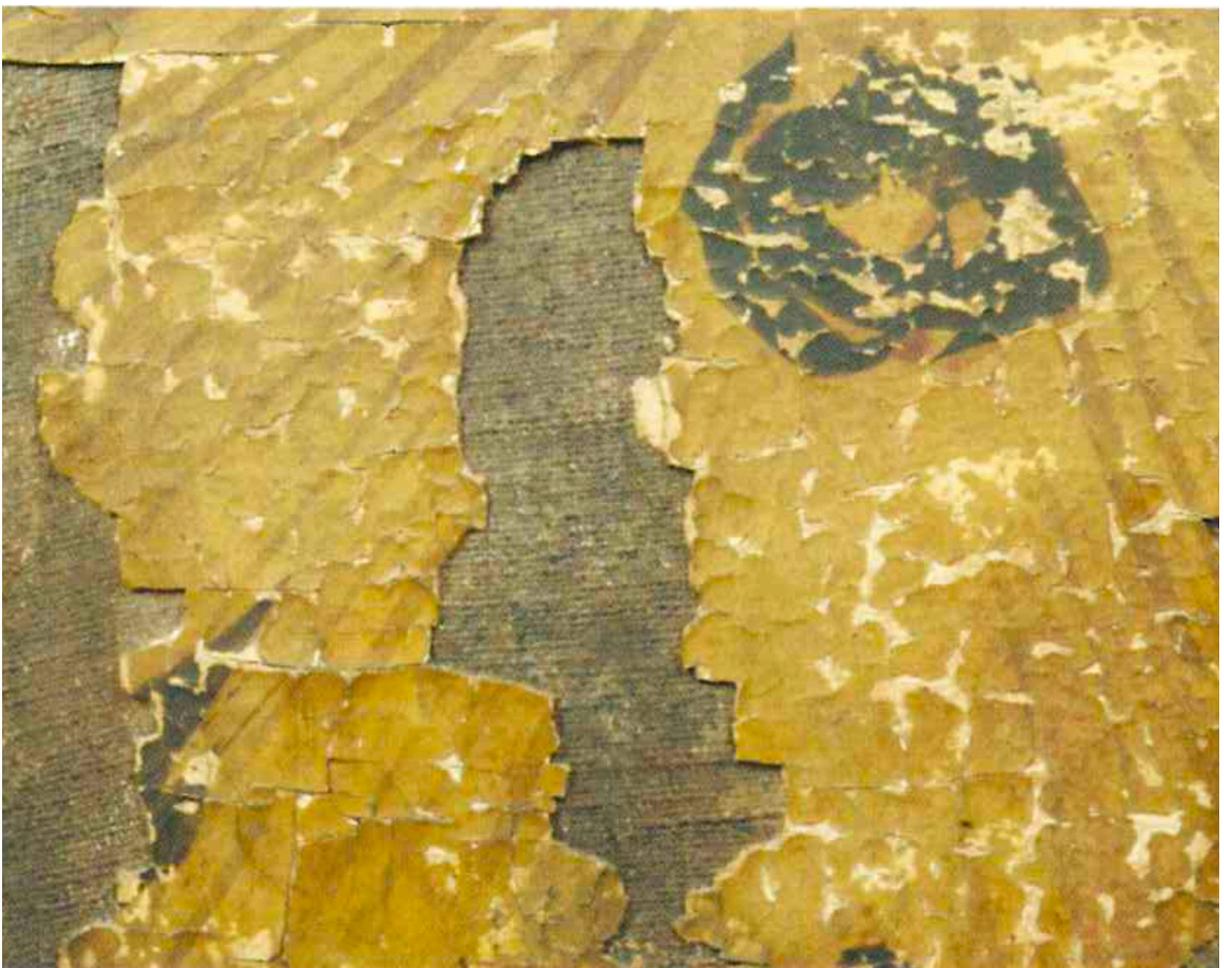


Fig. 21: Particolare delle lacune e delle crettature sulla parte posteriore della seduta

## 2.3.2 L'intervento di restauro

Per rendere la statua idonea all'esposizione museale è stato condotto un intervento più recente di restauro, consistito come prima parte nell'applicazione di perimetri- na con pennello, per effettuare una disin- festazione accurata completa. Dopodichè si è proceduto con il preconsolidamento delle parti di strati preparatori e delle pel- licole pittoriche sollevate, utilizzando una colla lapin.

Dopo una spolverata generale esegui- ta con un pennello morbido, sono state effettuate delle pulizie, evidenziando un'elevata sensibilità della pellicola pit- torica a contatto con l'acqua (fig. 22). La pulitura della policromia è stata eseguita con una soluzione grassa, composta da ligroina, acqua e tween 20, permettendo di rimuovere la sottile patina di particella- to. Le zone annerite dal tempo sono state pulite in modo più accurato, utilizzando la stessa soluzione arricchita per migliorare la qualità della policromia pulita.

Le due bretelle metalliche di Tamon-Ten, caratterizzate da ossidazioni, sono sta- te trattate con una soluzione capace di rimuovere gli effetti di corrosione.

Questo intervento ha incluso anche la ricostruzione della prima falange del dito

della mano sinistra (fig. 23), sempre uti- lizzando il legno Hinoki, tagliando il legno della misura richiesta e fissandolo alla mano della statua con una colla animale, scolpendolo in loco per conferirgli la forma più adatta. Dopodichè la superficie del dito è stata stuccata con uno strato di gesso sottile mischiato con la colla anima- le, ridipinto poi in modo tale da rispettare la policromia della statua tramite acque- rello.

Per finire, lungo tutta la scultura si è proceduto con un intervento di pittura integrativa, con lo scopo di arricchire nuovamente di colore le zone in cui la po- licromia risultava particolarmente sbiadita o assente a causa del degrado. Anche in questo caso si è utilizzato il pennello con acquerello per garantire un risultato armo- nioso che rispecchiasse la decorazione originale dell'opera.<sup>11</sup>

11: Pinin B. B., Emilio M., "Restaurare l'oriente", 55-57, (2008)



Fig. 22: Tassello preliminare alla pittura superficiale eseguito in corrispondenza dello chignon



Fig. 23: Particolare di una fase dell'intervento della ricostruzione del dito della mano sinistra

Fig. 24: Fluorescenza UV del volto

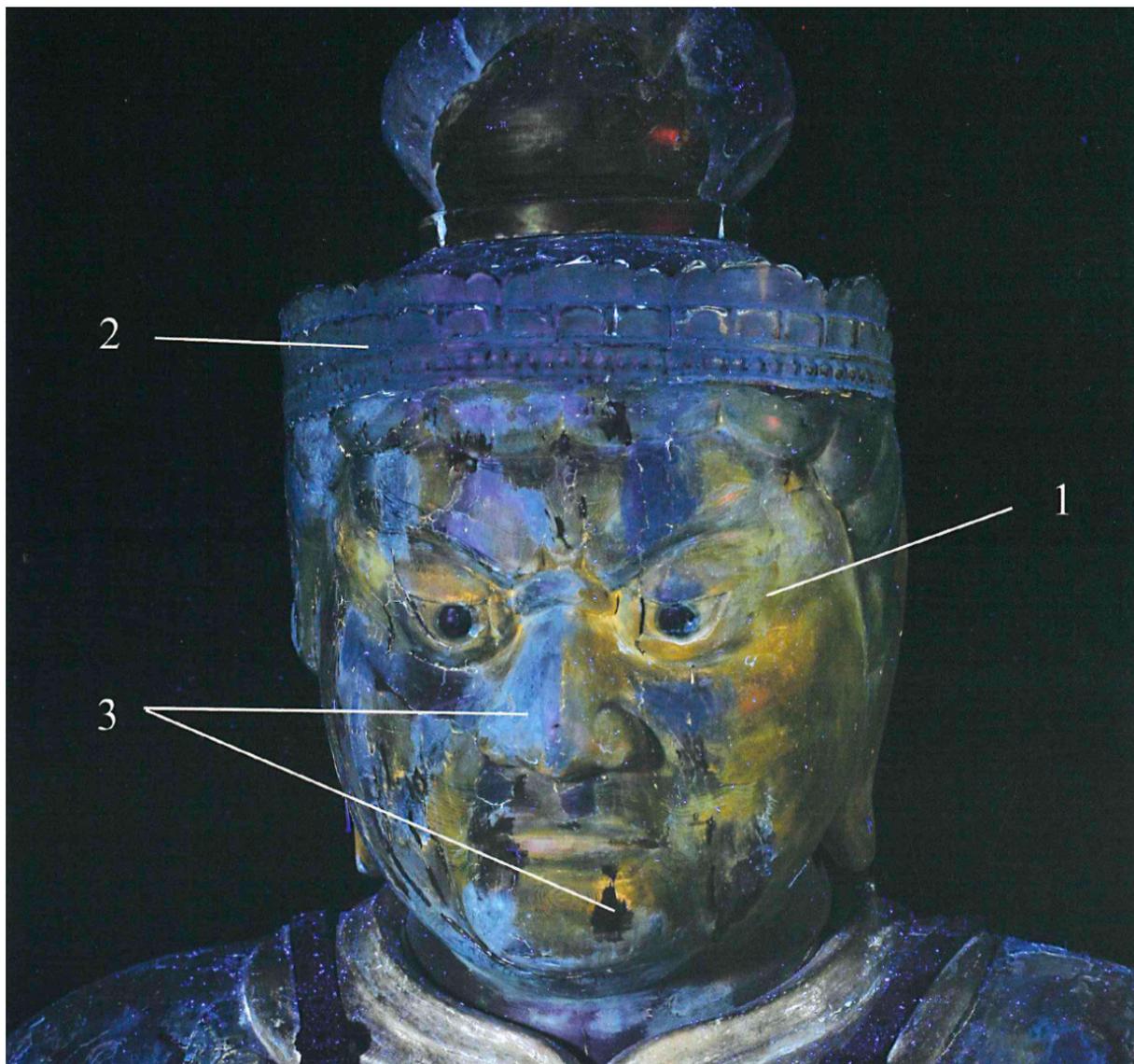


Fig. 25: Particolare della mano destra a fluorescenza UV

# 3 La digitalizzazione nell'arte

## 3.1 La digitalizzazione nei musei

### 3.1.1 Cosa si intende per digitalizzazione

La digitalizzazione è un processo fondamentale in ambito museale ma anche generalmente, che comporta la conversione di dati fisici o in formato analogico in dati digitali.

La digitalizzazione è la trasformazione di questi dati che consente una gestione e una fruizione del patrimonio culturale, diffondendolo in formato digitale e ampliando l'accessibilità del contenuto ad un pubblico più ampio, promuovendo l'innovazione tecnologica (fig. 26).

Nel contesto museale la digitalizzazione si riferisce al trasferimento delle riproduzioni artistiche in contenuti digitali di oggetti o opere d'arte, oltre che alla documentazione scientifica collegata. Questo processo promuove la conservazione, la gestione e la diffusione dei contenuti culturali in modo digitale, migliorando l'interazione con un pubblico più ampio, facilitando anche la ricerca scientifica, la didattica e la valorizzazione delle varie collezioni, garantendo una fruizione più inclusiva del patrimonio culturale.

La digitalizzazione facilita anche la creazione di nuovi modelli di business e l'implementazione di diverse strategie innovative, aprendo la strada all'innovazione economica e contribuendo allo sviluppo del settore culturale (fig. 27).

Nonostante tutti questi vantaggi la digitalizzazione comporta comunque numerose sfide, tra cui la necessità di garantire l'autenticità del lavoro e l'integrità di tutti i dati digitali, la protezione dei diritti d'autore e la gestione delle risorse digitali. Per eseguire una corretta digitalizzazione è necessario sviluppare delle strategie e delle politiche adeguate ad affrontare questi ostacoli che rendono tutto questo processo difficoltoso, nonostante sia un metodo efficace e pieno di vantaggi.<sup>12</sup>

12: Champion, E.. "Virtual heritage: New tools for interaction and engagement." *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 21, (2021)

Fig. 26: Haltadefinizione, digitalizzazione di Giuditta e Oloferne, Caravaggio

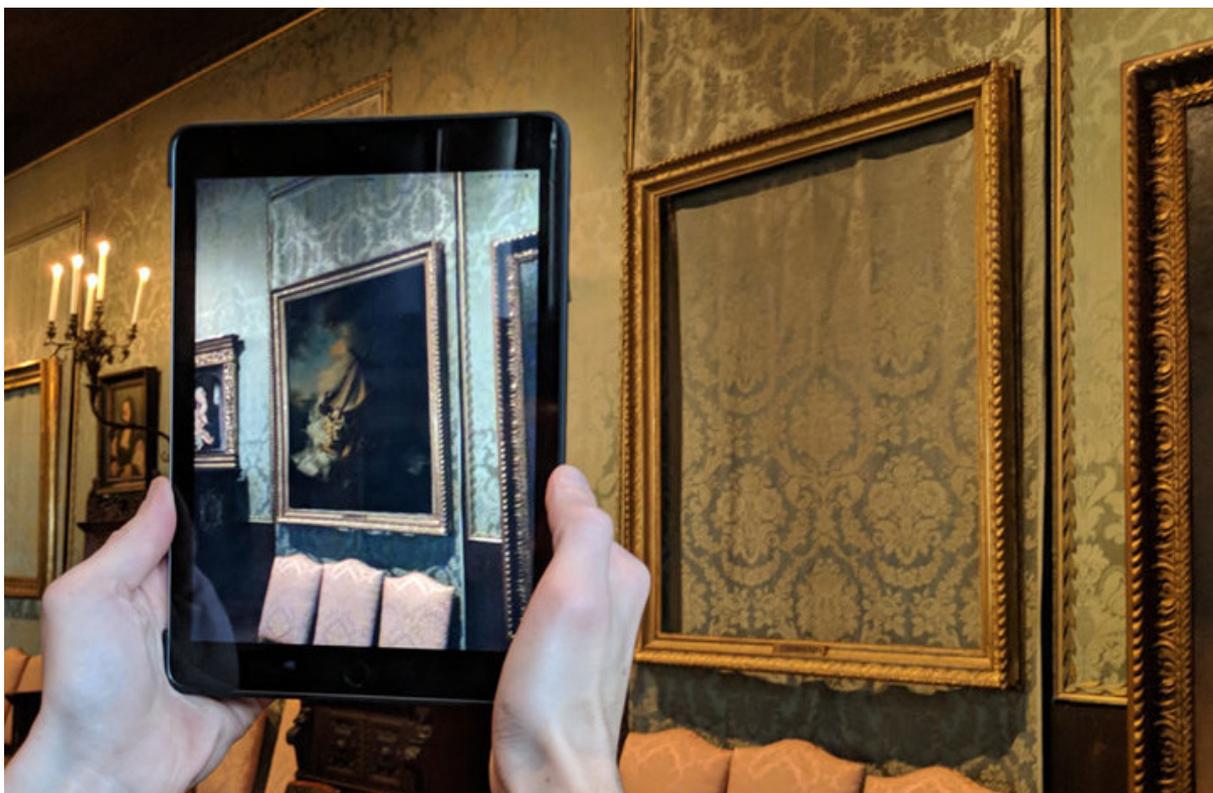


Fig. 27: Hacking the Heist, app dove i visitatori potevano rivedere i quadri rubati tramite AR

### 3.1.2 L'innovazione tecnologica in ambito museale

L'innovazione tecnologica ha raggiunto dei livelli molto alti negli ultimi anni, riuscendo ad offrire molti strumenti avanzati per la creazione di esperienze immersive che offrono una fruizione culturale migliorata e un'interazione con il pubblico sempre più elevata. Tutti questi progressi, che vanno dalla realtà virtuale alla realtà aumentata, passando anche per l'intelligenza artificiale e ai dispositivi tattili, continuano a trasformare il mondo in cui viviamo e il modo in cui possiamo accedere a vari contenuti museali digitali e non.

Le tecnologie immersive più sviluppate fino ad'ora sono:

- La realtà virtuale (VR), che consente agli utenti di immergersi quasi completamente in ambienti virtuali (fig. 28), offrendo un'esperienza immersiva e multisensoriale. In ambito museale la realtà virtuale permette l'esplorazione di luoghi a volte irraggiungibili ed esposizioni remote, siti archeologici o viaggiare nel tempo, proprio come se fossimo all'interno dell'epoca, per conservare le opere nel loro vero contesto storico originale.

- La realtà aumentata (AR) consente la sovrapposizione di informazioni digitali al mondo reale, aumentando quella che può essere una fruizione di contenuti standard. Attraverso dispositivi mobili come smartphone o tablet è possibile aggiungere dettagli alle opere d'arte per ricostruire elementi perduti nel tempo, come la visualizzazione di edifici antichi o la narrazione animata di alcune opere.
- L'intelligenza artificiale (AI) supporta la personalizzazione dell'esperienza culturale immersiva, offrendo contenuti personalizzati in base alle preferenze dell'utente. Gli algoritmi di deep learning permettono inoltre di ricostruire opere danneggiate, analizzare i materiali di costruzione o prevedere dei processi di degrado delle opere, suggerendo delle soluzioni possibili per prevenire ciò.



Fig. 28: Esempio di utilizzo della VR in ambito museale

In ambito museale queste tecnologie hanno permesso la fruizione di esperienze straordinarie, come per esempio il museo del Louvre, che ha introdotto un'esperienza VR per esplorare la sua collezione, accessibile ora da tutto il mondo, mentre i Musei Vaticani hanno sfruttato l'AR per ricostruire l'aspetto originale di alcune delle sue opere. Nel mentre a Dubai è presente il Museum of the Future (fig. 29), dove si integra VR, AR e AI tutti insieme per offrire un approccio ancora diverso e completamente futuristico per una comunicazione culturale ancora più enfatizzata.

Queste innovazioni tecnologiche non solo permettono di ampliare l'accessibilità dei contenuti digitali ma anche di avvicinare un pubblico più giovane alle esposizioni museali e alla fruizione di contenuti culturali, un pubblico abituato ad interagire molto con i dispositivi digitali. Tutte queste integrazioni tecnologiche assieme ad uno storytelling accurato e contestualmente adeguato possono portare alla creazione di esperienze con dei vantaggi senza precedenti, anche sulla cervello umano.<sup>13</sup>



Fig. 29: Interni del Museum of the Future di Dubai

13: Parry, R.. "Museums in a Digital Age." Routledge, (2019)

## 3.2 La modellazione tridimensionale virtuale

La modellazione tridimensionale virtuale è uno dei campi tecnologici più avanzati e sviluppati degli ultimi tempi. Questa tecnica si basa sulla creazione di figure digitali tridimensionali che rispecchiano alla perfezione il modello reale o immaginario (fig. 30, 31), utilizzando diversi strumenti sia hardware che software. La modellazio-

ne tridimensionale è particolarmente utile in ambito museale per la conservazione, la valorizzazione e la documentazione di tutto il patrimonio culturale, trovando applicazione anche in settori industriali come il design di prodotto, l'architettura e l'intrattenimento digitale.<sup>14</sup>



Fig. 30: Modello 3D digitale di Tamon-Ten

14: Remondino, F., & Campana, S., "3D recording and modelling in archaeology and cultural heritage: Theory and best practices." Archaeopress, (2014)

In ambito museale la modellazione 3D viene utilizzata soprattutto per:

1. Documentazione del patrimonio culturale. Queste tecniche tridimensionali consentono la creazione di gemelli virtuali altamente dettagliati di opere d'arte storiche. Queste riproduzioni digitali consentono di conservare al meglio le opere e di proteggerle da eventuali danni futuri o dal degrado del tempo, fungendo da archivio digitale.
2. Conservazione e restauro: Attraverso la modellazione tridimensionale digitale è possibile analizzare lo stato di conservazione dell'opera selezionata, di simulare interventi di restauro e di prevedere i vari cambiamenti causati dal degrado di fattori ambientali.
3. Esposizioni virtuali: I gemelli digitali 3D possono essere integrati di fianco alle opere fisiche oppure possono essere fruibili anche online, riuscendo ad abbattere quelle che sono le barriere geografiche e culturali, accessibili a livello globale.
4. Riproduzioni fisiche: I modelli tridi-

mensionali vengono molto spesso utilizzati per creare delle repliche fisiche attraverso la stampa 3D, utili per scopi didattici o anche per esposizioni interattive.

Oltre al settore museale, la modellazione 3D trova anche applicazione in altri settori come:

- Industria cinematografica e videoludica per la creazione di ambientazioni, personaggi e animazioni realistiche e non.
- Architettura e design per lo sviluppo di progetti edilizi e progetti di oggetti fisici, grazie anche a delle simulazioni realistiche.
- Medicina per la ricostruzione 3D di organi e tessuti per simulare gli interventi in modo digitale.
- Scienza e ricerca tramite alla simulazione di fenomeni naturali complessi, utili allo studio scientifico di molecole complesse.

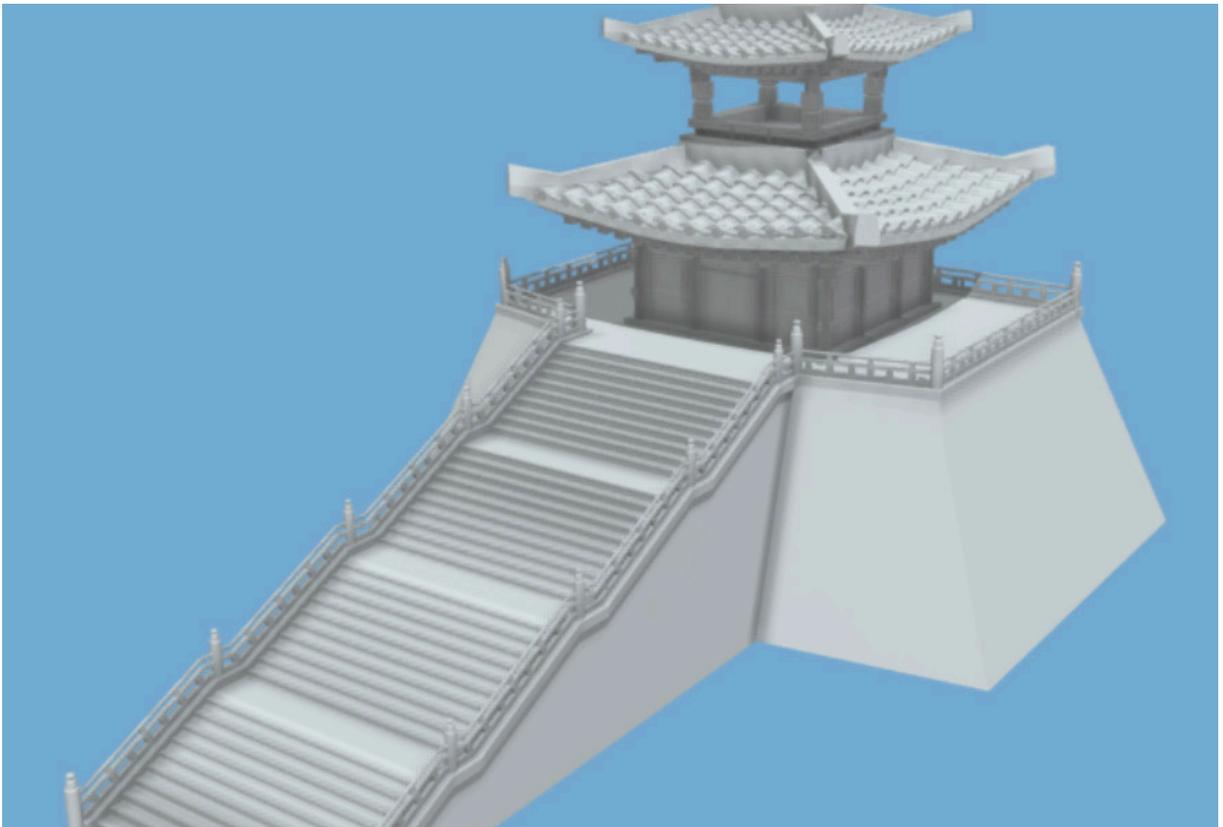


Fig. 31: Esempio di modello 3D digitale di un tempio giapponese scaricabile sul sito Sketchfab

15: Sapirstein, P., & Murray, S.. "Establishing best practices for photogrammetry in archaeology." *Journal of Archaeological Science*, 84, 139-152, (2017)

Le tecnologie di acquisizione dei dati fisici più utilizzate sono:

1. Fotogrammetria: Questa tecnica permette di creare modelli 3D grazie a numerose immagini scattate attorno all'oggetto o lungo il percorso studiato, analizzando la geometria ripresa (fig. 32, 34). Essa è economica e facilmente accessibile, idonea soprattutto per la digitalizzazione di opere museali.
2. Scanner 3D: Questo dispositivo permette di rilevare la superficie degli oggetti sfruttando un laser che crea una nuvola di punti estremamente accurata, spesso utilizzati per acquisire dettagli complessi di opere scultoree e architettoniche.
3. LiDAR: Questa tecnologia avanzata è utilizzata per la mappatura di aree vaste (fig. 35), come dei siti archeologici o delle aree geografiche, combinando dati GPS e misurazioni laser accurate.

Per elaborare questi dati registrati sono necessari anche sei software di modellazione tridimensionale come:

- Blender: Un software open-source che offre una vasta gamma di strumenti e opzioni per la modellazione 3D, il rendering, l'animazione virtuale e la texturizzazione di oggetti virtuali.
- Autodesk Maya e 3ds Max: Sono dei programmi professionali per la creazione di modelli 3D molto complessi, utilizzati soprattutto nell'industria dell'intrattenimento digitale.
- ZBrush: Un software specializzato nella scultura digitale che permette di modellare dettagli molto complessi come quelli delle opere d'arte e dei siti archeologici.
- Agisoft Metashape: Il software più diffuso quando si parla dell'elaborazione dei dati fotogrammetrici e per la creazione di un modello 3D base.

Una volta creato il gemello tridimensionale digitale dell'opera è necessario ottimizzar-

lo e adeguarlo alla visualizzazione virtuale, includendo la riduzione della complessità geometrica e la texturizzazione e l'ottimizzazione dell'oggetto per un rendering ottimale per le piattaforme online (fig. 33).

La modellazione tridimensionale ovviamente non si limita solo alla creazione di oggetti fruibili ma è utilizzabile anche integrando tecnologie come la VR o la AR, sfruttate per migliorare l'immersività e l'interazione con questi contenuti digitali, come l'utilizzo dei modelli 3D per la ricostruzione di ambientazioni storiche in cui i visitatori possono immedesimarsi, esplorando degli ambienti non più esistenti.<sup>16</sup>

16: Lerma, J. L., & García-Sellés, D.. "Digital photogrammetry and 3D modeling in cultural heritage documentation." *Virtual Archaeology Review*, 5, 13-20, (2014)

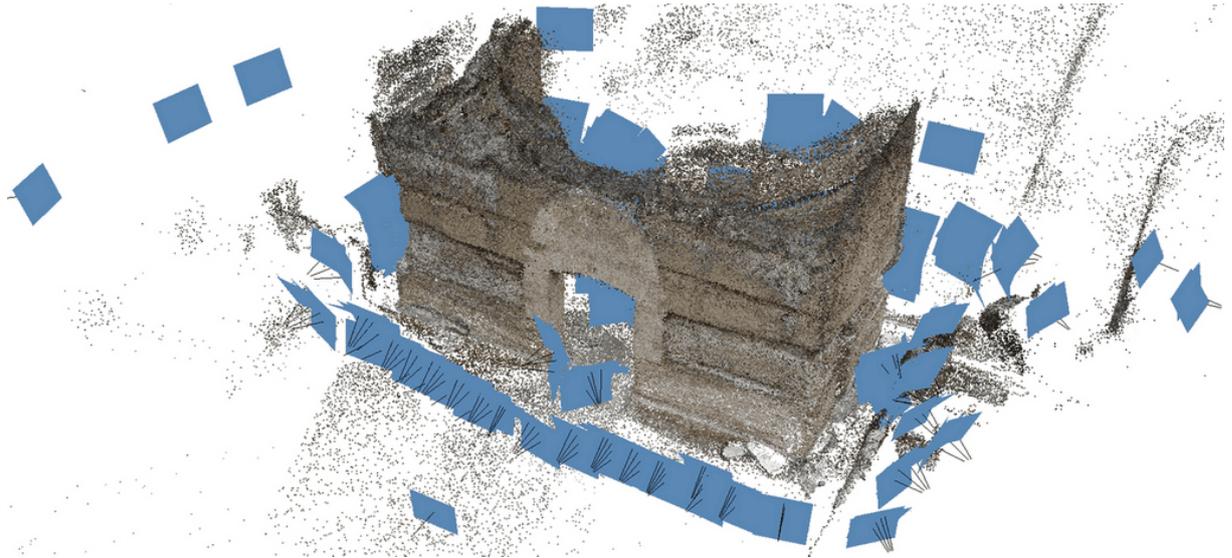


Fig. 32: Allineamento delle foto scattate di una fotogrammetria

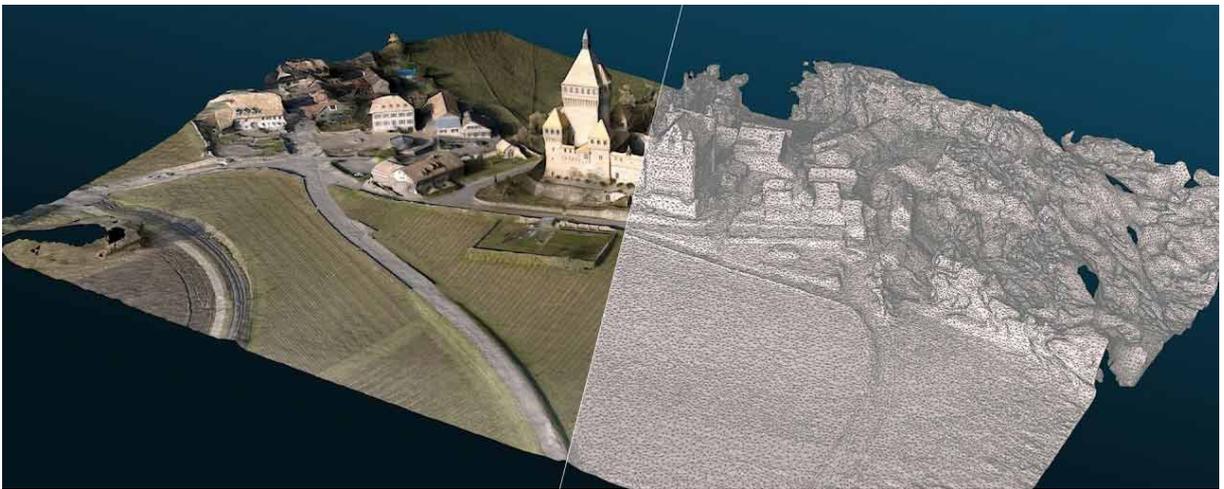


Fig. 33: Mesh creata dalla fotogrammetria



Fig. 34: Scansione fotogrammetrica di una vasta area geografica

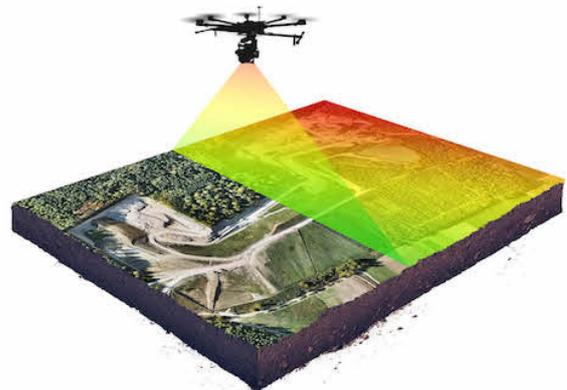


Fig. 35: scansione LiDAR di una vasta area geografica

## 3.3 Casi studio

### 3.3.1 Digitalizzazione e gemello digitale della mostra “L’altro rinascimento - Ulisse Aldrovandi e le meraviglie del mondo”



Fig. 36: Grafica della mostra con il ritratto di Ulisse Aldrovandi

La mostra “L’altro Rinascimento: Ulisse Aldrovandi e le meraviglie del mondo” è stata organizzata dal Sistema Museale di Ateneo dell’Università di Bologna, creata da un team di esperti della scienza, di museologia e di tecniche di ricostruzione digitale. La mostra è stata ospitata al Museo di Palazzo Poggi dall’8 dicembre 2022 al 28 maggio 2023, celebrando così Ulisse Aldrovandi, una figura importante del Rinascimento italiano (fig. 36).

I motivi per cui è stato creato il gemello digitale sono:

1. Per conservare il patrimonio culturale, dato che la mostra rischiava di essere dimenticata o limitata solo a coloro che potevano andare in persona. Questo modello digitale ha permesso di preservare gli artefatti, gli allestimenti e tutta l’esposizione, assicurando una memoria permanente utile anche per scopi di ricerca futuri.
2. Il gemello digitale ha consentito di superare quelle che erano le barriere geografiche, permettendo a chiunque, da qualsiasi parte del mondo, di poter accedere alla mostra virtuale, diffondendo e comunicando i valori culturali a tutto il mondo, anche chi soffre di disabilità o chi è impossibilitato a viaggiare.
3. La creazione di questo gemello digitale ha permesso l’esplorazione di nuove tecnologie emergenti, come la realtà virtuale e il metaverso, che hanno ampliato il pubblico che interagisce con l’arte e la cultura.
4. Questa esperienza digitale ha arricchito l’esperienza educativa, offrendo non solo dei contenuti interattivi ma anche un’esperienza personalizzabile e multimediale. Infatti gli utenti hanno potuto accedere ad informazioni dettagliate e hanno potuto approfondire dei temi specifici e fruire di un’esperienza diversa dal solito.
5. Questo modello 3D non è solo una replica visiva digitale, ma anche uno

strumento utile per lo studio e la ricerca scientifica degli artefatti, permettendo l’analisi dettagliata di materiali, forme e decorazioni. Questo metodo aiuta anche i ricercatori con degli eventuali interventi di restauro, ampliando l’accessibilità dell’esposizione temporanea.

Per acquisire i dati fisici sono state utilizzate diverse tecniche, tra cui la scansione 3D e la fotogrammetria, utilizzate per catturare ogni minimo dettaglio di tutte le opere della mostra. Dopodiché i dati raccolti sono stati elaborati e studiati per creare i modelli tridimensionali delle opere, per poi essere ottimizzati per un’esposizione digitale, per garantire una navigazione fluida e ottimale nella mostra online.

Il gemello digitale dunque offre tanti vantaggi, tra cui un’accessibilità estesa, grazie alla vasta accessibilità del materiale digitale messo a disposizione dagli esperti, fruibile da tutti e in tutte le parti del mondo, una conservazione digitale, preservando tutti gli allestimenti per delle consultazioni e per degli studi futuri, anche dopo la conclusione della mostra temporanea, e un’esperienza immersiva, grazie alle nuove tecnologie come il metaverso e altre esperienze digitali interattive e coinvolgenti, esplorando le opere d’arte in un nuovo ambiente virtuale.<sup>17</sup>

17: Marchesi, E., & Rovetta, A.. “Digital twins in cultural heritage: Case studies and methodologies.” *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 22, (2021)

### 3.3.2 Mostra multimediale “Germanico Cesare... a un passo dall’Impero”

La mostra multimediale “Germanico Cesare... a un passo dall’Impero” è stata realizzata tramite la collaborazione tra enti pubblici e grazie ad un team di esperti del settore e curata e organizzata dal Comune di Amelia e dal Museo Civico Archeologico, per commemorare i 2000 anni passati dalla morte del generale romano Germanico, avvenuta nel 19 d.C. L’esposizione, avviata il 10 ottobre 2019 presso il Museo Civico Archeologico e Pinacoteca “E. Rosa” di Amelia, ha visto l’utilizzo di nuove tecnologie multimediali per offrire agli spettatori un’esperienza interattiva e immersiva.

L’installazione ha previsto l’utilizzo di proiezioni su tre pareti (fig. 37), creando un

ambiente multimediale immersivo che ha introdotto gli utenti alla vita e alle imprese del generale. Questo metodo di esposizione ha permesso di andare oltre alla solita esposizione museale fisica, superando il rapporto tra oggetto e visitatore, regalando un’esperienza avvolgente e immersiva (fig. 38).

L’obiettivo principale della mostra era quello di dare valore al patrimonio culturale legato al generale Germanico, attraverso l’utilizzo di nuove tecnologie per ampliare l’accessibilità e l’interattività della mostra, cercando di raggiungere un pubblico sempre più ampio e diversificato, sia per età che per background culturale.<sup>18</sup>

Fig. 37: Proiezioni al muro della mostra



Fig. 38: Proiezioni al muro attorno alla statua

Gli obiettivi di questa mostra digitale erano:

- Commemorare i 2000 anni dalla morte di Germanico: La mostra è stata un'occasione per ricordare ed onorare le sue imprese storiche, esaltando il suo carisma e il suo ruolo importante nella storia dell'impero Romano.
  - Innovare nell'ambito museale: Dimostrare come le nuove tecnologie digitali potevano integrarsi e migliorare l'esperienza museale del visitatore. L'obiettivo era quello di rendere il Museo Civico Archeologico di Amelia un posto all'avanguardia nell'utilizzo di queste tecnologie.
  - Divulgare la storia: Rendere accessibile la complessità della storia politica e militare dell'epoca di Germanico, attraverso un approccio narrativo e visivo che puntava a migliorare la comprensione e la stimolazione dell'interesse per la storia dell'impero Romano.
  - Preservare e valorizzare il patrimonio culturale: La digitalizzazione della mostra e l'utilizzo di tecnologie multimediali hanno permesso la creazione di un archivio totalmente digitale, garantendo la sua fruibilità anche dopo molto tempo, contribuendo alla conservazione della cultura e promuovendo una fruizione moderna e interattiva.
  - Creare un modello replicabile: La mostra è stata utilizzata come esempio per molti altri allestimenti nel campo museale digitale. I risultati ottenuti da questa mostra possono essere presi come ispirazione per altri musei che possono seguire la stessa strategia ampliando il pubblico e offrendo un'esperienza unica e interattiva.
- Ampliamento del pubblico: Attraverso queste tecnologie digitali innovative la mostra ha attirato un pubblico più ampio e diversificato, rappresentando un mezzo efficace per avvicinare nuovi segmenti di pubblico alla fruizione di contenuti culturali.
  - Documentazione e conservazione digitale: La realizzazione di questa esperienza ha permesso di rendere l'allestimento conservato nella memoria in modo permanente, utile anche per ricerche e studi futuri o nuove iniziative museali.
  - Educazione e accessibilità: Questo approccio ha aumentato l'accessibilità della mostra e l'ha estesa anche a persone con difficoltà sia motorie che di apprendimento, essendo supportata da immagini e suoni che facilitano la comprensione delle informazioni e della storia.

18: Sacchi, L., & Piva, A.. "Technological innovation in museum exhibitions: From static displays to immersive experiences." *Computers in Human Behavior*, 110, (2020)

Sono quindi numerosi anche i vantaggi di quest'allestimento digitale:

- Esperienza digitale immersiva e coinvolgente grazie all'utilizzo di queste nuove tecnologie multimediali, come ambientazioni audio-visive e proiezioni video sui muri, permettendo ai

### 3.3.3 Progetto MusicAI: con la musica l'intelligenza artificiale genera l'arte figurativa

Fig. 39: Immagini astratte generate dall'AI di MusicAI

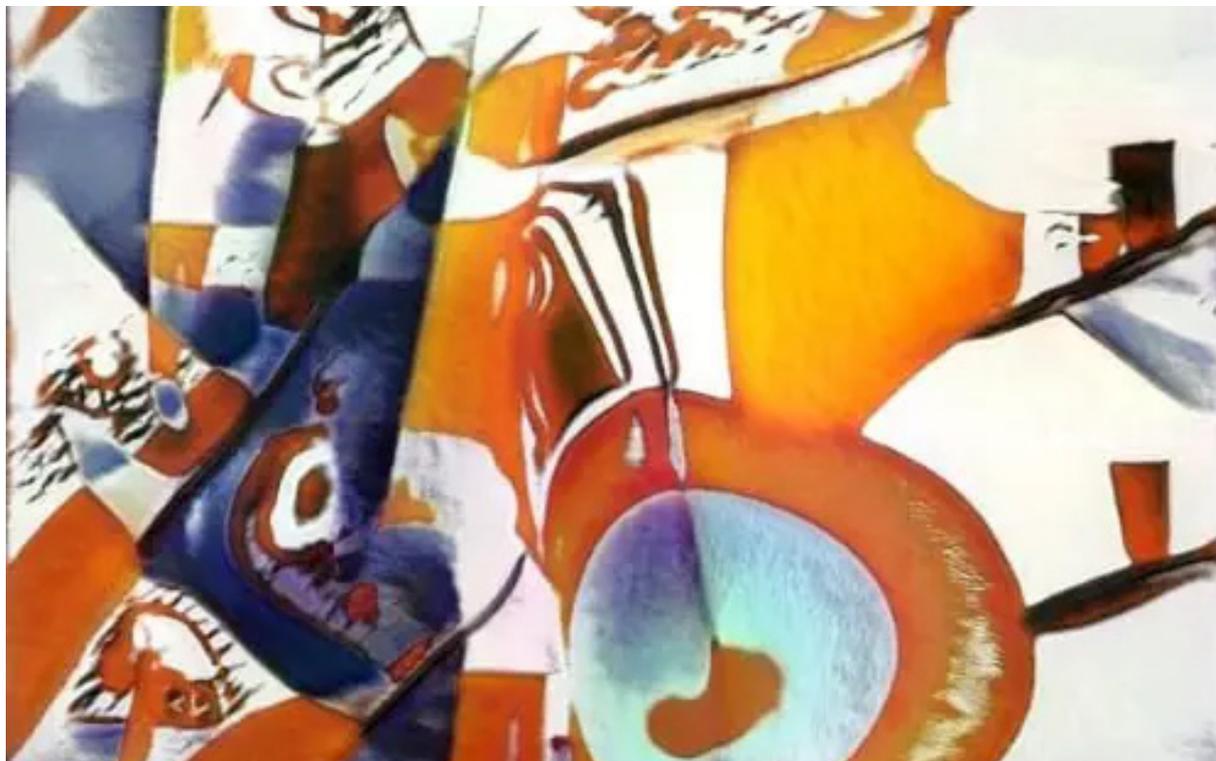


Fig. 40: Immagini astratte generate dall'AI di MusicAI

Il progetto MusicAI rappresenta un'innovativa iniziativa che utilizza l'intelligenza artificiale per unire musica all'arte figurativa, grazie a degli algoritmi di machine learning e reti neurali che gli permettono di tradurre gli input musicali in opere d'arte visiva, creando una connessione precedentemente pensata impossibile.

Questa esperienza digitale rappresenta la capacità dell'intelligenza artificiale di analizzare la composizione musicale, rilevando ritmo, tonalità e intensità, traducendola in immagini visive astratte che riflettono l'emotività della sinfonia analizzata. Sfruttando tecnologie come le GANs (Generative Adversarial Networks), l'intelligenza artificiale genera immagini astratte uniche che con l'andare avanti della melodia cambiano e si adattano alla musica riprodotta (fig. 39, 40).<sup>19</sup>

Il progetto è stato realizzato secondo i seguenti metodi:

- Sono partiti con l'analisi dei dati musicali, dove ogni nota viene scomposta in elementi fondamentali, come frequenze, armonie e sinfonie, utilizzando diversi algoritmi di audio processing. Questi dati vengono poi tradotti in parametri utilizzabili per generare queste immagini astratte.
- Dopodichè, attraverso queste reti neurali addestrate, vengono generate queste immagini che rispondono emotivamente in base ai dati musicali. Gli utenti possono anche scegliere lo stile artistico delle immagini, potendo osservare come la musica varia queste immagini a seconda della melodia prodotta, potendo personalizzare elementi come colori, forme e movimenti delle varie sinfonie.

Questo progetto ha mostrato anche tanti vantaggi:

- Sinergia tra arti diverse: Questo progetto mostra come questa tecnologia possa creare una connessione tra musica e arte, superando le barriere tradizionali tra queste due discipline prima pensate impossibili da abbattere, offrendo un nuovo modo di fruire la cultura.
- Coinvolgimento emotivo: Queste immagini generate e modificate dalla musica coinvolgono anche emotivamente i visitatori, regalando un'esperienza multisensoriale mai vista prima.
- Inclusività e accessibilità: Grazie alla natura digitale del progetto, è possibile fruire del contenuto sia in luogo fisico che online, rendendo accessibile l'esperienza ad un pubblico più ampio.
- Applicazioni educative: Questo progetto può essere utilizzato in modo didattico per insegnare sia i principi dell'intelligenza artificiale e di come funziona e sia per insegnare la connessione tra arte e musica, spesso sottovalutata o non considerata.

19: McCormack, J., Gifford, T., & Hutchings, P. "Autonomous creative systems and generative art." *Journal of New Music Research*, 48, 36-50, (2019)

# 4 L'esperienza digitale progettata sul caso studio

## 4.1 La preparazione

### 4.1.1 La fotogrammetria e le sue applicazioni



Fig. 41: Rilievo di fotogrammetria eseguito al MAO per creare il modello 3D di Tamon-Ten

La prima fase della creazione del modello digitale tridimensionale della statua è stata caratterizzata da un rilievo al Museo di Arti Orientali, sfruttato per utilizzare la tecnica della fotogrammetria, in modo tale da poter catturare ogni minimo dettaglio della statua. Effettuando varie fotografie da diverse angolazioni è possibile catturare ogni forma e dettaglio della statua, includendo la texture e le colorazioni.

Questa tecnologia sfrutta algoritmi avanzati per rilevare delle caratteristiche in comune tra le immagini e la geometria tridimensionale della statua.

Durante questa visita al MAO ho realizzato numerose fotografie utilizzando una macchina fotografica ad alta risoluzione e delle luci regolabili posizionate in modo tale da evitare qualsiasi riflesso indesiderato (fig. 41), per mantenere i colori della statua fedeli a quelli originali. Essenziale è stato anche mantenere una distanza costante per ogni angolazione diverse delle fotografie, in modo tale da aumentare l'accuratezza delle dimensioni in ogni sezione anatomica della statua. Per mantenere le distanze costanti e uguali per i vari giri ho segnato in modo meticoloso le distanze della fotocamera dalla base della statua, documentando anche l'altezza dell'obiettivo e le caratteristiche dell'obiettivo stesso della macchina fotografica (fig. 42). Questa documentazione è fondamentale per ottenere un set di dati coerente per una modellazione tridimensionale più accurata e corretta possibile.

Una volta completata questa acquisizione fotografica ho notato che alcune foto presentavano delle alterazioni nei colori della statua, causate inevitabilmente dalle luci utilizzate per illuminare lo strato decorativo. Queste differenze cromatiche avrebbero potuto compromettere la qualità delle texture del modello digitale e dunque per risolvere questo problema ho utilizzato il software Adobe Photoshop, un programma di editing fotografico che è stato utile per effettuare un color grading di tutte quelle foto che non presentavano l'aspetto originale dei colori.

L'utilizzo della fotogrammetria in questo progetto ha reso possibile una rappresentazione tridimensionale digitale corretta e accurata della statua di Tamon-Ten, consentendo non solo di ottenere un gemello digitale dettagliato ma anche di arricchire l'esperienza culturale del pubblico, attraverso la fruizione di questo modello tridimensionale che può essere osservato e studiato da varie prospettive. In ambito museale questa realizzazione digitale permette la comunicazione del patrimonio culturale di altre regioni ad un pubblico molto più vasto, anche per chi non riesce ad essere presente alla mostra fisica, rendendo quest'esperienza interattiva ed immersiva oltre che accessibile.

<b>Base 93 cm x 75 cm</b>	<b>Distanza</b>	<b>Altezza</b>	<b>Obiettivo</b>
<b>1° giro</b>	240 cm	157 cm	28 - 70 mm
<b>2° giro</b>	150 cm	136 cm	28 - 70 mm
<b>3° giro</b>	230 cm	154 cm	28 - 70 mm
<b>4° giro</b>	16 cm	233 cm	28 - 70 mm
<b>5° giro</b>	14 cm	245 cm	28 - 70 mm

Fig. 42: Tabella con i dati riportati delle distanze della fotocamera e dell'obiettivo utilizzato per ogni giro

## 4.2 Gli strumenti utilizzati

### 4.2.1 Metashape

Dopo aver ultimato il processo della fotogrammetria ho proceduto con l'inserimento delle immagini nel programma Agisoft Metashape, un software avanzato che elabora le immagini e genera un modello tridimensionale dettagliato, grazie all'allineamento fotografico.

Metashape è un programma versatile usato in molti campi. In ambito museale viene utilizzato per documentare e conservare opere d'arte digitalizzate, permettendo la conservazione del patrimonio culturale attraverso la fruizione di contenuti tridimensionali virtuali.

Il primo passo all'interno di Metashape è stato l'allineamento automatico delle foto scattate. Il programma identifica i punti comuni tra le varie fotografie e crea una

prima nuvola di punti, che rappresenta una versione base da cui proseguire il lavoro per la creazione del modello 3D. Tuttavia durante il processo non tutte le foto sono state allineate, a causa di angolazioni complesse e di parti dettagliate della statua difficili da individuare da parte del programma.

Per risolvere questo problema di allineamento ho utilizzato l'allineamento manuale, dove ho dovuto indicare manualmente dei punti in comune fra le varie foto (fig. 43), rinominando questi punti nello stesso modo fra tutte le foto, permettendo in questa maniera al programma di riuscire a riconoscere l'allineamento della foto e quindi di creare un modello tridimensionale più accurato rispetto a quello precedente.

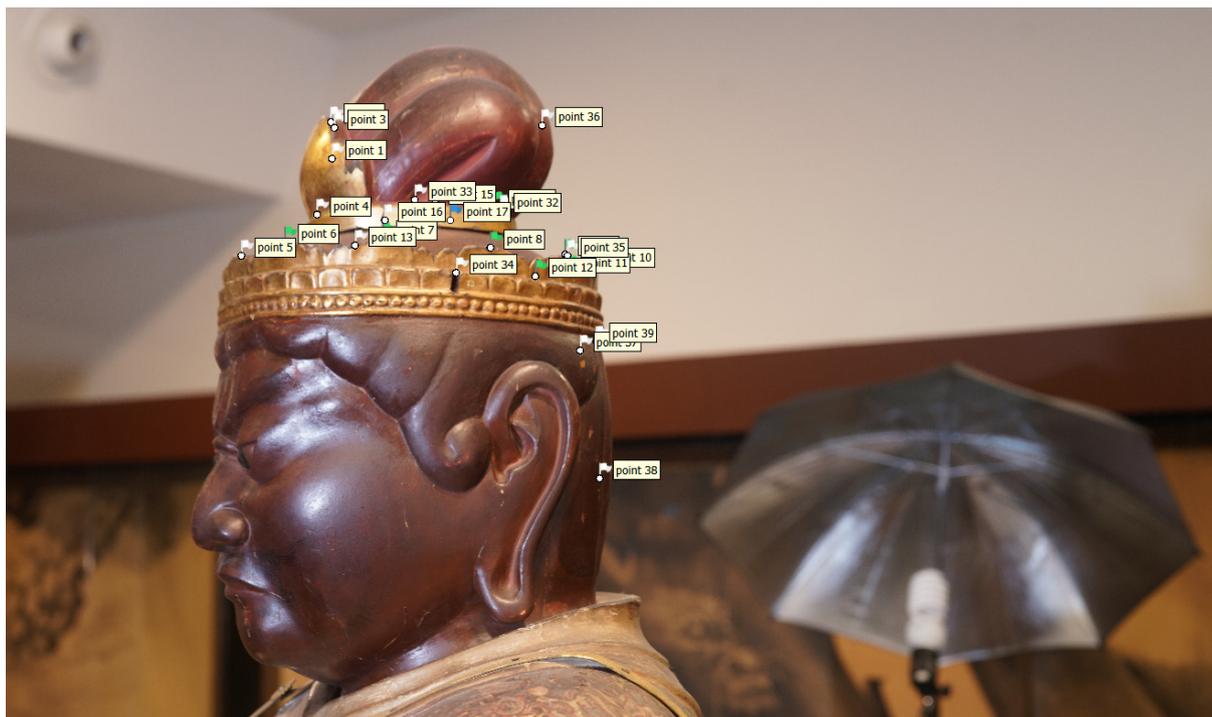


Fig. 43: Allineamento manuale delle foto con l'assegnazione dei punti in comune

Dopo aver completato l'allineamento della maggior parte delle foto ho seguito il flusso di lavoro consigliato, procedendo a generare una nuvola di punti densa (fig. 44) che ha aumentato di molto l'accuratezza del modello tridimensionale. La nuvola di punti densa è la base per la creazione della mesh, la struttura geometrica che costituisce la forma tridimensionale della statua.

Dopodichè ho generato la mesh finale (fig. 45), composta da circa 2 milioni di facce, riuscendo a catturare anche i dettagli più minuziosi e le forme più complesse. Una volta completata la creazione del modello tridimensionale ho ultimato la digitalizzazione con la creazione della texture del modello, generata utilizzando le fotografie acquisite e editate, per riprodurre in modo più accurato possibile i colori originali del-

la statua, mantenendo così l'aspetto visivo originale dell'opera.

Nonostante il processo della fotogrammetria e l'uso del programma Metashape, la mesh finale presentava comunque una serie di imperfezioni causate dal non allineamento di alcune foto. Erano presenti delle lacune della mesh, delle parti mal costruite o delle aree in cui la texture era mancante. Questo limite della fotogrammetria è abbastanza comune, a causa di illuminazioni a volte non perfette e angoli di ripresa non ottimali o superfici troppo riflettenti. Per risolvere tutti questi problemi e tutte le lacune ho deciso di utilizzare il programma Blender, in modo tale da ricostruire e restaurare l'opera nel migliore dei modi.

Fig. 44: Modello fotogrammetrico della nuvola di punti densa

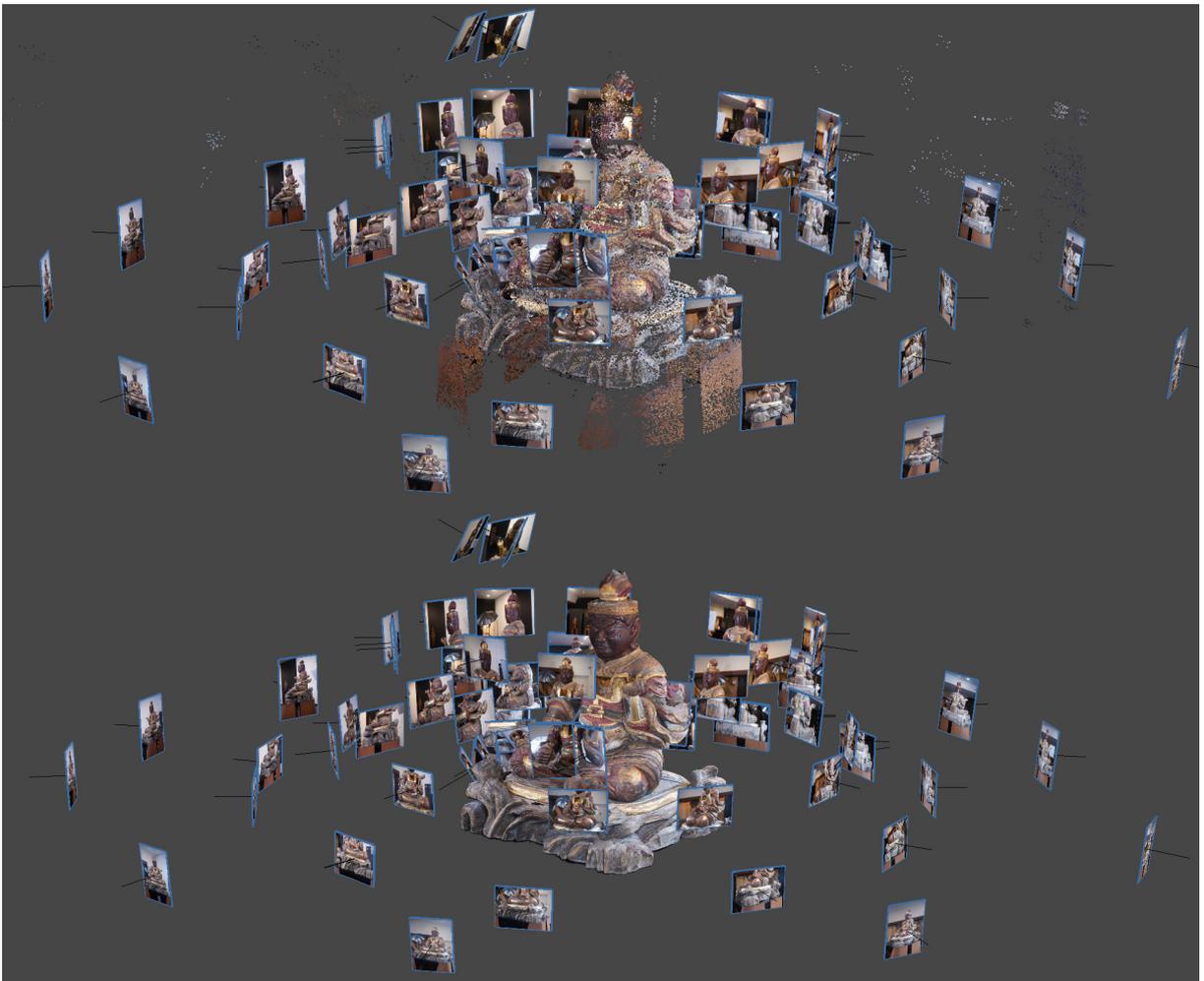


Fig. 45: Modello fotogrammetrico della mesh finale

## 4.2.2 Blender

Passata la fase di modellazione con Metashape, ho utilizzato il programma Blender, che grazie alla sua potenza e versatilità ho potuto affrontare le problematiche dette in precedenza, come lacune della mesh o delle texture.

Blender è un software open-source di modellazione, animazione e rendering 3D utilizzato in molti settori. Il suo approccio intuitivo rendono il programma ideale per molti esperti e professionisti del settore, grazie anche alle sue potenti funzionalità che gli permettono di affrontare progetti complessi con un controllo completo su ogni aspetto della modellazione e dell'animazione tridimensionale.

Il primo passaggio del restauro digitale è stato riempire i buchi presenti nella mesh, dove i dati mancanti non avevano consentito alla creazione corretta della geometria tridimensionale di alcune zone (fig. 47). Con Blender sono riuscito a colmare queste lacune, creando sezioni mancanti basandomi sui dati raccolti durante le ricerche delle caratteristiche tipiche delle statue di quell'epoca e durante il rilievo effettuato al museo.

Una volta riparata la mesh completa (fig. 46), ho utilizzato il pannello per scolpire al meglio le forme geometriche della statua, in modo tale da renderla più simile possibile a quello che è il modello reale. Modellando in modo intuitivo la mesh creata sono potuto intervenire sui dettagli anatomici meno accurati, per restituire al modello digitale l'accuratezza e la fedeltà alla statua.

Un'altro aspetto importante è stato il rifacimento di alcune parti di texture. La fotogrammetria aveva fornito una buona base per la creazione della texture, ma purtroppo la statua presentava in ogni caso delle zone in cui i colori risultavano sbiaditi, le texture erano incomplete o semplicemente ridotte male. Grazie a vari strumenti di blender sono riuscito ad attuare le correzioni necessarie per rendere la texture più completa possibile, integrando le parti mancanti per un aspetto realistico ed accurato.



Fig. 46: Mesh finale importata su Blender, priva di texture

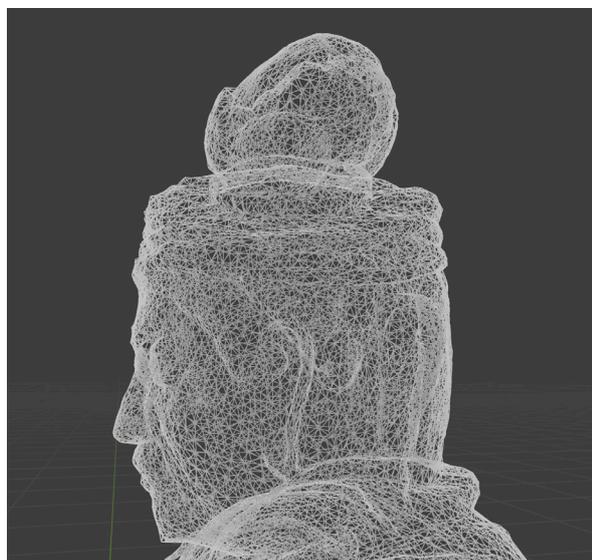


Fig. 47: Wireframe della testa e dello chignon

Una volta ultimato il restauro del modello digitale mi sono concentrato sull'inserimento degli attributi mancanti della statua, seguendo scrupolosamente i dati raccolti durante le ricerche effettuate online e nella biblioteca del MAO, per un'integrazione filologicamente compatibile. Gli attributi rappresentano elementi distintivi delle statue di quel periodo e includono dettagli specifici. Attraverso un'attenta analisi sono riuscito ad inserire degli attributi che potessero rispecchiare nel modo più corretto il simbolismo dell'opera e il contesto storico di essa (fig. 48).

Infine, per rendere il modello 3D più accessibile e comprensibile possibile ho realizzato delle animazioni virtuali della statua, in modo tale da poter spiegare la tecnica di lavorazione e la composizione anatomica di essa, suddividendo il modello nelle 5 parti in cui è suddivisa nella realtà. In questo modo la spiegazione della composizione della statua risulta più facilmente comprensibile e fruibile, grazie all'animazione che comunica il valore e la complessità dell'oggetto, anche ad un pubblico più vasto.



Fig. 48: Mesh finale texturizzata con l'aggiunta degli attributi corretti

## 4.2.3 Capcut



Fig. 49: Timeline del video editato

Ultimata la ricostruzione del modello 3D e definito i contenuti del video sono passato alla fase di montaggio utilizzando Capcut. Questo software mi ha permesso di montare immagini, testi, animazioni 3D e una narrazione generata vocalmente in modo tale da creare un contenuto coinvolgente e chiaro. L'obiettivo è quello di raccontare la storia della scultura, il suo contesto storico, il suo restauro e il processo di digitalizzazione da me sviluppato (fig. 49), rendendo l'esperienza accessibile a anche ad un pubblico più ampio.

Per eseguire un montaggio professionale e curato ho deciso di utilizzare diverse tecniche di video editing:

- Tagli e transizioni (fig. 50), per migliorare il passaggio tra una foto e l'altra o tra video 3D e animazioni, per evitare interruzioni brusche che risultano poco piacevoli alla vista.
- Voice-over narrativo (fig. 51), con un testo scritto da me e una voce creata con l'intelligenza artificiale, per guidare lo spettatore attraverso il percorso audio-visivo.

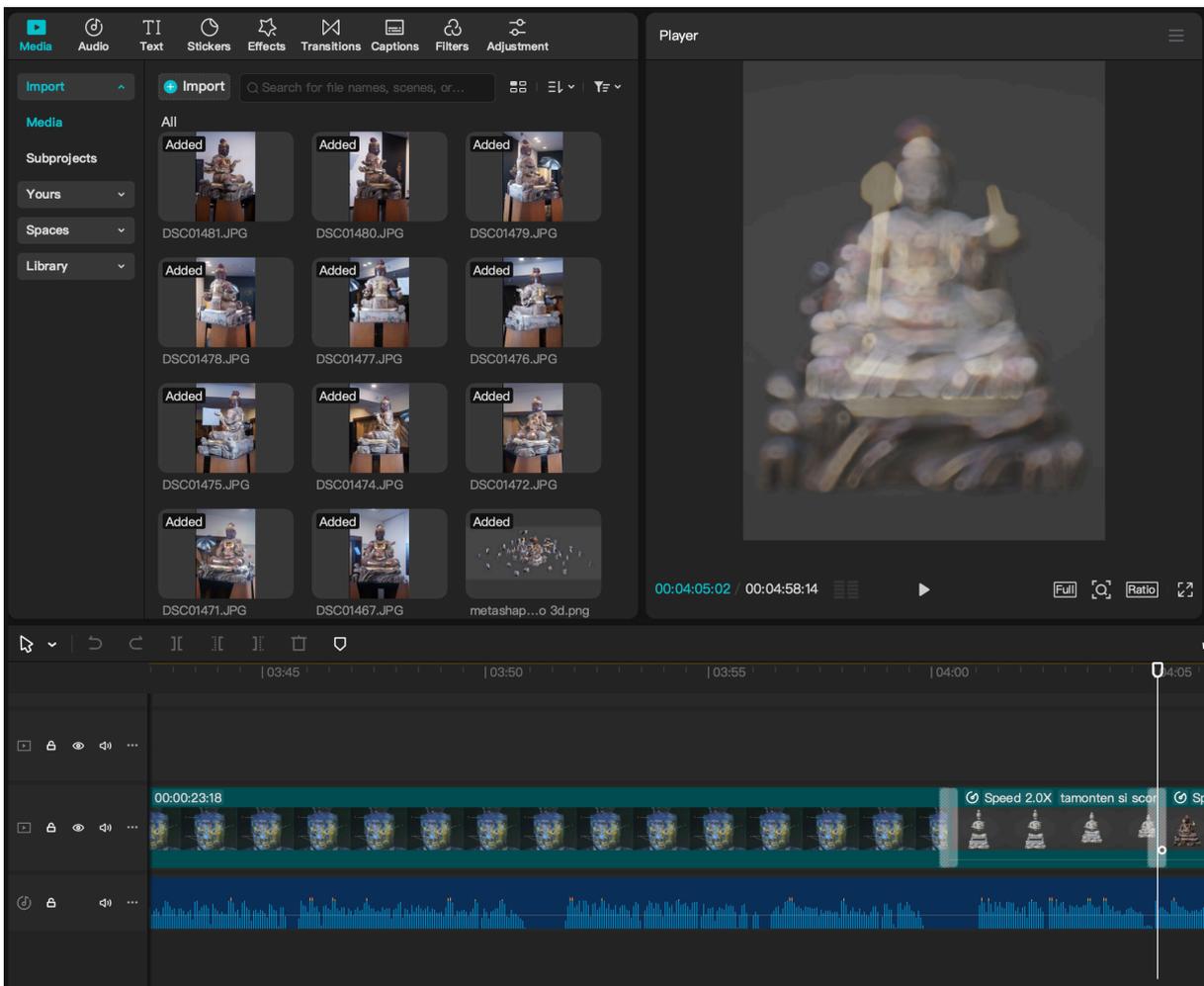


Fig. 50: Interfaccia di CapCut, durante l'editing video

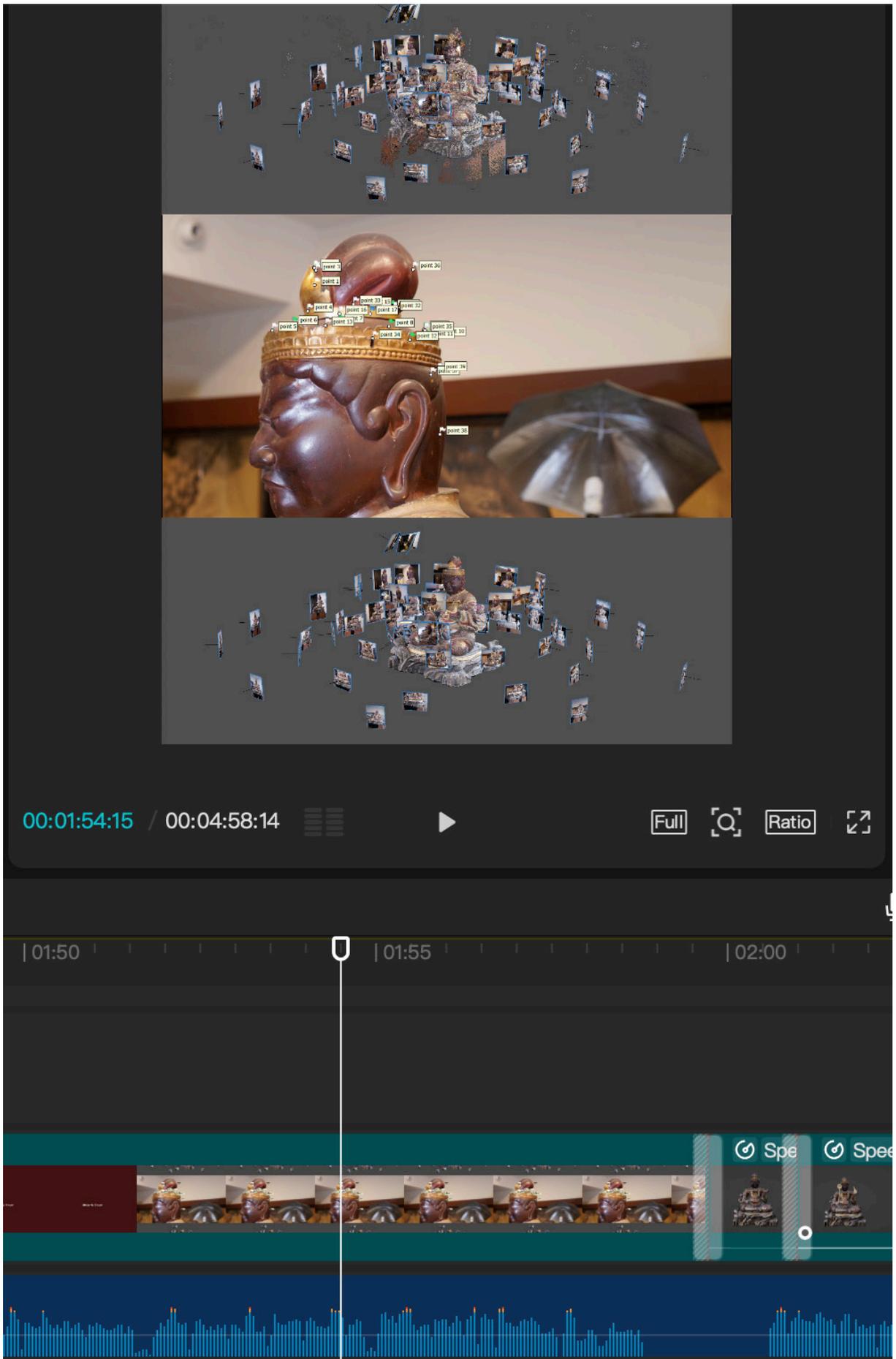


Fig. 51: Sezione del video editato con voice-over narrativo

# 4.3 La realizzazione dell'esperienza digitale

## 4.3.1 Lo storytelling e la realizzazione del video

La struttura narrativa del video è stata pensata per guidare gli spettatori in un viaggio nel tempo (fig. 52, 53), partendo dalla storia e dal simbolismo di Tamon-Ten fino alla sua ricostruzione digitale.

Il video è diviso principalmente in tre sezioni:

1. Il contesto storico dell'opera: Il video si apre con una panoramica sulla storia di Tamon-Ten, spiegandone la funzione e il significato, dopodichè viene spiegata la sua probabile collocazione all'interno di un tempio giapponese, comunicando anche il significato religioso di ogni posizione, il tutto mostrando immagini storiche e di riferimento, grazie anche ad altri esempi di Tamon-Ten ancora presenti nel luogo inteso.
2. Il processo di digitalizzazione e modellazione 3D: Qua il focus viene spostato sulla ricostruzione 3D della statua. Viene spiegata la tecnica della fotogrammetria, mostrando foto e illustrando il procedimento seguito durante il rilievo al MAO, includendo tutti gli strumenti utilizzati, come la fotocamera, le luci e tutti i dati delle distanze segnate e documentate. Viene poi illustrato il processo di allineamento nel programma Metashape, comunicando anche le difficoltà incontrate e le soluzioni da me svolte in modo tale da allineare manualmente i punti chiave delle foto, mostrando le immagini scattate durante la ricostruzione.
3. Lo stato di conservazione e il restauro dell'opera: L'ultima parte del video è stata dedicata allo stato di conservazione dell'opera e ai vari interventi di restauro, inserendo immagini ravvicinate delle parti danneggiate ed evidenziando le zone dove era necessaria una ricostruzione digitale. Infine viene illustrata un'immagine che mostra gli interventi di restauro, dando così ulteriori informazioni agli spettatori su quali parti è stata necessaria una ricostruzione digitale, simile ad un vero e proprio restauro.

Fig. 52: Testo del voice-over narrativo, con voce generata dall'AI

🎙️ Alessandro Conver... 🇮🇹 Italian ▾ 1.0x

▶ Oggi scopriremo la storia della statua di Tamon-Ten, un capolavoro del patrimonio giapponese, analizzandone la struttura attraverso un modello 3D digitale. Un'esperienza immersiva tra passato e innovazione.

🎙️ Alessandro Conver...

Tamon-Ten, conosciuto in sanscrito come Vaiśravaṇa, è uno dei Quattro Re Celesti del buddhismo. Protettore del Nord e simbolo di giustizia e forza, Tamon-Ten è spesso raffigurato in armatura, con un'espressione severa, pronto a difendere la verità.

🎙️ Alessandro Conver...

Tradizionalmente raffigurato in posizione eretta e imponente, Tamon-Ten regge spesso una lancia o una pagaia di comando in una mano, simbolo di autorità, mentre nell'altra tiene una stupa o un oggetto sacro, a rappresentare la protezione del Dharma.

🎙️ Alessandro Conver...

Il posizionamento della statua all'interno del tempio non è casuale: Tamon-Ten è spesso orientato verso il Nord, in accordo con la sua funzione di protettore di questa direzione. La sua postura fiera e la base solida riflettono la necessità di trasmettere una sensazione di forza e protezione spirituale.

🎙️ Alessandro Conver...

Per preservare e studiare quest'opera d'arte è stata realizzata una digitalizzazione tridimensionale tramite la fotogrammetria, fotografando la statua da diverse angolazioni e utilizzando luci artificiali per evidenziare i dettagli e ridurre le ombre. Ogni scatto è stato eseguito con precisione, annotando le distanze esatte e gli angoli di ripresa.

🎙️ Alessandro Conver...

Dopodichè con il software Agisoft Metashape sono state allineate le immagini per creare una prima nuvola di punti. Tuttavia, alcune foto non si sono allineate correttamente. Infatti per risolvere il problema è stato utilizzato l'allineamento manuale, segnando punti di riferimento comuni tra le immagini e migliorando notevolmente la qualità del modello 3D finale.

Timeline ^

🎙️ Alessandro Conver... 🇮🇹 Italian ▾ 1.0x

▶ Inoltre, un'indagine UV ha permesso di distinguere almeno due interventi di ritocco concentrati principalmente sul lato destro del volto in corrispondenza di un massello significativamente danneggiato da insetti xilofagi. La superficie della testa risulta leggermente appiccicosa al tatto, suggerendo l'uso di una sostanza come zucchero o miele.

🎙️ Alessandro Conver...

La scomposizione digitale ha permesso di isolare le varie sezioni, analizzandone la geometria e le tecniche di lavorazione, offrendo una visione che sarebbe difficile ottenere attraverso l'osservazione diretta.

🎙️ Alessandro Conver...

Le aree danneggiate o mancanti sono state ricostruite digitalmente, mentre le texture originali sono state migliorate per restituire una visione più fedele dell'opera. Questo processo non solo preserva l'opera, ma consente anche di analizzarla e apprezzarla da nuove prospettive, difficili da ottenere nel contesto fisico.

🎙️ Alessandro Conver...

Questa ricostruzione digitale non è stato solo un esercizio tecnico ma un modo per preservare la memoria storica e offrire nuove opportunità di studio e fruizione culturale. Un'opera d'arte che continua a raccontare la sua storia, grazie al dialogo tra tradizione e innovazione tecnologica.

Pick your preferred version **Regenerate**

Inoltre, un'indagine UV h (2)

Inoltre, un'indagine UV h (1)

**Get Faster Generations**

⚡ For faster generations, upgrade your plan.

ⓘ Each sample is unique. Click on "Regenerate" to create multiple samples and select the one you prefer.

Fig. 53: Diverse versioni e tonalità di voce generate dall'AI

## 4.4 L'impatto dell'esperienza digitale sul cervello

Le esperienze digitali di questo tipo, come la visione di un video animato, possono avere un impatto importante sul cervello umano, stimolando diverse aree di esso e lasciando delle tracce cognitive importanti, grazie alla loro natura coinvolgente. Queste esperienze catturano maggiormente l'attenzione dell'utente, stimolando l'apprendimento e suscitando diverse emozioni, rendendo molto più efficace la comunicazione culturale e la trasmissione delle informazioni.

Le esperienze interattive e immersive attivano una serie di aree cerebrali, come:

1. La corteccia visiva primaria (fig. 54), situata nel lobo occipitale, è responsabile dell'elaborazione di tutti gli stimoli visivi e grazie alla fruizione di contenuti come video animati essa viene stimolata, migliorando la percezione visiva e la capacità di distinguere i dettagli.
2. La corteccia prefrontale (fig. 55), che viene coinvolta nei processi cognitivi superiori, come il problem solving o l'attenzione, viene arricchita dalle informazioni come video animati che attivano quest'area, migliorando la comprensione e l'assimilazione dei contenuti.
3. Il sistema limbico include l'amigdala e l'ippocampo, fondamentali per l'elaborazione delle emozioni e per la memoria. I contenuti coinvolgenti e accattivanti possono suscitare delle emozioni intense e memorabili, rafforzando il ricordo dell'esperienza.
4. La corteccia parietale (fig. 56) è responsabile dell'orientamento spaziale e della comprensione della relazione tra i vari oggetti e informazioni. Nei video animati vengono mostrati oggetti tridi-

mensionali, come la statua ricostruita, e la corteccia viene stimolata, aumentando la capacità di capire strutture complesse dello spazio.

5. Il sistema dopaminergico viene stimolato dalle esperienze coinvolgenti e stimolanti, arricchite da un visual interessante e da una narrativa accattivante, attivando il rilascio di dopamina, il neurotrasmettitore associato al piacere e alla motivazione, rinforzando il coinvolgimento dell'utente e promuovendo un'esperienza memorabile e positiva.<sup>20</sup>

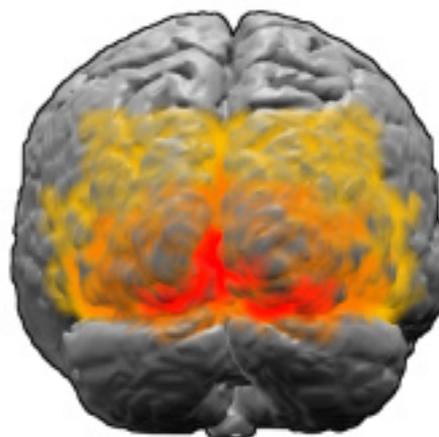


Fig. 54: Corteccia visiva primaria

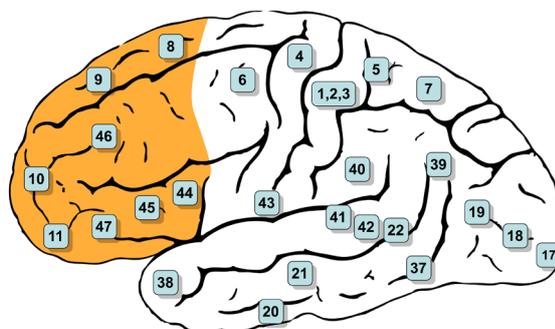


Fig. 55: Corteccia prefrontale

20: Phelps, E. A., & LeDoux, J. E.. "Emotion and the human brain: From self-awareness to empathy." *Neuron*, 48, 175-187, (2005)

I Benefici cognitivi ed emotivi di questa esperienza sono:

1. **Apprendimento potenziato:** I video animati riescono a combinare stimoli visivi, uditivi e testuali, stimolando un apprendimento multisensoriale e migliorando la comprensione delle informazioni riuscendole a memorizzare per più tempo.
2. **Maggiore attenzione:** Le esperienze digitali progettate con cura possono catturare e mantenere l'attenzione dell'utente, riducendo le distrazioni e aumentando la concentrazione sul contenuto presentato.
3. **Stimolo della creatività:** La combinazione visiva e sonora può ispirare a nuove idee, stimolando la creatività e l'immaginazione dell'individuo.
4. **Coinvolgimento emotivo:** Contenuti visivi ben progettati possono suscitare emozioni profonde che lasciano il segno, rafforzando l'esperienza complessiva e aumentando l'impatto di essa.

La fruizione di queste esperienze digitali può lasciare un forte impatto nella memoria degli spettatori, riuscendo ad acquisire non solo nuove informazioni, ma anche sviluppando molto più interesse per l'argomento presentato, associando l'esperienza in modo positivo e favorendo la motivazione ad approfondire l'argomento, stimolando l'apprendimento dell'utente.

Nei musei i video animati offrono un modo efficace per coinvolgere il pubblico, rendendo i contenuti più stimolanti e intriganti, stimolando la curiosità, migliorando la comprensione delle informazioni e connettendo di più le persone emotivamente con il patrimonio culturale mostrato. Il tutto rende l'esperienza più piacevole, rafforzando nel contempo il valore educativo e culturale delle mostre.<sup>21</sup>

21: Kühn, S., & Gallinat, J.. "Brains online: The effect of the Internet on our neural structure and function." *Frontiers in Psychology*, 5, (2014)

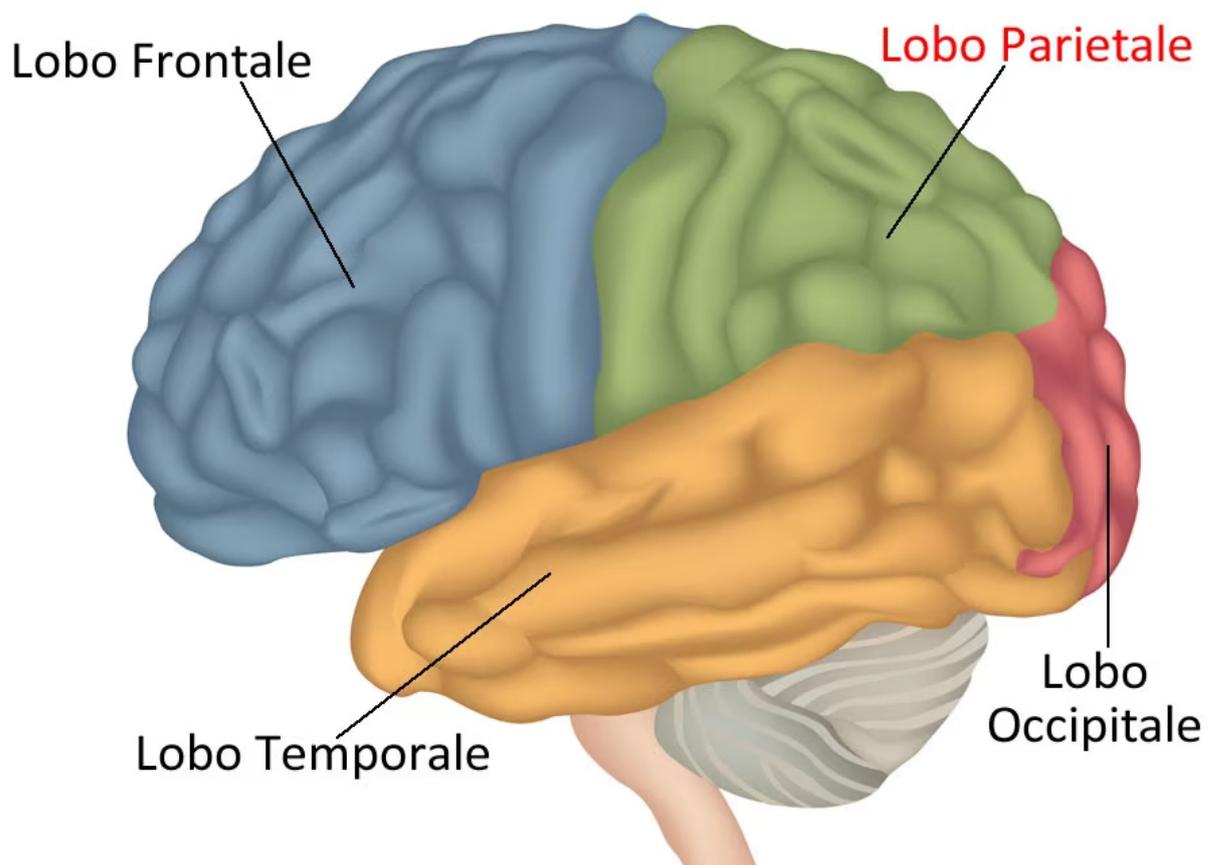


Fig. 56: Corteccia parietale

## 4.5 Possibilità di installazioni museali

L'esperienza digitale creata può essere integrata in diverse tipologie di installazioni museali, per migliorare l'engagement del pubblico e arricchire l'esperienza culturale ed educativa dello spettatore. Ci sono molti approcci per fruire del contenuto digitale, ognuno dei quali valorizza il contenuto storico e culturale in modo diverso, coinvolgendo però sempre attivamente il pubblico e rendendo l'installazione più interattiva:

1. Installazioni museali interattive: I musei sono il luogo perfetto per integrare un video animato che spiega in modo dettagliato la struttura e la composizione dell'opera. Il video potrebbe essere collocato a fianco della statua reale o al suo modello 3D, in modo tale da tenere il confronto con il contenuto digitale e l'opera fisica. Questo può essere fruito tramite:
  - Schermi touch (fig. 58): Consentono agli utenti di selezionare specifiche sezioni del video o approfondire dettagli riguardo la composizione o il restauro dell'opera.
  - Proiezioni immersive (fig. 61): Il video potrebbe essere proiettato su pareti o superfici che avvolgono i visitatori, creando un ambiente immersivo e coinvolgente che amplifica l'impatto emotivo.
  - Realtà aumentata (AR): Utilizzando un tablet o uno smartphone, il video potrebbe essere visualizzato in AR, sovrapponendosi al modello fisico della statua.

Questo tipo di installazioni interattive permettono un apprendimento emotivo migliorato, migliorano l'attenzione, sono più coinvolgenti e aiutano i visitatori a

comprendere meglio tutti i processi di lavorazione e di restauro.<sup>22</sup>

2. Spazi educativi: Le scuole e le università possono sfruttare questo contenuto digitale per effettuare lezioni o laboratori dedicati all'arte e alla cultura, arricchendo le lezioni teoriche e rendendole più interessanti e coinvolgenti. Le tecnologie utilizzabili in modo educativo sono:

- LIM (Lavagne Interattive Multimediale): Il video può essere utilizzato come strumento didattico e come supporto alla lezione teorica.
- Realtà virtuale (VR): In un'aula VR, gli studenti possono esplorare il modello 3D in modo immersivo (fig. 57, 59).

Gli spazi educativi aiutano a stimolare il pensiero critico, tramite il confronto tra quello che è il modello fisico e il modello digitale, aiutando gli alunni a comprendere le tecniche artistiche e ad incoraggiare la collaborazione degli studenti.



Fig. 57: Esempio di dispositivi VR utilizzati in modo didattico

22: Andrea Concas, <https://www.andreaconcas.com/tecnologie-immersive-musei/>, ultima consultazione: 16 Gennaio 2025

Fig. 58: Il primo museo del segno zodiacale, con installazioni digitali e schermi touch



Fig. 59: Esperienza VR dove si può visitare un intero museo in realtà virtuale

3. Eventi culturali e mostre temporanee: Durante mostre temporanee o eventi culturali, il video animato può essere presentato come elemento chiave per attirare il pubblico e può essere accompagnato da conferenze, laboratori o dimostrazioni dal vivo sul restauro digitale.

Le tecnologie utilizzabili sono:

- Videowall: Un grande schermo composto da pannelli video multipli per offrire un'esperienza visivamente impressionante (fig. 60).

Gli eventi culturali aumentano l'interesse, il tempo di permanenza dei visitatori, generano discussioni e interazioni sociali tra i partecipanti ed elevano il profilo tecnologico e innovativo dell'evento.

4. Spazi pubblici e gallerie urbane: In contesti urbani, il video animato può essere integrato in installazioni artistiche o informative posizionate in spazi pubblici. Questi punti di accesso offrono contenuti culturali a un pubblico più ampio, anche a chi non visita regolarmente musei o gallerie.

Le tecnologie utilizzabili sono:

- Display digitali pubblici: Schermi situati in piazze, stazioni o aree ad alto traffico pedonale.
- Chioschi interattivi: Postazioni dove i passanti possono interagire con il video o altre informazioni correlate.

Le installazioni in spazi pubblici democratizzano l'accesso alla cultura, invitano il pubblico a scoprire contenuti culturali.<sup>23</sup>



Fig. 60: Esempio di videowall all'interno del museo Porsche

23: Frame Blog, <https://frameblog.unibo.it/index.php/2022/05/05/mostre-immersive/>, ultima consultazione: 16 Gennaio 2025



Fig. 61: Esempio di video proiettati sulle superfici

# 5 Conclusioni finali

## 5.1 Valutazione finale del progetto

L'esperienza digitale progettata in questa tesi rappresenta un passo in più verso l'evoluzione della fruizione del patrimonio culturale e artistico, con l'obiettivo di rendere l'opera accessibile ad un pubblico più ampio e diversificato, superando quelle che sono le barriere fisiche e offrendo un modo di interagire con l'opera totalmente diverso rispetto alla tradizionale visita museale.

L'integrazione della modellazione tridimensionale ha permesso di dare più valore alla statua non solo come oggetto di valore storico ma anche come un elemento narrativo. Il video realizzato con CapCut ha fornito una narrazione chiara e coinvolgente, permettendo l'esplorazione della statua in un modo unico.

Uno degli aspetti più interessanti del progetto è quello di essere capace di attirare l'attenzione del pubblico, grazie anche alla ricostruzione digitale dell'opera, che può essere fruita non solo dai visitatori del museo ma anche da studenti, ricercatori e appassionati di storia e cultura orientale, da qualsiasi parte del mondo, democratizzando l'accesso alla cultura.

Quest'esperienza contiene inoltre di stimolare una maggiore curiosità ed interesse nell'utente, rendendo la visita meno passiva e noiosa ma più dinamica e interattiva. Grazie alla narrazione audio-visiva l'utente può comprendere meglio dettagli che con una semplice visita di persona non sarebbe riuscito a cogliere.



Fig. 62: foto scattata durante la fotogrammetria

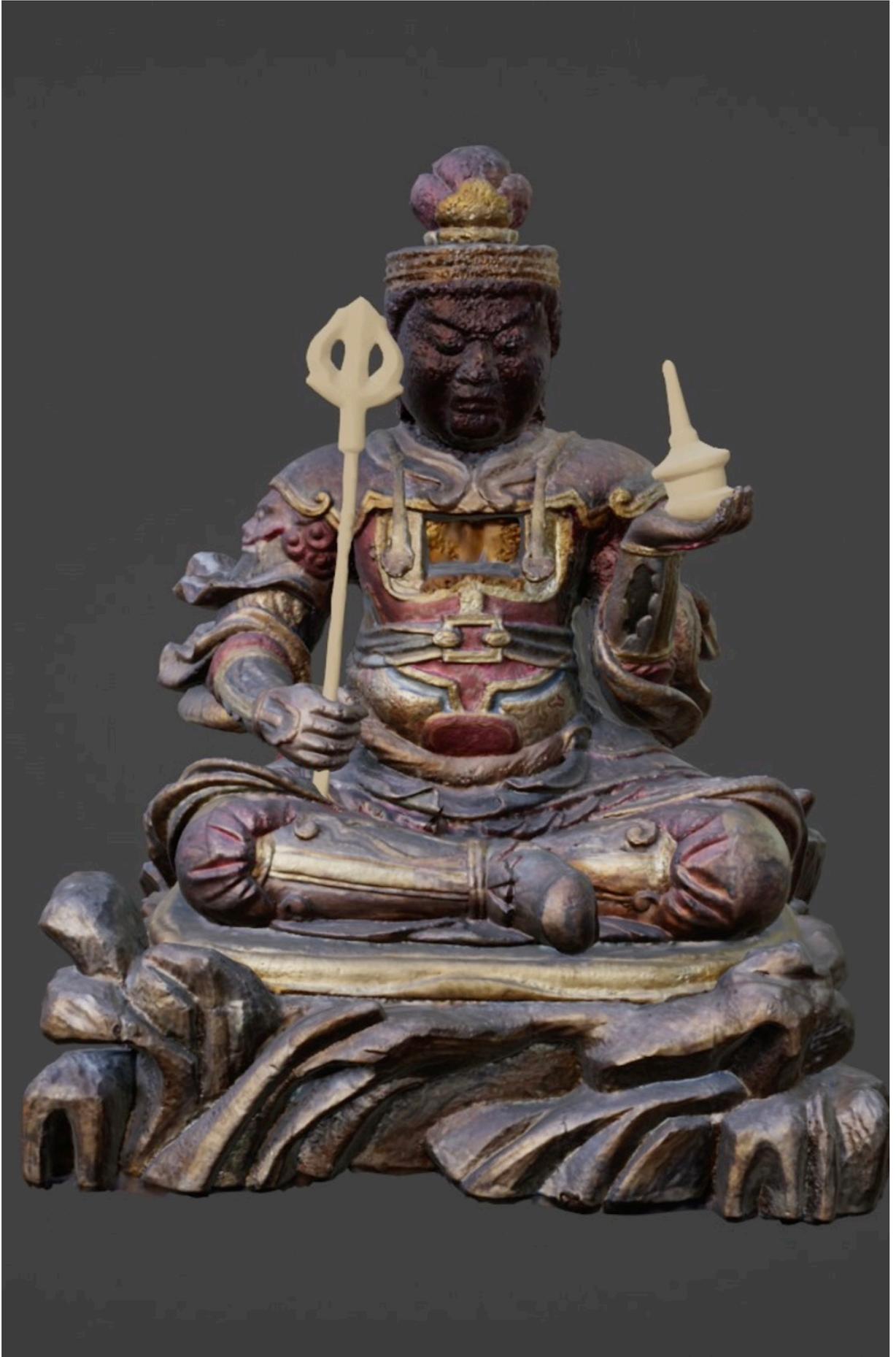


Fig. 63: Modello 3D completo di Tamon-Ten

L'uso della fotogrammetria (fig. 62) e della modellazione 3D (fig. 63, 64) ha reso possibile la creazione di questo modello fedele e dettagliato della statua, garantendo una documentazione e una fruizione digitale duratura. Questo aspetto non solo conserva meglio l'opera ma offre anche nuove possibilità di ricerca, di educazione e di comunicazione.

Il video realizzato con CapCut riesce ad amplificare l'impatto emozionale dell'esperienza, combinando immagini, animazioni e voice-over per trasformare la presentazione dell'opera in un vero e proprio viaggio multisensoriale.

Questo nuovo approccio permette non solo di informare meglio ma anche di coinvolgere in modo emotivo lo spettatore, rendendo l'esperienza interessante.

Il progetto apre la strada anche a nuove applicazioni e potenzialità nel campo della museologia digitale, come per esempio con l'integrazione della VR o della AR per offrire esperienze ancora più immersive e coinvolgenti, consentendo agli utenti di interagire con il modello 3D in tempo reale. L'implementazione dell'intelligenza artificiale potrebbe inoltre migliorare l'analisi delle opere d'arte, restituendo dati utili per informarci sulle loro condizioni e sugli eventuali restauri necessari.

Un altro aspetto da poter prendere in considerazione è la gamification, che potrebbe aumentare ulteriormente l'engagement del percorso interattivo, grazie a dei quiz educativi o delle esperienze personalizzate in base alle preferenze dell'utente.

In conclusione, questo progetto dimostra come la digitalizzazione e l'utilizzo delle nuove tecnologie possano rivoluzionare il modo con cui percepiamo e interagiamo con la cultura. L'integrazione di metodi come la fotogrammetria, la modellazio-

ne 3D e la creazione di contenuti digitali ha permesso di creare un'esperienza più immersiva, coinvolgente e accessibile, superando i limiti della visita tradizionale e rendendo l'arte più inclusiva e fruibile da tutti.



Fig. 64: Scomposizione anatomica del modello 3D completo di Tamon-Ten

# Bibliografia

- Bavelier, D., & Green, C. S. "The Effects of Digital Media on Cognitive Function." *Nature Reviews Neuroscience*, 20(2), 100–109, (2019).
- Becker, H. W., & Riedl, M. O. "Immersive storytelling for historical reconstructions." *Journal of Media Studies*, 15(2), 101-121, (2019).
- Bekele, M. K., & Champion, E. A comparison of immersive realities and interaction methods: Cultural learning in virtual heritage. *Frontiers in Robotics and AI*, 6, 91, (2019).
- S. Bennett, "Generative Art and Music: An Intersection of Creativity and Technology," *International Review of Multimedia Studies*, (2023).
- Bertacchini, E., & Morando, F. "The future of museums in the digital age." *Journal of Cultural Heritage*, 14(4), 304–309, (2013).
- Biedermann, B., & Lutz, K. "Multisensory Learning: The Impact of Combined Visual and Auditory Information on Memory." *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(11), 2034–2045, (2020).
- Bonetti, F., Warnaby, G., & Quinn, L. "Digital technologies and cultural heritage: New strategies for museum communication." *International Journal of Arts Management*, 20(1), 35-50, (2018).
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452-458, (2010).
- Champion, E. "Virtual heritage: New tools for interaction and engagement." *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 21, e00187, (2021).
- Colton, S., & Wiggins, G. A. "Computational creativity: The final frontier?" *AI Magazine*, 38(1), 15-25, (2018).
- Gagné, A. "3D modeling for cultural heritage applications: Challenges and opportunities." *Journal of Cultural Heritage*, 46, 42–50, (2020).
- Garzoni, M., Vezzoli, C., & De Lorenzi, F. "The concept of digitalization and its applications in the cultural sector." *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 10(2), 87-102, (2020).
- Gonthier, B. "Applications of Blender in Cultural Heritage: Opportunities and Challenges." *Journal of Digital Cultural Heritage*, 8(3), 45–67, (2021).
- Gruen, A. "Development and status of image matching in photogrammetry." *The Photogrammetric Record*, 27(137), 36–57, (2012).
- Guidi, G., et al. 3D imaging and modeling of complex scenes for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 7(2), 1-23, (2014).
- Hess, R. "Blender Foundations: The Essential Guide to Learning Blender 2.8." Focal Press, (2016).
- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. "We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education." *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10, (2017).
- Ioannides, M., et al. *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*. Springer International Publishing, (2014).

- Keil, J., et al. Augmenting the visitor experience with 3D models on mobile devices: Contextual and spatial concerns. *Digital Heritage International Congress*, (2013).
- Kersten, T. P., & Lindstaedt, M. "Image-based low-cost systems for automatic 3D recording and modeling of cultural heritage." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39, 91-96, (2012).
- Kühn, S., & Gallinat, J. "Brains online: The effect of the Internet on our neural structure and function." *Frontiers in Psychology*, 5, 1439, (2014).
- Lerma, J. L., & García-Sellés, D. "Digital photogrammetry and 3D modeling in cultural heritage documentation." *Virtual Archaeology Review*, 5(10), 13-20, (2014).
- A. Lopez, "Bridging Disciplines: The Role of AI in Multisensory Experiences," *Journal of Digital Innovation in Cultural Heritage*, (2023).
- Marchesi, E., & Rovetta, A. "Digital twins in cultural heritage: Case studies and methodologies." *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 22, e00245, (2021).
- McCormack, J., Gifford, T., & Hutchings, P. "Autonomous creative systems and generative art." *Journal of New Music Research*, 48(1), 36-50, (2019).
- Niccolucci & Hermon. "Digital Heritage Preservation", (2015).
- T. Pagano. "Tecnologie digitali nei musei archeologici: il caso della mostra Germanico Cesare", *Journal of Virtual Archaeology*, (2020).
- Pallud, J., & Monod, E. "User experience of museum technologies: The case of virtual tours and interactive displays." *Information & Management*, 56(3), 365–379, (2019).
- Parry, R. "Museums in a Digital Age." Routledge, (2019).
- Phelps, E. A., & LeDoux, J. E. "Emotion and the human brain: From self-awareness to empathy." *Neuron*, 48(2), 175-187, (2005).
- Pieraccini, M., et al. 3D digitizing of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 2(1), 63-70, (2001).
- Remondino, F., & Campana, S. "3D recording and modelling in archaeology and cultural heritage: Theory and best practices." *Archaeopress*, (2014).
- Remondino, F., & El-Hakim, S. "Image-based 3D modelling: A review." *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269–291, (2006).
- Remondino, F., & Rizzi, A. "Reality-based 3D documentation of natural and cultural heritage sites." *Applied Geomatics*, 7(2), 85-102, (2015).
- E. Rosa. "La museologia immersiva e la valorizzazione del patrimonio: il caso Germanico Cesare", *Cultural Heritage Studies*, (2021).
- Rose, F. D., & Attree, E. A. "Virtual reality in brain research and rehabilitation." *International Journal of Virtual Reality*, 5(2), 12-25, (2001).
- M. Rossi, "L'intelligenza artificiale nella creazione artistica: Nuove prospettive per la cultura digitale," *Digital Humanities Research Journal*, (2022).

Sacchi, L., & Piva, A. "Technological innovation in museum exhibitions: From static displays to immersive experiences." *Computers in Human Behavior*, 110, (2020).

Sapirstein, P., & Murray, S. "Establishing best practices for photogrammetry in archaeology." *Journal of Archaeological Science*, 84, 139-152, (2017).

Stylianidis, E., & Remondino, F. 3D recording, documentation and management of cultural heritage. Dunbeath: Whittles Publishing, (2016).

Tanasi, D. Digital tools for the visualization of archaeological landscapes: A review. *Heritage*, 3(4), 1003-1020, (2020).

P. Verdi et al., "Exploring AI-Driven Synthetic Art: The MusicAI Project," *Journal of Artificial Intelligence in the Arts*, (2023).

UNESCO. "Digital Heritage and its Role in Cultural Sustainability", (2021).

# Sitografia

MAO Torino, <https://www.maotorino.it/it/welcome/storia-e-allestimento/>, ultima consultazione 28 dicembre 2024.

MAO Torino, <https://www.maotorino.it/it/collezioni/>, ultima consultazione: 28 Dicembre 2024.

Insideart, <https://artsandculture.google.com/partner/museo-d-arte-orientale?hl=it>, ultima consultazione: 30 Dicembre 2024.

Insideart, <https://insideart.eu/2016/02/22/mao-la-citta-proibita-rivive-son-oculus-rift/>, ultima consultazione: 30 Dicembre 2024.

InOnda, <https://inonda.fondazionetorinomusei.it/>, ultima consultazione: 30 Dicembre 2024.

Kansai Odyssey, <https://kansai-odyssey.com/introduction-buddhist-statues/>, ultima consultazione: 2 Gennaio 2025.

Università di Bologna, <https://site.unibo.it/aldrovandi500/it/mostra-altro-rinascimento-ulisse-aldrovandi>, ultima consultazione: 02 Gennaio 2025.

Cornell University, <https://arxiv.org/abs/2308.15920>, ultima consultazione: 29 Dicembre 2024.

Cornell University, <https://arxiv.org/abs/2405.02113>, ultima consultazione: 29 Dicembre 2024.

Fondazione Golinelli, <https://www.fondazionegolinelli.it/it/news/un-viaggio-tra-arte-e-scienza-nel-metaverso-con-ulisse-aldrovandi>, ultima consultazione: 10 Gennaio 2025

Notte dei ricercatori, <https://www.notteiricercatori-society.eu/eventi/piazza-scaravilli-musei-nel-metaverso-aldrovandi-500-una-mostra-virtuale>, ultima consultazione: 10 Gennaio 2025

Umanistica Digitale, Università di Bologna, <https://umanisticadigitale.unibo.it/article/download/12629/13113>, ultima consultazione: 15 Gennaio 2025

Andrea Concas, <https://www.andreaconcas.com/tecnologie-immersive-musei/>, ultima consultazione: 16 Gennaio 2025

Frame Blog, <https://frameblog.unibo.it/index.php/2022/05/05/mostre-immersive/>, ultima consultazione: 16 Gennaio 2025



**Politecnico  
di Torino**