



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Architettura e Design

Corso di Laurea Triennale in Design e Comunicazione Visiva

A.A. 2023-2024

VR EXPERIENCE per il Museo d'Arte Orientale di Torino

Ricostruzione virtuale sito archeologico e reperti MAO

Relatrice:

Roberta Spallone

Candidato:

Marcello Raso

Correlatori:

Prof. Fabrizio Lamberti

Dott.ssa Laura Vigo

Arch. Francesca Ronco

Lorenzo Valente

VUOTA

DEDICA

VUOTA

INDICE

INDICE

VUOTA

INTRODUZIONE

Il progetto, sviluppato in collaborazione con il MAO di Torino (Museo d'Arte Orientale), ha come scopo principale la realizzazione di un'esperienza immersiva sfruttando la tecnologia VR al fine di creare un'esperienza immersiva e completa per l'utente.

Il fulcro sono i rilevamenti digitali delle opere presenti al museo, modellate tridimensionalmente e rese disponibili come copie virtuali.

Questo approccio non solo preserva l'integrità degli artefatti originali, ma consente anche ai visitatori di esplorare e apprezzare le collezioni del MAO in modo innovativo e interattivo.

Le dieci opere ricostruite, rinvenute all'interno di tombe del periodo Han e facenti parte di corredi funerari, sono state posizionate all'interno di una tomba creata digitalmente a partire dalla numero 61 del

complesso di Luoyang (Henan). In questo modo l'utente può anche osservare come venivano disposti all'interno dei sepolcrali reperti, oltre a ricevere informazioni circa la tomba stessa.

Il progetto è diviso in più fasi, un iniziale acquisizione fotogrammetrica delle opere effettuato in loco al MAO di Torino, una ricostruzione digitale sfruttando la tecnologia della fotogrammetria e software di modellazione come Blender per l'ottimizzazione e la creazione della tomba e infine l'utilizzo degli asset così creati per lo sviluppo dell'app VR su Unity.

Capitolo 1

INNOVAZIONE PER I BENI CULTURALI



1.1 TECNOLOGIA E DIGITALIZZAZIONE

Nel periodo in cui viviamo la tecnologia è diventata parte integrante delle nostre vite, sia nel quotidiano che in ambito medico e scientifico.

L'uomo con il tempo sta sviluppando un attaccamento e una dipendenza nei confronti della tecnologia e questo cambiamento porta con sé la necessità di identificare nuove modalità comunicative da parte dei musei, che richiedono un cambio di direzione. Mirano ad agevolare la comprensione e a presentare concetti in maniera più chiara e sintetica, riuscendo così a raggiungere un pubblico più vasto ponendosi come scopo principale la condivisione del patrimonio culturale.

1.1.1 Digitalizzazione e Cultura

La digitalizzazione, ovvero l'atto di "tradurre le informazioni nel linguaggio dei computer"¹ ha trasformato i processi di

conservazione e diffusione del patrimonio culturale. Il rapporto tra digitalizzazione e cultura ha aperto nuove possibilità per preservare e condividere le eredità artistiche e storiche, rendendole accessibili a un pubblico più vasto.

Le opere d'arte sono da sempre soggette alla deteriorazione fisica, in molti casi anche la memoria circa il contesto in cui l'opera era nata e viveva rimane circoscritta agli studiosi e agli operatori del settore, rimanendo ignota alla collettività. La digitalizzazione agisce anche per far fronte a questi problemi, creando una copia fedele e virtuale dell'oggetto, potenzialmente eterna e intaccabile da agenti esterni, escludendo l'obsolescenza dei supporti e dei software per fruirne, dando la possibilità ad appassionati o studiosi di agire sull'opera senza mettere a rischio l'originale (Figura 1.).

1.A. LUIGINI, C. PANCIOLOI, *Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio*, Franco Angeli, 2018, p. 21-22



Figura 1. Digitalizzazione papiri, Museo Egizio di Torino

Non mancano però i problemi; la conversione in formato digitale deve essere sicura e poter difendere i diritti d'autore, attuando perciò un uso responsabile delle tecnologie digitali.

1.1.2 *L'era digitale e i cambiamenti*

“Il binomio cultura-tecnologia permette di immaginare nuovi orizzonti, in cui le opere d'arte e i reperti archeologici diventino sempre di più mezzi di conoscenza, oggetti da guardare, ma anche da ‘toccare’ e far ‘vivere’”² ed è seguendo queste linee guida che i musei ad oggi si stanno indirizzando verso un approccio che sfrutta sempre di più le ICT (Information and

Communication Technology) per cercare di aggiornare le metodologie con cui rendono fruibili i loro contenuti, generando nuovi modelli comunicativi basati sulle “3M” (museo, medium, mass-media)³.

Nel museo tecnologico il visitatore è stimolato ad interagire con l'ambiente, essere partecipe di un'avventura e utilizzare in maniera attiva la sua curiosità, andando a svecchiare il concetto di visita museale.

Secondo un'indagine del PoliMi effettuata nel 2022 riguardante l'innovazione digitale nei teatri, è risultato come la possibilità di acquistare online i biglietti incida sul totale delle entrate in maniera più significativa di quanto non avvenga nei musei.

2. RENATO BILOTTO, *Le nuove tecnologie multimediali nel settore culturale: il loro impatto sulla fruizione e sull'esperienza dei visitatori*, 2019. p. 2

3. G. PASCUCCI, *Comunicazione Museale*, EUM Ed, Macerata, 2017

Dal sito diretto del teatro transita, infatti, mediamente l'11% dei ricavi e da altri intermediari online il 12% (nei musei le rispettive quote sono il 7% e il 4%). Guardando alle attività di marketing digitale, il 59% dei teatri fa advertising online o sui social, il 23% Search Engine Optimization, il 10% remarketing. Il 58% raccoglie dati in modalità digitale e il 14% ha investito in sistemi di cybersecurity e data protection. Su tutti questi ambiti si registrano percentuali inferiori di adozione da parte di musei, monumenti e aree archeologiche rispetto ai teatri.

Dall'indagine risulta comunque marcata la volontà dei musei di voler aggiornare le loro metodologie, volendo investire nei prossimi anni un 28% delle risorse in digitalizzazione e tecnologia.

Questa spinta all'investimento futuro è comunque fondata su casi studio e ricerche scientifiche. Nel 2002 l'Interaction Design Center di Limerick (Irlanda) ha svolto un'indagine in

collaborazione con il The Hunt Museum di Limerick⁴, cercando di studiare il comportamento e le interazioni del pubblico con l'ambiente museale.

Il team che si occupò di analizzare i dati, definito SHAPE, notò che le maggiori interazioni si avevano in aree in cui gli oggetti erano disposti in delle Cabinets of Curiosities, ovvero apposite teche dotate di scomparti mobili simili a cassette in cui i reperti sono visibili da vicino, separati solo da un vetro.

I visitatori rimasero molto sorpresi dalla possibilità di poter interagire con l'ambiente e osservare così dettagliatamente le opere, generando di risposta curiosità e di dialoghi costruttivi.⁵

4. LUIGINA CIOLFI, *Designing Interactive Museum Exhibits: Enhancing visitor curiosity through augmented artefacts*, Catania, ECCE11, 2002

5. Ibid

1.2 STRUMENTI PER LA DIGITALIZZAZIONE MUSEALE

Quando si parla di conservazione del patrimonio culturale a scopo di studio l'utilizzo delle nuove tecnologie si può applicare senza dover tenere in considerazione la variabile dello user, ma la creazione di un museo virtuale e aggiornato non deve fondamentalmente tradursi in un mero utilizzo di tali tecnologie per ricreare ciò che già esiste.

In un ambiente museale il visitatore è un elemento cruciale, il livello di soddisfazione gioca un ruolo non trascurabile per la realizzazione di un'installazione efficiente.

Per far sì che ciò avvenga non si dovrà semplicemente progettare un museo o un'esibizione in 3D, ma trovare un modello virtuale che sia adatto alle persone.⁶

La User Experience (UX) risulta perciò un elemento da tenere fortemente in considerazione quando si sviluppano applicazioni che si interfacciano con un grande pubblico, per essere facili

ed intuitive.

Jackob Nielsen⁷ riassume i punti fondamentali da rispettare in quelle che sono definite le 10 euristiche di usabilità⁸:

- *Visibilità dello stato del sistema*: mettere al corrente lo user di cosa sta succedendo, dove si trova e cosa può fare. Bisogna sempre informare l'utente delle sue azioni e le conseguenze (messaggi di errore, messaggi di conferma, feedback).
- *Corrispondenza tra il sistema ed il mondo reale*: i primi sistemi operativi sono nati per essere comprensibili all'utente, utilizzando parole e immagini legate al mondo reale, come "cestino" e "cartelle". Seguendo questa ideologia bisogna identificare concetti base reali e applicarli al mondo virtuale, usando icone che corrispondano al contesto.
- *Controllo e libertà dell'utente*: lo user deve sempre essere in

6. BIN WANG, *Digital Design of Smart Museum Based on Artificial Intelligence*, Hindawi, 2021, p. 11-12

7. Ph.D. in Human-Computer Interaction, Politecnico Danese

8. JACKOB NIELSEN, *Usability Engineering*, Academic Press, US, 1993

grado di decidere. Poter annullare un'azione, ripeterla e muoversi secondo la sua volontà.

- *Coerenza e standard*: mantenere un livello di coerenza all'interno del prodotto, in linea con prodotti simili. L'utente tende ad essere abitudinario e appropria con difficoltà schemi differenti.
- *Prevenzione degli errori*: ovvero fare in modo che l'utente non incorra in errori, creando un percorso semplice e intuitivo.
- *Prediligi il riconoscimento al ricordo*: poter riconoscere un'informazione legata ad un'elemento senza doverla ricordare è più facile, utilizzando ad esempio delle anteprime.
- *Flessibilità ed efficienza d'uso*: creazione di scorciatoie per facilitare l'uso da parte dell'utente e compiere azioni in maniera più rapida.
- *Estetica e progettazione minimalista*: ridurre al minimo qualsiasi elemento superficiale al fine di evitare distrazioni e nascondere informazioni importanti.

- *Riconoscere, diagnosticare ed uscire dalle situazioni di errore*: nonostante si cerchi di ottimizzare la user experience in maniera da evitare gli errori è inevitabile che questi accadano. L'utente deve essere messo al corrente del problema e indirizzato verso la soluzione.
- *Supporto e documentazione*: per quanto si ottimizzi e semplifichi la UX, a volte non è sufficiente e bisogna perciò fare riferimento a tutorial e documenti relativi al corretto funzionamento del sistema.

Come traspare dai diversi punti il fulcro centrale è l'utente e il suo approccio con il sistema, applicabile anche nella progettazione di un'esperienza innovativa e virtuale in ambito museale, seguito da un digital storytelling che accompagni l'esperienza⁹.

Il digital storytelling può essere inteso come l'utilizzo delle piattaforme digitali per scopi narrativi, rendendo lo user parte

9. SELMA RIZVIC, VENSADA OKANOVIC, DUSANKA BOSKOVIC, *Digital Storytelling* in Springer Series on Cultural Computing (SSCC), 2020

integrante dell'opera¹⁰, in grado perciò di influenzarne il corso degli eventi e agire al suo interno indisturbatamente.

Il digital storytelling più immersivo si ha utilizzando la tecnologia VR¹¹, il VR Storytelling, sfruttando la possibilità di muoversi nello spazio e interagire direttamente con gli elementi presenti, dando quella sensazione precedentemente descritta di sentirsi attore attivo nell'opera¹².

Dal punto di vista tecnico e di sviluppo sono principalmente tre i metodi alla base della digitalizzazione e la creazione di un digital storytelling efficace:

- Fotogrammetria e SfM
- Modellazione 3D
- XR

è importante stabilire che una tecnica non esclude l'altra, anzi, l'utilizzo di queste tre approcci in maniera omogenea può produrre risultati ottimizzati sia dal punto di vista estetico, replicando in maniera fedele il reperto in

tutte le sue sfaccettature, sia dal punto di vista tecnico, creando un modello virtuale leggero che faciliti la condivisione e l'utilizzo in applicazioni successive.

1.2.1 Fotogrammetria e SFM

La fotogrammetria è una tecnica di rilievo impiegata per la ricostruzione virtuale sia di aree molto vaste, come edifici o terreni, che di oggetti di piccole dimensioni o interni .

Per il trattamento di aree con una superficie estesa gli strumenti utilizzati possono essere di vario tipo, ma solitamente si opta per rilievi ottenuti con laser, utilizzando ad esempio la tecnologia LIDAR¹³ per un'acquisizione rapida e lineare, con l'impiego di un drone per semplificare il processo.

Nel caso in cui vengano adoperate fotocamere, una volta ricavate le immagini è necessario fornire dati e informazioni relative alle immagini, come la posizione e l'orientamento della fotocamera al momento di ciascuno scatto¹⁴, generando un modello preciso a

10. C. HANDLER MILLER, *Digital Storytelling: A Creator's Guide to Interactive Entertainment*, Taylor & Francis, 2004

11. Virtual Reality

12. SELMA RIZVIC, VENSADA OKANOVIC, DUSANKA BOSKOVIC, *Digital Storytelling* in Springer Series on Cultural Computing (SSCC), 2020, p. 8



Figura 2. Edificio ricostruito virtualmente con la tecnica fotogrammetrica

livello metrico, ma carente nella qualità delle texture. Questo discorso non si applica se si sfruttano le scansioni con il laser. Quando ci avviciniamo alla fotogrammetria per la realizzazione di modelli di dimensioni contenute il processo viene definito Structure from Motion (SfM), su cui ci soffermeremo maggiormente dato il suo impiego nel progetto della tesi.

L'SfM è una tecnica derivata dalla computer vision che permette di ricostruire una scena tridimensionale a partire da una serie di immagini bidimensionali catturate da diverse posizioni, senza richiedere informazioni preliminari sulla posizione della fotocamera, cosa che invece

accade con la fotogrammetria tradizionale.

Nonostante ci sia maggiore libertà nell'acquisizione di immagini, bisogna comunque tenere a mente che la qualità e la metodologia con cui verranno effettuati i rilievi inciderà sul risultato finale, bisognerà perciò assicurarsi che le immagini catturate contengano informazioni sufficienti e dettagliate per una ricostruzione accurata.

Esistono diversi software attualmente in commercio per la ricostruzione digitale, i più conosciuti e completi sono Agisoft® Metashape, ReCap® (di Autodesk®), Colmap®, 3DF Zephyr.

Una volta caricate le immagini

13. Laser Imaging Detection and Ranging

14. T. LUHMANN, S. ROBSON, S. A. KYLE, *Close Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications*, Whittles, 2006

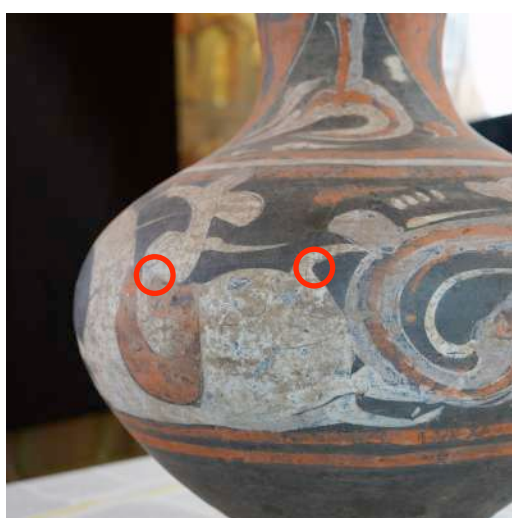
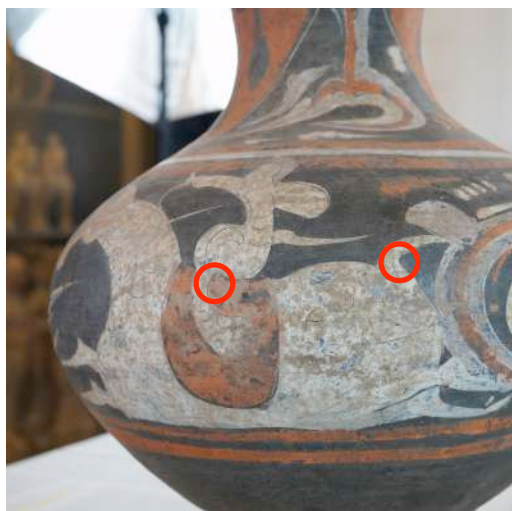


Figura 3. Esempio identificazione Keypoint

15. KATHERINE SHERVAIS, *Structure from Motion (SfM) Photogrammetry Field Methods Manual for Students*, EathScope Consortium, 2013, p. 3-4

un algoritmo si occupa di determinare i punti in comune tra le diverse foto, definendo i keypoint¹⁵. (Figura 3.)

Esistono diversi tipi di algoritmi, ma nel panorama del SfM due sono quelli più utilizzati:

- SIFT¹⁶: utilizza un approccio basato sul filtro della differenza di Gauss per identificare i punti chiave e per caratterizzarli. Non ha problemi a rilevare differenze di scala, rotazione e non risente troppo delle differenze di illuminazione.
- SURF¹⁷: progettato per essere più veloce di SIFT. Utilizza anch'esso il filtro di Gauss ma applica anche filtri Haar per rilevare i punti chiave, risultando meno preciso, ma sufficientemente resistente ai cambi di scala rotazione e illuminazione.

Il SURF risulta più preciso, ma richiede una quantità maggiore di potenza da parte del calcolatore,

16. Scale-Invariant Feature Transform

17. Speeded Up Robust Feature



Figura 4. Ricostruzione del modello 3D con Agisoft® Metashape, dettaglio posizionamento camere

mentre il SURF ha una maggiore velocità di elaborazione dei dati a discapito della qualità finale¹⁸.

Una volta determinati i keypoint il software si occuperà del posizionamento nello spazio delle camere virtuali, ricavando distanza e angolazione rispetto all'opera dai dati raccolti (Figura 4.) sfruttando il principio di collinearità e quello della triangolazione¹⁹.

Il principio di collinearità definisce che, dati tre punti definiti come:

- Punto Oggetto (P), un punto nello spazio tridimensionale
- Centro di Proiezione (C), il

- centro ottico della fotocamera
 - Punto Immagine (p), la proiezione del punto oggetto sul piano dell'immagine
- questi debbano giacere sulla stessa retta. Utilizzandolo si riesce così a triangolare la posizione della camera rispetto all'origine (opera).

Lo step successivo è la creazione di una nuvola di punti, prima a bassa densità definita Low Density Cloud e successivamente ad altra densità, High Density Cloud. Questo doppio processo avviene per ottimizzare i tempi; la creazione di una nuvola a bassa densità richiede un tempo

18. DAVID G. LOWE, *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*, University of British Columbia, Canada, 2004, p. 95-110

19. PAUL R. WOLF, BON A. DEWITT, BENJAMIN E. WILKINSON, *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, 4th Edition*, McGraw-Hill Education, 2019

nettamente inferiore per essere elaborata rispetto a quella ad alta densità, dando la possibilità all'utente di controllare la presenza di eventuali errori e attuare una modificare in corso d'opera.

Le nuvole di punti sono utilizzate per definire la mesh, ovvero le facce del modello 3D, utilizzando i punti come vertici per la creazione dei tris (facce con tre lati).

La texture viene ricavata successivamente con un processo simile a quello dei keypoint; utilizzando le immagini sorgente e localizzando i punti in comune viene generata una mappa in 2d dove vengono uniti tutti i punti contigui, dando come risultato una texture unica. (Figura 5.)

1.2.2 Modellazione 3D

La modellazione 3D viene descritta come la definizione di una forma tridimensionale in uno spazio virtuale²⁰.

Ha diverse applicazioni, come la realizzazione di modelli virtuali per la prototipizzazione

20. A. MAROTTA, M. LO TURCO, *Modellazione 3D, ambienti BIM, modellazione solida per l'Architettura e il Design*, Conference: Uno (nessuno) centomila prototipi in movimento, Milano, 2014



Figura 5. Esempio di texture prodotta da Agisoft® Metashape

industriale, la creazione di ambienti ed elementi per rendering e videogames, l'impiego nel mondo del cinema e la creazione di VFX²¹, potendo rappresentare il reale e non, aprendo la via anche ad artisti e freelancer.

Questa tecnica porta anche benefici nel campo della preservazione del patrimonio culturale, dalla possibilità di ricreare parti mancanti, inserire rilievi in ambienti pertinenti alla loro origine al poter effettuare un restauro digitale.

21. Visual Effects: termine con cui vengono definiti gli effetti speciali nel mondo del cinema.

La modellazione 3D può anche essere implementata nel workflow della ricostruzione SfM, riducendo il numero di poligoni mantenendo la qualità delle texture.

I software di modellazione 3d si suddividono in due macrocategorie principali, a seconda dell'approccio alla modellazione: software che utilizzano NURBS²² e software che utilizzano mesh.

Nei primi le superfici sono rappresentate da funzioni matematiche che descrivono curve con un'alta precisione, indipendentemente dalla qualità, sfruttando punti definiti di controllo (Figura 6.), pesi e

funzioni base spline²³.

Attualmente in commercio esistono innumerevoli software dedicati alla modellazione NURBS, ma per citarne alcuni tra i più conosciuti troviamo:

- *Rhinoceros*, utilizzato in architettura, design industriale e ingegneria.
- *SolidWorks*, software CAD per la progettazione di modelli 3D complessi.
- *Alias*, principalmente impiegato nel settore del design automobilistico, per creare superfici di alta qualità.

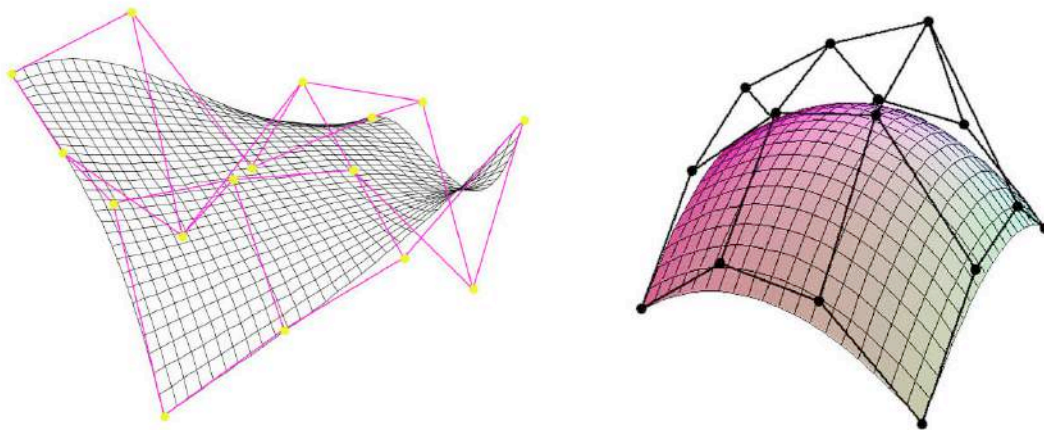


Figura 6. Punti di controllo utilizzati dalle NURBS per la definizione di superfici nello spazio.

22. Non-Uniform Rational B-Splines

23. LES PIEGL, WAYNE TILLER, *The NURBS book*, Springer, 1997

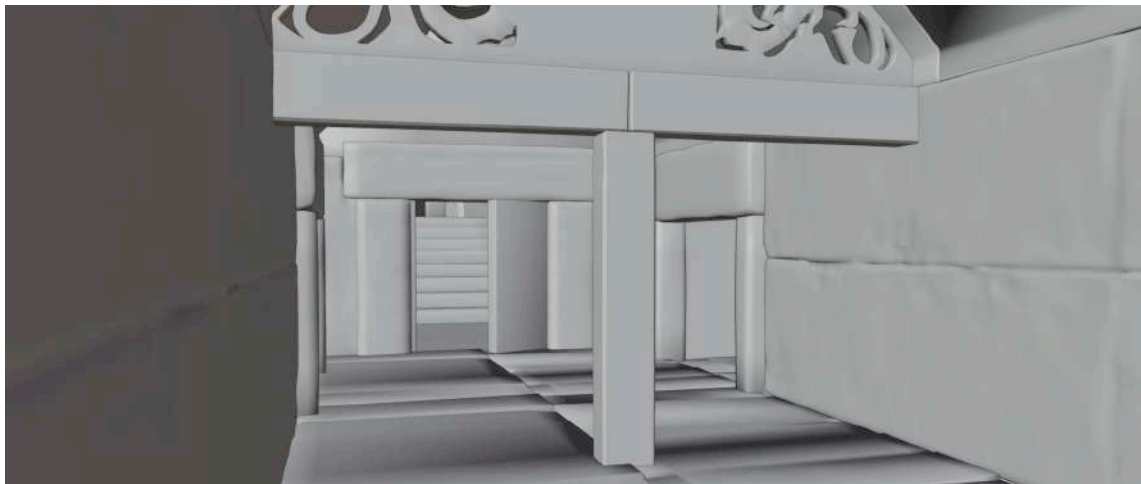


Figura 7. Ricostruzione tomba del periodo Han su Blender, particolare superfici

Le mesh invece, a differenza delle NURBS, sono superfici che vengono definite a partire da vertici, spigoli e facce, andando a generare una rete tridimensionale di poligoni.

La qualità e la precisione dipende dal numero di poligoni utilizzati, perciò una maggiore qualità si traduce di conseguenza in una maggiore complessità computazionale²⁴.

Questo aspetto negativo viene però controbilanciato da una facilità di utilizzo e una maggiore plasticità e organicità delle creazioni, meno lineari e meccaniche di quelle create utilizzando software basati sulle NURBS, dando la possibilità all'utente di scolpire virtualmente la realtà.

Ad oggi esistono diversi software, tra cui:

- *Blender* (Figura 7.), software open source per l'animazione, modellazione e rendering 3D, uno dei software attualmente più diffusi e meglio performanti.
- *Maya*, utilizzato per l'animazione e il rendering 3D, spesso utilizzato con mesh per modellare personaggi e oggetti complessi.
- *3ds Max*, di Autodesk®, noto per le sue capacità di modellazione, animazione e rendering basate su mesh.

24. JOHN F. HUGHES, ANDRIES VAN DAM, MORGAN MCGUIRE, DAVID F. SKLAR, JAMES D. FOLEY, STEVEN K. FEINER, KURT AKELEY, *Computer Graphics, Principles and Practice (Third Edition)*, Addison-Wesley, p. 635-636

1.2.3 XR

XR²⁵ è un termine a ombrello che comprende tutte quelle tecnologie che combinano il mondo reale con quello virtuale. Include la Realtà Virtuale, VR, la Realtà Aumentata, AR, e la Realtà Mista, MR, tecnologie che possono essere utilizzate per andare a definire e progettare un tour, un allestimento museale o un'esperienza che sia innovativa e immersiva per l'utente, coinvolgendolo attivamente.

Il termine AR venne coniato nel 1922 da Tom Caudell e David Mizell parlando di sovrapposizione tra immagini reali e virtuali²⁶ e già nel 1997 venne studiata per poter essere applicata ad un tour virtuale, progetto ad opera di Steven Feiner.

La cosiddetta Touring Machine²⁷ (Figura 8.) fu il primo sistema mobile di realtà aumentata (MARS) e consisteva in uno zaino contenente il computer provvisto di GPS, radio digitale e accesso wireless ad Internet, a



Figura 8. La Touring Machine

cui veniva collegato l'headset e l'interfaccia touch con cui gestire l'applicazione.

Possiamo perciò definire l'AR come una tecnologia che ci permette di sovrapporre elementi digitali, come immagini, video o informazioni, al mondo reale, migliorando la percezione dell'ambiente circostante.

Tale collegamento con il mondo reale viene invece completamente annullato quando parliamo di VR.

Il termine, coniato nel 1989 da

25. Extended Reality

26. THOMAS P. CAUDELL, D. MIZELL, *Augmented Reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing process*, Boeing Computer Services, Research and Technology, Seattle, 1992

27. S. FEINER, B. MACINTYRE, T. HOLLERER, A. WEBSTER, *The Touring Machine*, Columbia University, 1997

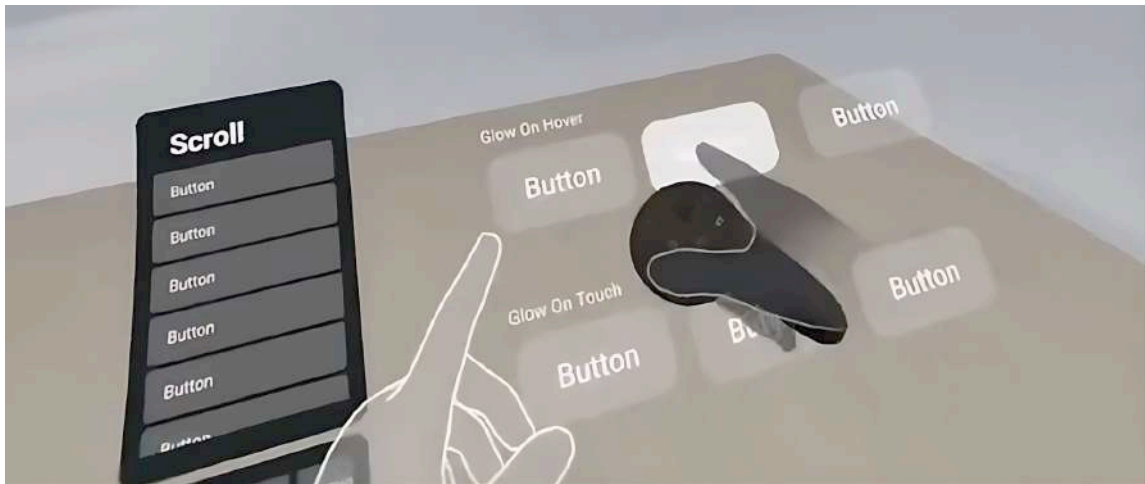


Figura 9. Hand-tracking implementato nell'Oculus Meta Quest 3

Jaron Lanier, si può definire come “un ambito tecnico-scientifico che sfrutta l'informatica e le interfacce comportamentali per simulare, in un mondo virtuale, il comportamento di entità 3D, le quali interagiscono in tempo reale tra loro e con uno o più utenti, in un'immersione pseudo-naturale, attraverso canali sensoriali e completamente virtuale, in cui un utente può interagire in maniera realistica”²⁸.

L'immersione totale si ha grazie ai visori (Figura 9.) provvisti di schermi interni e progettati per isolare l'occhio da elementi di disturbo, come la luce esterna. Sono inoltre dotati di due controller associati che permettono all'utente di muoversi e interagire all'interno

della simulazione premendo bottoni o utilizzando i joystick presenti.

Grazie alle nuove tecnologie si sta puntando a un'immersività totale, eliminando il controller in favore del riconoscimento delle mani, con una tecnologia di tracking sempre più accurata. (Figura 10.)



Figura 10. Visore dell'Oculus Meta Quest 3

28. BRUNO ARNALDI, PASCAL GUITTON, GUILLAUME MOREAU, *Virtual Reality and Augmented Reality*, Wiley-Iste, 2018

La Mixed Reality MR infine è una tecnologia che unisce tutti i principali capisaldi delle due tecnologie descritte in precedenza, fondendo l'ambiente virtuale con quello reale.

L'utente si muove nello spazio reale interagendo con oggetti digitali definiti Ologrammi (Figura 11.), potendoli guardare da diverse angolazioni muovendo la testa, avvicinarsi e allontanarsi da essi e avendo la possibilità di spostarli a piacimento nello spazio.

Affinchè questa fusione tra le due realtà possa avvenire in maniera spontanea e non

macchinosa vengono adottate interfacce definite Natural, legando a determinati movimenti delle mani delle risposte, ad esempio pinzando una finestra con pollice e indice la si potrà muovere liberamente nello spazio, oppure con un cenno della mano ci si potrà spostare tra diverse pagine aperte.



Figura 11. Interfaccia Apple Vision Pro

1.3 CASI STUDIO

Per poter comprendere lo stato dell'arte e progettare un'esperienza che si possa definire innovativa bisogna innanzitutto osservare validi esempi e utilizzi oculati delle nuove tecnologie in ambito museale.

1.3.1 Ricostruzione tomba del periodo Tang e inserimento opere

Nato dalla collaborazione tra il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino e il Museo d'Arte Orientale di Torino (MAO), il progetto consta di due parti fondamentali:

- la digitalizzazione delle opere presenti al MAO
- la creazione di un ambiente in cui inserirle

ponendosi come scopo finale la realizzazione di una visita in VR guidata da un solido storytelling che possa raccontare e illustrare all'utente informazioni sulle tombe ipogee del periodo Tang e i corredi funerari che venivano



Figura 12. Ricostruzione digitale “Gruppo di quattro attori”

posizionati all'interno²⁹.

Per la digitalizzazione dei reperti (Figura 12.), dopo aver effettuato i rilevamenti in loco, si è utilizzato un software per la Structure from Motion, ricavando dalle immagini in 2D modelli 3D iniziali dotati di texture, successivamente ottimizzati per ridurre i poligoni e rendere le opere meno pesanti da elaborare una volta inserite come asset nel progetto in VR.

La location scelta, ovvero una tomba del periodo Tang, ricostruita interamente su Blender senza l'ausilio di software

29. R. SPALLONE, et al., *3DModelling and Virtual Reality for museum heritage presentation: contextualisation of sculpture from the Tang Era*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLVIII-2/W4-2024



Figura 13. Ricostruzione digitale tomba dell'era Tang

secondari, creando sia il corpo principale che le texture, utilizzando come reference varie tombe dello stesso periodo per generare un prodotto finale omogeneo (Figura 13.).

La parte in VR è un'esperienza audio-visiva, l'utente può muoversi all'interno del mausoleo grazie alla funzione di teletrasporto, può osservare la struttura e i dipinti presenti sulle pareti muovendo la testa e interagire con le opere inserite. Utilizzando una tecnologia definita Gaze Interaction, sfruttando il punto focale dell'utente, andranno a comparire informazioni sia di tipo visivo (testo) che audio (voiceover) in seguito ad un'osservazione prolungata di determinati

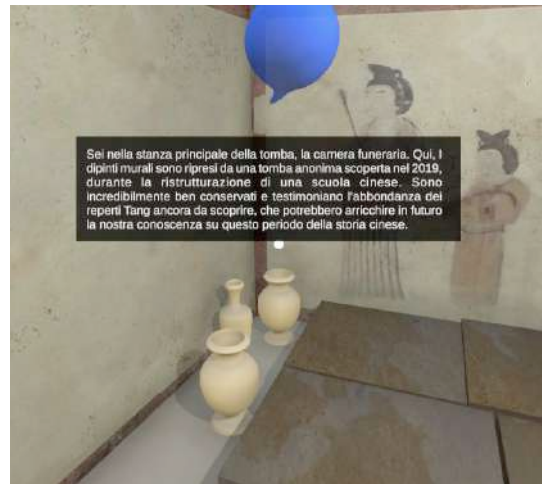


Figura 14. Interazione con i reperti

elementi (Figura 14.).

1.3.2 WHAT IF

Nel 2020, in occasione dell'annuale ricorrenza di Arte in Fiera, a Bologna, venne inaugurata una mostra temporanea dedicata all'unione tra arte e Virtual Reality.

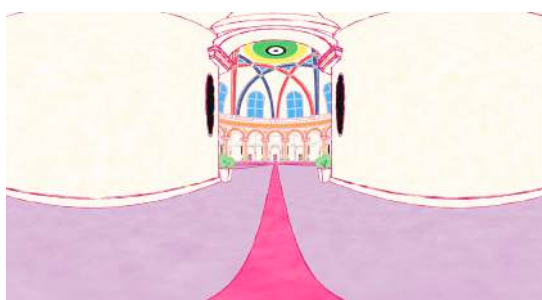
Il progetto, tenutosi presso le VRUMS³⁰, in collaborazione con Vitruvio Virtual Museum, voleva fare un punto della situazione sulle potenzialità e lo sviluppo della realtà virtuale in campo artistico, cinematografico e scientifico attraverso opere che riproducevano realtà passate o future, mondi e situazioni completamente immaginate.

30. Virtual Reality Art Rooms, Bologna. Complesso inaugurato nel 2019 dedicato alle nuove tecnologie.

WHAT IF è un'indagine artistica sulle emozioni basilari dell'uomo, composta da una raccolta di cinque esperienze virtuali, già esposte in musei d'arte contemporanea o durante festival specifici.



Synapse, ad opera di Enrico T. De Paris, esposta alla triennale di Milano. Opera virtuale che mette le sensazioni dell'utente in primo piano, stimolandolo con oggetti, suoni e colori in un labirinto a struttura molecolare progettato dall'artista stesso³¹.



Casa DO UT DO, per la Fondazione Isabella Seràgnoli. Lo spazio virtuale è un insieme

di tredici stanze progettate da tredici differenti architetti, tra cui troviamo Alberto Biagetti, Michele De Lucchi, Daniel Libeskind, Angelo Naj Oleari, Renzo Piano, Claudio Silvestrin, Nanda Vigo e molti altri

Quest'opera è studiata per essere una rappresentazione di diverse emozioni e concetti, quali amore, coraggio, gioia, e non solo una versione virtuale di spazi fisici³².



Casa Malaparte, esposta per la prima volta alla Design Week di Bologna 2015. Tour virtuale dell'iconica villa di Capri, ricostruita nei minimi dettagli e sfruttando una resa delle luci in real time, simulando perciò in tempo reali riflessi e rifrazioni, donando una sensazione di immersività totale.

Sono state inoltre riprodotte anche le majoliche di Alberto Savino, presenti nel salone³³.

31 - 32 - 33. VITRUVIO VIRTUAL REALITY:

vitruviovirtualmuseum.com/work/synapse, ultima consultazione 09/07/2024

vitruviovirtualmuseum.com/work/do-ut-do-house, ultima consultazione 09/07/2024

vitruviovirtualmuseum.com/work/casa-malaparte, ultima consultazione 09/07/2024



Leggero - Tributo a Frank Antoni, con le opere virtuali di Daniele Rossi.

Istallazione risalente al 2019 per il Museo Internazionale e Biblioteca della Musica di Bologna, inizialmente pensata per l'Oculus Go e successivamente adattata per WHAT IF. In questa esperienza l'utente si vede catapultato nei cieli di Bologna, accompagnato dai versi di "Le onde leggero" di Frank Antoni³⁴.



Progetto SKA e Astri Mini-Array, realizzato per l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). Sono due documentari interattivi in realtà virtuale immersiva, fra i primi nel loro genere. Attraverso

Cicer-One, la guida Robot dell'esperienza, l'utente può visitare due diversi siti, il deserto sudafricano e quello del vulcano Teide all'Isola di Tenerife, dove INAF ha installato telescopi di nuovissima generazione.

1.3.3 *Mona Lisa Beyond the Glass*

Anche grandi realtà museali come quelle del Louvre di Parigi si stanno evolvendo per andare incontro alle nuove necessità che l'attuale era tecnologica porta con sé.

Nel 2020, in occasione della mostra su Leonardo da Vinci, è stato presentato il progetto *Mona Lisa Beyond the Glass*, in collaborazione con HTC VIVE Arts.

Oltre ad essere informato sulle scoperte scientifiche relative alle tecniche utilizzate dall'artista per creare il capolavoro, nonché ulteriori informazioni sull'identità del soggetto, ai partecipanti è presentato uno sguardo intimo su un dipinto che è stato oggetto di fascino e intrigo per generazioni. L'utente

34. VITRUVIO VIRTUAL REALITY: vitruviovirtualmuseum.com/work/tribute-to-freak-antoni, ultima consultazione 09/07/2024



Figura 15. Ricostruzione virtuale del quadro della Monna Lisa

può inoltre anche osservare una ricostruzione dell'ambiente e immergersi a 360°, potendo interagire con una copia virtuale di Monna Lisa stessa (Figura 15.). L'app è stata successivamente resa disponibile su VIVEPORT, il servizio online di HTC.

Capitolo 2

MUSEO D'ARTE ORIENTALE

STORIA ED ELABORAZIONE CONTENUTI

2.1 IL MAO DI TORINO

Il progetto di tesi è nato dalla collaborazione tra il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino e il Museo d'Arte Orientale.

Questo capitolo si focalizza su un'analisi dettagliata del MAO e delle opere che verranno impiegate nell'applicazione in realtà virtuale.

2.1.1 Storia del museo

Ad oggi il Museo D'Arte Orientale di Torino è uno dei principali musei italiani dedicati all'arte asiatica.

Nasce formalmente nel 2002, grazie alla volontà del Comune di Torino di voler dare spazio alle opere d'arte orientale che aveva iniziato a raccogliere già nel dopoguerra, anche grazie alle donazioni di privati e collezionisti, tra cui ricordiamo ad esempio Giuseppe Tucci, orientalista e tibetologo, e al lavoro svolto dal Centro Piemontese di Studi sul

Medio Oriente (CESMEO).

Il luogo scelto per ospitare il museo, il Palazzo Mazzonis, edificio storico che fu la dimora di una tra le più importanti famiglie dell'aristocrazia torinese: i Solaro della Chiusa e i Solaro della Margarita, venne restaurato (Figura 16.) tra il 2004 e il 2008 in occasione dell'inaugurazione e all'apertura al pubblico, nel Dicembre 2008, seguendo le linee guida degli architetti Durbiano, Isola e Reinerio³⁵.



Figura 16. Palazzo Mazzonis

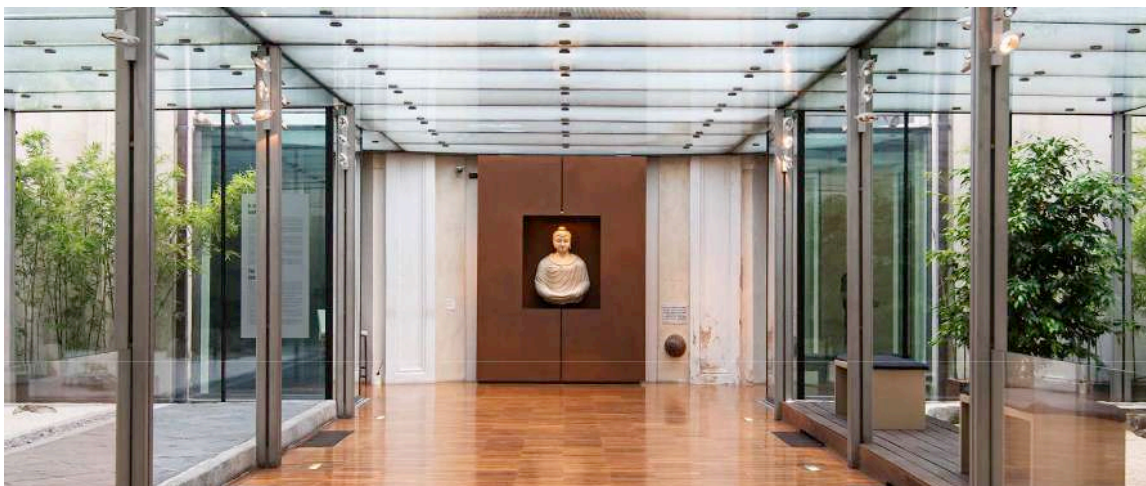
35. MAO TORINO:

<https://www.maotorino.it/it/welcome/storia-e-allestimento>,

ultima consultazione :10/07/2024

Ad oggi il museo ha un patrimonio di circa 2300 opere, alle quali si aggiungono ulteriori 1400 reperti provenienti da scavi. La progettazioni degli spazi interni e l'allestimento, ad opera dall'architetto Andrea Bruno, con la consulenza di Franco Ricca³⁶, ha tenuto conto della presenza di alcune collezioni già presenti prima dell'apertura, identificando cinque diverse gallerie dedicate alle diverse zone di provenienza dei reperti:

- *Asia Meridionale*: Comprende opere provenienti dall'India, dal Gandhara e dal Sudest asiatico, con una ricca collezione di sculture buddhiste e induiste.
- *Cina*: ceramiche, bronzi, giade, e opere di calligrafia e pittura che coprono un arco temporale dal Neolitico alla dinastia Qing.
- *Giappone*: collezione di stampe ukiyo-e, armature, spade e oggetti di lacca, oltre a una significativa raccolta di ceramiche.
- *Himalaya*: Opere d'arte sacra tibetana e nepalesi, inclusi thangka, sculture e oggetti rituali.
- *Islam*: Oggetti provenienti dal mondo islamico, inclusi manoscritti, ceramiche, metalli e tessuti.



Ingresso principale MAO di Torino

36. Ex direttore del Museo d'Arte Orientale di Torino



Figura 17. Virtual Tour “Purpurea Città Antica”

2.1.2 *Approccio alla digitalizzazione*

Davide Quadrio, attuale direttore del MAO di Torino, fondatore nel 2001 di BizArt a Shanghai e successivamente di Arthub Asia, è una figura di spicco nel panorama culturale e artistico, noto per la sua vasta esperienza nella promozione dell'arte contemporanea e orientale³⁷.

Dal 2022, con la nomina di Quadrio a direttore del museo, il MAO di Torino ha avviato diversi progetti volti a valorizzare le sue collezioni e a integrarle con l'arte contemporanea, enfatizzando l'importanza delle collaborazioni internazionali e delle tecnologie digitali, come la realtà virtuale. Al primo piano di Palazzo

Mazzonis è stata allestita una speciale Virtual Room in cui il visitatore può compiere un viaggio virtuale nel passato, visitando l'antica città di Pechino, ricostruita e adattata per l'esperienza in VR (Figura17.). Sul sito del museo inoltre l'esperienza è distribuita gratuitamente, sia come app che come browser experience. Sul fronte della digitalizzazione e dell'accessibilità sono inoltre importanti le collaborazioni con il Politecnico di Torino.

Non si possono non citare le ricerche e i lavori svolti dall'architetto Francesca Ronco, docente presso il Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino.

37. ARTRIBUNE, Intervista a Davide Quadrio: *Brain Drain. Parola a Davide Quadrio*, artribune.com/professioni-e-professionisti/who-is-who/2014/01/brain-drain-parola-a-davide-quadio, ultima consultazione 10/07/2024

Uno dei progetti principali, seguendo le linee guida del D. Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 (artt. 6, 118 e 119)³⁸ e il Piano per l'Eliminazione delle Barriere Architettoniche del 2018, entrambi emanati dal MiBACT³⁹, vede la ricostruzione di una copia tattile del Palazzo Mazzonis, prodotta sfruttando la tecnologia della scansione laser per la creazione del modello 3D e successivamente la stampa CNC (Computer Numerical Control) che agisce in maniera sottrattiva a differenza della stampa 3D (additiva), per generare un prodotto che rappresenti un nuovo modello di comunicazione museale⁴⁰.

Nella parte successiva verrà mostrata una breve selezione delle opere scelte, accompagnate da una sintetica descrizione e un render del modello 3D.



Figura 18. Modello tattile atrio Palazzo Mazzonis (foto F. Ronco)

38. Incentiva l'utilizzo delle nuove tecnologie al fine di aumentare le performance dei luoghi di cultura.

39. Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo

40. F. RONCO in *DAI: Il disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione*, Publica, 2022, p. 691-696

2.2 OPERE SELEZIONATE

2.2.1 Cavallo e Cavaliere



Titolo: Cavallo e Cavaliere

Provenienza: Shaanxi (?)

Materiale e tecnica: terracotta grigia, ingobbio bianco, pigmenti stesi a freddo

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II secolo a.C.

Foro di sfato di 2x1,5 cm ca. sotto la pancia del cavallo.

Un forellino passante ai lati della bocca del cavallo serviva per infilarvi il morso; anche le mani serrate a pugno del cavaliere sono forate (ma solo la sinistra è passante), mentre la faretra sulla schiena presenta tre forellini non passanti⁴¹.

41. Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

2.2.2 Cavallo con decorazione a nastri e cavaliere



Titolo: Cavallo con decorazione a nastri e cavaliere

Provenienza: Cina settentrionale

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, ingobbio bianco e pigmenti policromi. Realizzato con stampi assemblati.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II - inizio I secolo a.C.

Rivestito di ingobbio bianco e dipinto con altri colori, il cavaliere indossa diversi strati di vestiti con spessi colletti a “V”: la veste interna è violetta, la giubba esterna e i pantaloni presentano un decoro a ocelli bianchi e rossi su sfondo marrone scuro. La giubba è assicurata alla vita da una cintura rosso-arancio, mentre le calzature sono di color viola chiaro.

Il destriero era costituito in parte da elementi deperibili che non si sono conservati. Le zampe erano inserite in quattro grossi fori rettangolari alla base della statua, altrettanti piccoli fori circolari su spalle e cosce servivano probabilmente per far passare gli elementi necessari al loro bloccaggio⁴².

42. Ibid

2.2.3 Cavallo con ornamenti a nastri e losanghe



Titolo: Cavallo con ornamenti a nastri e losanghe

Provenienza: Cina Settentrionale

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, ingobbio bianco-crema e pigmenti policromi. Realizzato con stampi assemblati.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II - inizio I secolo a.C.

Il cavallo ha il collo allungato, il muso lungo e montonino tipici dei cavalli Han. La bocca è semiaperta, le froge sono incise e i grandi occhi tondi sporgenti. L'interno della statuina è cavo e presenta rozzi segni di modellatura; l'esterno è interamente ricoperto di ingobbio chiaro e pittura marrone, sulla quale sono stesi a freddo altri pigmenti. Un rosso-arancio, un nero, un bianco e un "porpora Han" virato in celeste dipingono a tratto sciolto i finimenti, la sella e gli ornamenti della bardatura; caratterizzano inoltre la criniera e gli occhi del cavallo⁴³.

43. Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

2.2.4 Cavallo e cavaliere corazzato



Titolo: Cavallo e cavaliere corazzato

Provenienza: Shaanxi (?)

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, ingobbio bianco e pigmenti stesi a freddo

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II secolo a.C.

Foro di sfato di 2x1,5 cm ca. sotto la pancia del cavallo.

Un forellino passante ai lati della bocca del cavallo serviva per infilarvi il morso; anche le mani serrate a pugno del cavaliere sono forate (ma solo la sinistra è passante), mentre la faretra sulla schiena presenta tre forellini non passanti⁴⁴.

44. Ibid

2.2.5 Statuina nuda femminile



Titolo: Statuina nuda femminile

Provenienza: Chang'an (Xi'an, Shaanxi)

Materiale e tecnica: Terracotta grigia con ingobbio rosa e tracce di pigmenti. Realizzata a stampi multipli assemblati.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II - inizio I secolo a.C.

Manichini di questo tipo avevano le braccia amovibili di legno fissate nei fori situati all'altezza delle spalle. Erano successivamente vestiti con abiti in tessuto e dotati eventualmente di accessori di legno. La statuina raffigura una donna nuda in postura stante rigida, con le parti anatomiche appena accennate e la testa ben caratterizzata.

Il tessuto degli abiti e il legno degli accessori hanno lasciato la loro impronta nella terra di riempimento delle fosse⁴⁵.

45. Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

2.2.6 Uomo nudo inginocchiato



Titolo: Uomo nudo inginocchiato

Provenienza: Chang'an (Xi'an, Shaanxi)

Materiale e tecnica: Terracotta grigia con ingobbio rosa e tracce di pigmenti. Realizzata a stampi multipli assemblati.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II - inizio I secolo a.C.

La statuina raffigura un uomo nudo inginocchiato nella posizione dell'arciere, con le parti anatomiche appena accennate e la testa ben caratterizzata. Il volto rotondo ha i lineamenti di un giovane uomo, con i lunghi capelli pettinati con la scriminatura centrale, raccolti indietro e riportati in una crocchia sulla parte alta del capo.

Questi manichini furono largamente utilizzati, durante oltre un secolo, per il corredo delle tombe imperiali e dell'alta nobiltà Han, e furono per lo più fabbricati nella capitale stessa. Sono infatti simili a quelli trovati sul luogo dove sorgevano i forni di Weiyang⁴⁶.

46. Ibid

2.2.7 Uomo in piedi



Titolo: Uomo in piedi

Provenienza: Shaanxi (?)

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, ingobbio bianco e pigmenti policromi. Realizzazione a stampi multipli assemblati.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II secolo a.C.

La figura è in postura rigida stante, con le braccia perpendicolari al corpo ma sporte un po' in avanti in posizione di offerta. Mani e testa, amovibili, erano collegate al corpo mediante dei perni che non si sono conservati: se ne vedono i fori rotondi dove una volta erano inserite le mani. La testa, dal modellato dolce, è quella di un giovane uomo con baffi sottili, pettinato con la scriminatura centrale e una crocchia piatta. I tratti del viso sono dipinti in nero (sopracciglia, occhi, baffi) e in rosso (bocca) su ingobbio bianco⁴⁷.

47. Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

2.2.8 Uomo inginocchiato



Titolo: Uomo inginocchiato

Provenienza: Shaanxi (?)

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, ingobbio bianco e pigmenti policromi. Realizzazione a stampi multipli assemblati.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II secolo a.C.

L'uomo indossa vari abiti sovrapposti e incrociati sulla destra, che creano una serie di scollari a "V" molto spessi: il primo è rosso all'interno, ed è coperto da un indumento verde chiaro con un largo bordo bianco. La bianca tunica esterna conferisce alla figura un aspetto slanciato, copre le ginocchia e ricade a corolla per formare la base della statua. È annodata in vita con una cintura rossa, il cui lungo lembo ricade sul davanti. Gli orli della veste sono bordati da un nastrino marrone, e le larghe maniche recano tracce in un verde molto tenue⁴⁸.

48. Ibid

2.2.9 Vaso a forma d'oca



Titolo: Vaso a forma d'oca

Provenienza: Cina Settentrionale

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, dipinta dopo la cottura.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II - inizio I secolo a.C.

Il vaso è costituito da un'oca in tuttotondo con il collo eretto, accovacciata a nascondere le zampe. Le ali ripiegate hanno il contorno rilevato rispetto al resto del corpo. La piatta coda trilobata costituisce un prolungamento della base del recipiente. La testa è modellata con due riccioli di piume sulle tempie, le guance e gli occhi in rilievo. Un orifizio a corto collo dritto, dipinto di rosso, è posto sull'occipite⁴⁹.

49. Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

2.2.10 Vaso 'hu' con decorazione dipinta



Titolo: Vaso 'hu' con decorazione dipinta

Provenienza: Cina centro-settentrionale

Materiale e tecnica: Terracotta grigia, dipinta dopo la cottura.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: II - inizio I secolo a.C.

La decorazione si apparenta, per il tema principale e lo stile, a quella di molti altri hu evocanti scene di caccia in mezzo alle nuvole.

Ha la pancia arrotondata e schiacciata, posta su un alto piede cavo a profilo svasato. L'alto collo si allarga progressivamente, incurvandosi, verso l'ampio orlo everso. Le pareti esterne del vaso sono decorate a fasce orizzontali, con pigmenti bianco, rosso, nero, verde pallido e "porpora Han" (fra il grigio-azzurro e il violetto). Sotto l'orlo, un fregio di losanghe unite per i vertici è delimitato da linee rosse e bianche⁵⁰.

50. Ibid

2.2.11 Vaso a forma di bozzolo dipinto



Titolo: Vaso a forma di bozzolo dipinto

Provenienza: Cina (Henan?)

Materiale e tecnica: Terra cotta grigia dipinta alla moletta e a pennello.

Dinastie: Han Occidentali

Cronologia generica: fine II - inizio I secolo a.C.

Vaso dal corpo ellissoidale e schiacciato, base curva senza piede, corto collo dritto con orlo everso e labbro ispessito. Il pezzo è stato dipinto uniformemente alla moletta con un fondo grigio-bruno prima della cottura - le strie parallele che caratterizzano tale tipo di lavorazione sono ancora ben visibili su tutta la superficie del recipiente. Poi gli sono state aggiunte a pennello le figure di un toro su una faccia e di un guerriero sull'altra, incorniciate da grandi volute di nubi e da altri elementi decorativi⁵¹.

51. Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

2.2.12 Vaso 'Yunjiu Zun'



Titolo: Vaso 'yunjiu zun' per vino di cereali con immortale sul coperchio

Provenienza: Cina centro-meridionale

Materiale e tecnica: bronzo fuso (in matrici ?), decorazioni del contenitore incise. I piedi, i manici e la figura che sormonta il coperchio sono applicate.

Dinastie: Xin - Han Orientali

Cronologia generica: prima metà del I secolo a.C.

In alto sul corpo del recipiente sono applicati due mascheroni *pushou* con spessi anelli mobili. Oltre ai tre piedi raffiguranti atlanti, l'originalità di questo zun risiede nella forma del coperchio e nella figura di *immortale* a tutto tondo sulla sommità. Egli è inginocchiato, il braccio sinistro ripiegato con la mano sul ginocchio, il braccio destro alzato con una sfera nella mano. La raffigurazione obbedisce all'iconografia tipica degli immortali di epoca Han, stabilitasi agli inizi dell'era cristiana: occhi tondeggianti, lunghe orecchie appuntite, naso adunco, lunga barba, capelli riportati a punta all'indietro, linee incise delle vesti e puntinatura della pelle come ad evocare un piumaggio.

52. Ibid

2.3 TOMBA DEL PERIODO HAN

La religione comune durante il periodo Han (206 a.C - 220 d.C.) non è ancora ben conosciuta, essendo un periodo che porta con sé grandi cambiamenti.

I letterati d'epoca Han erano inclini ad una visione dualista, immaginando l'uomo dotato di due anime distinte:

- L'anima purificata *Hun*, di essenza *Yang*, che al momento della morte, passando per le isole magiche del Mare Orientale, raggiungeva il cielo.
- L'anima grezza *Po*, di essenza *Yin*, legata al mondo terreno. Data la connessione di questa parte con la vita terrena, si pensava che lo stato e il luogo in cui veniva conservato il corpo del defunto influenzasse la sua vita nell'aldilà, ed è per questo motivo che le tombe con il tempo iniziarono a diventare sempre più simili ad edifici rassomiglianti abitazioni.

Le tombe perciò in questo

periodo iniziarono a subire grandi cambiamenti ed evoluzioni, passando dalle sepolture chiuse ermeticamente e centrate a costruzioni progettate a immagine e somiglianza delle case dei vivi, sviluppate attorno ad un asse mediano, nelle quali si poteva entrare e girare liberamente⁵³.

Data quest'ampia varietà di tombe e la mancanza di elementi conservati in maniera ottimale per consentirne una riproduzione fedele, si è scelto, sotto consiglio della dottoressa Laura Vigo, di ambientare le statue in una tomba filologicamente compatibile, arricchita di parti architettoniche e decorative provenienti da altri siti.

Come modello principale su cui basarsi si è optato per la tomba 61 contenuta nel complesso di Luoyang (Henan) (Figura 19.), anche grazie alle informazioni reperite dagli archivi del MAO⁵⁴. La disposizione degli ambienti

53. *L' arte per la vita nell'aldilà. Capolavori di arte antica cinese della collezione Meidaozhai. Vol. II La dinastia Han*, Fondazione Agnelli e Centro di Arti Asiatiche, 2002.

54. Ibid

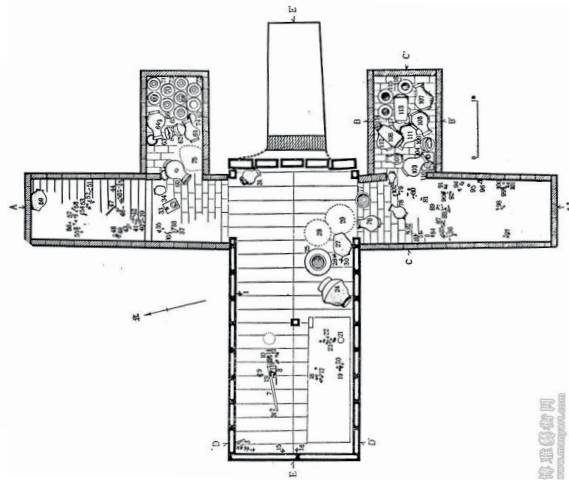
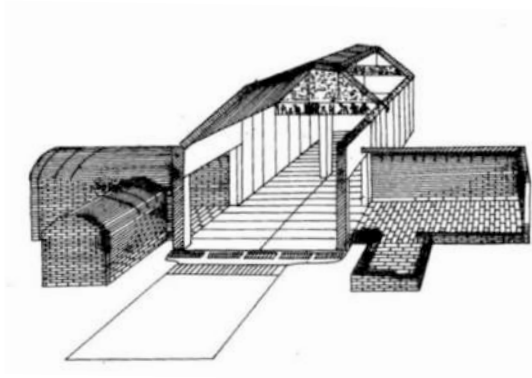


Figura 19. Tomba 61 di Luoyang (Henan), archivi del MAO

interni e la struttura ipogea rappresentano un'ambientazione ottimale per le opere.

2.3.1 Portale, *The MET Museum*



Reperto presente nella collezione del Metropolitan Museum of Art di New York (The MET).

Portale in pietra composto da cinque parti principali, con decori ottenuti tramite una combinazione tra pittura e

scultura.

Possiede un simbolismo molto forte; i grossi battenti a forma di toro, presenti nelle due lastre che fungono da ante, proteggono la tomba dal male, mentre i motivi sull'architrave e sui pali, tra cui il sole, la luna e gli animali di buon auspicio, segnalano il dominio celeste, andando a definire il portale come una 'porta per il paradiso'⁵⁵.

2.3.2 Banchetto, *tombe di Dahuting*

Dipinti murali presenti nelle tombe di Dahuting, dedicate a Zhang Boya e sua moglie, nell'attuale Xinmi (Henan).

Famosi per essere alcuni dei meglio preservati, questi dipinti rappresentano momenti salienti

55. THE MET: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/696827>, ultima consultazione 09/07/2024



Figura 20. Scena del Banchetto, tomba M1 di Dahuting.

della vita di Zhang, tra cui spicca la scena del banchetto (Figura 20.) con giullari.

L'importanza di queste tombe è data anche dalla vicinanza con il luogo di sepoltura degli antenati dell'imperatore Liu Xiu, che offrì in omaggio la tomba alla famiglia di Zhang Boya.

Il gesto venne fatto in seguito al sacrificio che compì per salvare la vita dell'imperatore; Liu Xiu durante una battaglia si rifugiò nella dimora di Zhang Boya e quest'ultimo, per permettere al suo signore di scappare, venne ucciso al suo posto.

2.3.3 Trave decorata, Shaogou

Contenuta nella tomba murale n. 61 a Shaogou (Luoyang), della

dinastia Han occidentale, questa trave rappresenta due figure, una maschile e una femminile, a cavallo di due draghi, simbolo di ascensione verso il cielo.

Al centro, nella parte superiore, si possono anche notare cinque giade che identificano i cinque elementi fondamentali: acqua, fuoco, terra, legno e metallo, mentre nella parte inferiore è raffigurato il portale aperto verso il paradiso, direzione cui puntano i draghi (Figura 21.).



Figura 21. Traversa con portale, tomba n.61 a Shaogou



Figura 21. Dettaglio del sole e della luna, tomba n.61 di Luoyang.

2.3.4 Pittura sul soffitto, Shaogou

Proveniente dal sito n°61 di Luoyang, Shaogou, questa pittura, suddivisa sulle 12 parti che compongono il soffitto della tomba, rappresenta il ciclo delle forze che governano l'universo, lo *Yin* e lo *Yang* (Figura 21).

Ad indicare questo dualismo troviamo a destra il sole con l'uccello, simbolo dello *Yin*, mentre in contrapposizione, a sinistra, la luna con il rospo ad indicare lo *Yang*.

La scelta della suddivisione in 12 parti non è casuale.

Il numero ha un'importanza cruciale nella cultura cinese, lo ritroviamo ad esempio parlando dei Rami Celesti⁵⁶, ma è un numero ricorrente anche

nei trattati astronomici presenti nel *Huainanzǐ*⁵⁷, un antico testo cinese costituito da una raccolta di saggi risultanti da una serie di dibattiti accademici tenuti alla corte di Liu An, principe di Huainan, qualche tempo prima del 139 a.C.

56. Rappresentano i dodici elementi dell'universo, utilizzati insieme ai tronchi celesti in un sistema di numerazione del tempo che viene detto *Ganzhi*.

57. NATAŠA VAMPELJ SUHADOLNIK, *Han Mural Tombs: Reflection of Correlative Cosmology through Mural Paintings*, Asian and African Studies XV, 1, 2011, p. 19 - 48

Capitolo 3

SVILUPPO DEI MODELLI

3.1 SfM DEI REPERTI

La fotogrammetria, come si è visto nel precedente capitolo, è un processo suddiviso in diversi step.

Questo capitolo si concentra sul workflow utilizzato per la creazione delle copie virtuale delle opere selezionate.

L'acquisizione fotogrammetrica si è svolta al MAO, utilizzando una SONY α 7R IV.

3.1.1 Allestimento e acquisizione immagini

La qualità e la metodologia con cui vengono acquisite le immagini incide in maniera significativa sul risultato finale. Se non sono presenti abbastanza punti in comune tra le diverse foto, vi è una discrepanza tra le altezze e le distanze tra la camera e il soggetto nelle varie foto, oppure non è presente un'illuminazione omogenea, l'algoritmo risconterà dei problemi nella fase iniziale di

ricostruzione, non riuscendo a determinare sufficienti keypoint e generando di conseguenza artefatti grafici o modelli non in linea con gli standard di qualità prefissati.

L'allestimento è per questo motivo un elemento importante. I rilevamenti si sono effettuati in una stanza messa a disposizione dal MAO, al primo piano di palazzo Mazzonis, nell'area dedicata alla Cina (Figura 22.).

Dopo aver coperto le teche presenti nella sala, al fine di evitare la creazione di elementi

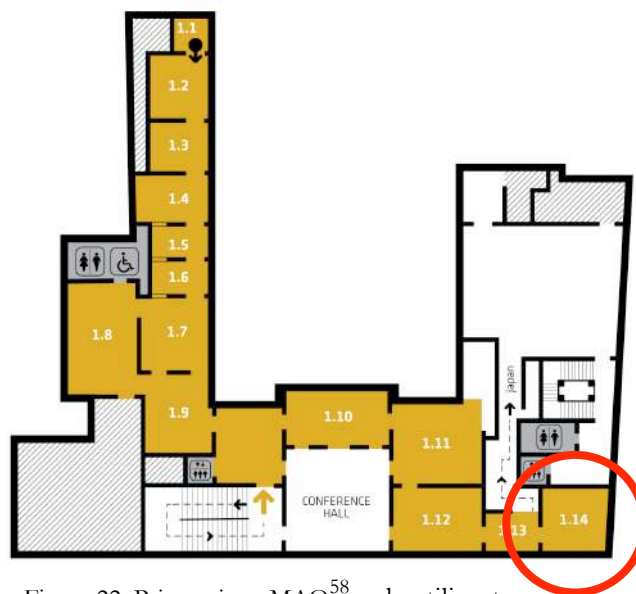


Figura 22. Primo piano MAO⁵⁸, sala utilizzata

38. MAO TORINO:

<https://www.maotorino.it/it/welcome/piantine-e-percorsi/>,

ultima consultazione :10/07/2024

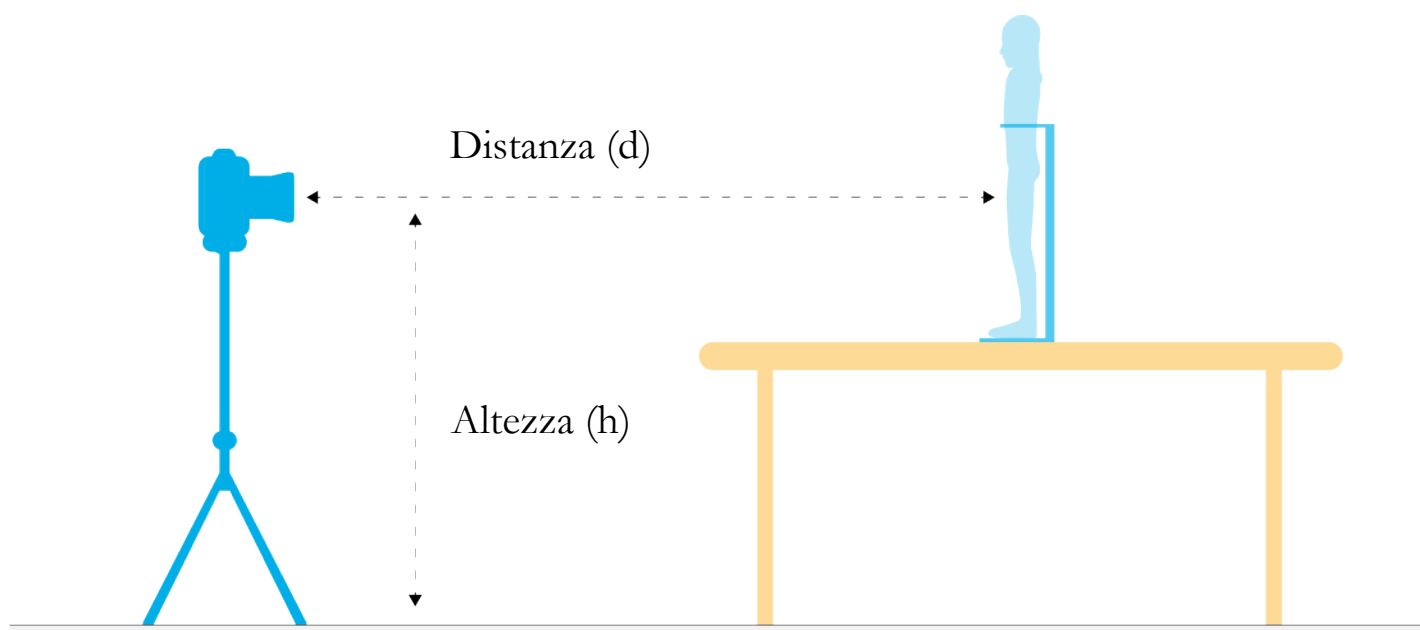
di disturbo nelle foto, come ad esempio riflessi, il reparto è stato posizionato su un tavolo collocato al centro dell'area, quest'ultimo coperto con fogli di giornale per creare un forte distacco con la figura principale. Le scritte e le immagini contenute sui giornali inoltre hanno aumentato il numero di keypoint rilevati dal software, fungendo da target. L'utilizzo di due softbox e due ombrelli riflettenti ci ha permesso di ottenere un'illuminazione omogenea, eliminando le ombre troppo marcate (Figura 23). Una volta preparata la scena si è passati all'acquisizione delle immagini. Durante questo passaggio ogni dato relativo al posizionamento della camera è stato prontamente appuntato, segnando la distanza (d) tra la macchina e il centro dell'opera, l'altezza dal pavimento (h) e l'apertura focale utilizzata per ogni scatto. Ad ogni immagine acquisita veniva successivamente mossa la camera seguendo un pattern circolare, tenendo come centro di rotazione l'opera.



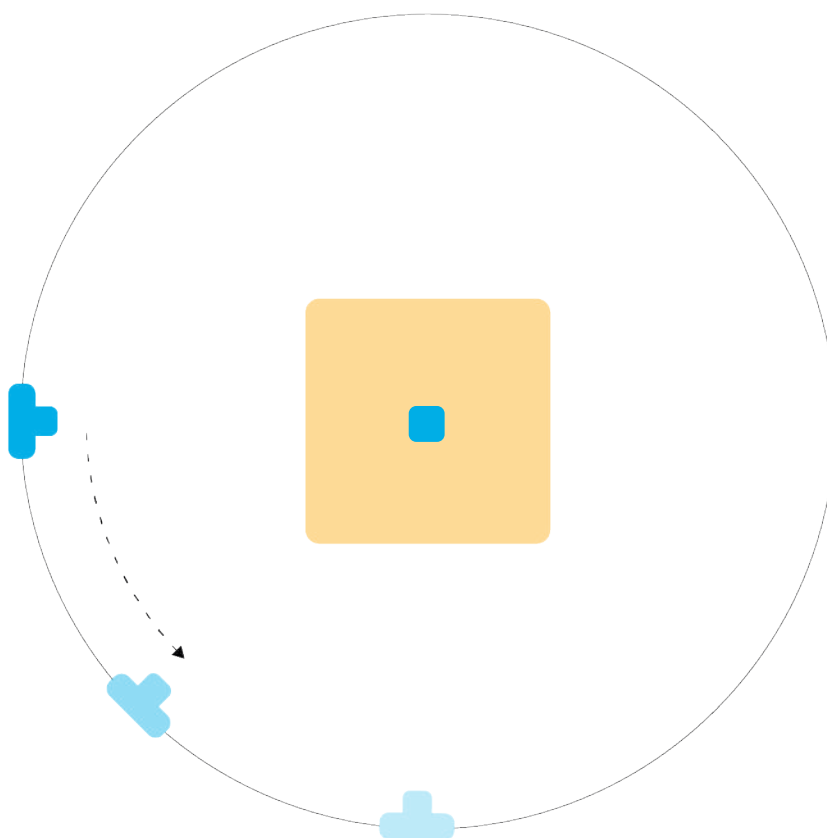
Figura 23. Set allestito al MAO

POSIZIONAMENTO FOTOCAMERA

Vista Laterale



Vista Superiore



| Opera | Giri | Altezza (h) | Distanza (d) | Obiettivo |
|--|------|-------------|--------------|-----------|
| <i>Vaso a forma di bozzolo dipinto</i> | 1 | 107 cm | 65 cm | 28 mm |
| | 2 | 100 cm | 55 cm | 50 mm |
| | 3 | 115 cm | 60 cm | 50 mm |
| | 4 | 124 cm | 50 cm | 50 mm |
| | 5 | 55+77 cm | 25 cm | 50 mm |
| <i>Vaso 'hu' con decorazione dipinta</i> | 1 | 110 cm | 53 cm | 38 mm |
| | 2 | 93 cm | 43 cm | 50 mm |
| | 3 | 100 cm | 57 cm | 50 mm |
| | 4 | 113 cm | 51 cm | 50 mm |
| | 5 | 47+77 cm | 25 cm | 50 mm |
| <i>Vaso a forma d'oca</i> | 1 | 94 cm | 60 cm | 38 mm |
| | 2 | 92 cm | 43 cm | 50 mm |
| | 3 | 105 cm | 40 cm | 50 mm |
| | 4 | Tavolo | 27 cm | 50 mm |
| <i>Cavallo con ornamenti a nastri e losanghe</i> | 1 | 97 cm | 50 cm | 38 mm |
| | 2 | 94 cm | 42 cm | 50 mm |
| | 3 | 82 cm | 41 cm | 50 mm |
| | 4 | 128 cm | 44 cm | 50 mm |

| Opera | Giri | Altezza (h) | Distanza (d) | Obiettivo |
|--|------|-------------|--------------|-----------|
| <i>Vaso a forma di bozzolo dipinto</i> | 1 | 107 cm | 65 cm | 28 mm |
| | 2 | 100 cm | 55 cm | 50 mm |
| | 3 | 115 cm | 60 cm | 50 mm |
| | 4 | 124 cm | 50 cm | 50 mm |
| | 5 | 55+77 cm | 25 cm | 50 mm |
| <i>Vaso 'hu' con decorazione dipinta</i> | 1 | 110 cm | 53 cm | 38 mm |
| | 2 | 93 cm | 43 cm | 50 mm |
| | 3 | 100 cm | 57 cm | 50 mm |
| | 4 | 113 cm | 51 cm | 50 mm |
| | 5 | 47+77 cm | 25 cm | 50 mm |
| <i>Vaso a forma d'oca</i> | 1 | 94 cm | 60 cm | 38 mm |
| | 2 | 92 cm | 43 cm | 50 mm |
| | 3 | 105 cm | 40 cm | 50 mm |
| | 4 | Tavolo | 27 cm | 50 mm |
| <i>Cavallo con ornamenti a nastri e losanghe</i> | 1 | 97 cm | 50 cm | 38 mm |
| | 2 | 94 cm | 42 cm | 50 mm |
| | 3 | 82 cm | 41 cm | 50 mm |
| | 4 | 128 cm | 44 cm | 50 mm |

| Opera | Giri | Altezza (h) | Distanza (d) | Obiettivo |
|--|------|-------------|--------------|-----------|
| <i>Vaso a forma di bozzolo dipinto</i> | 1 | 107 cm | 65 cm | 28 mm |
| | 2 | 100 cm | 55 cm | 50 mm |
| | 3 | 115 cm | 60 cm | 50 mm |
| | 4 | 124 cm | 50 cm | 50 mm |
| | 5 | 55+77 cm | 25 cm | 50 mm |
| <i>Vaso 'hu' con decorazione dipinta</i> | 1 | 110 cm | 53 cm | 38 mm |
| | 2 | 93 cm | 43 cm | 50 mm |
| | 3 | 100 cm | 57 cm | 50 mm |
| | 4 | 113 cm | 51 cm | 50 mm |
| | 5 | 47+77 cm | 25 cm | 50 mm |
| <i>Vaso a forma d'oca</i> | 1 | 94 cm | 60 cm | 38 mm |
| | 2 | 92 cm | 43 cm | 50 mm |
| | 3 | 105 cm | 40 cm | 50 mm |
| | 4 | Tavolo | 27 cm | 50 mm |
| <i>Cavallo con ornamenti a nastri e losanghe</i> | 1 | 97 cm | 50 cm | 38 mm |
| | 2 | 94 cm | 42 cm | 50 mm |
| | 3 | 82 cm | 41 cm | 50 mm |
| | 4 | 128 cm | 44 cm | 50 mm |

3.1.2 Elaborazione immagini

Una volta caricate le immagini su Agisoft® Metashape, l'algoritmo del software presentava delle difficoltà con alcune opere, generando una dense cloud errata, comprendendo anche elementi dello sfondo oppure aggiungendo materiale in eccesso. La gravità di questi errori è variabile e possono essere risolti eliminando manualmente i punti in eccesso o aumentando il numero di keypoint totali, ma se il problema è troppo esteso e influisce in maniera significativa sulla qualità del prodotto finale bisogna agire diversamente. Eliminando dalle fotografie ogni elemento superfluo al di fuori

del reperto si possono creare delle maschere (Figura 24.), utilizzando il software stesso o programmi esterni come Photoshop.

L'immagine deve essere salvata in un formato che supporti la trasparenza (alpha), come il PNG, fungendo da filtro per l'algoritmo nel momento della creazione della nuvola di punti (Figura 25.).

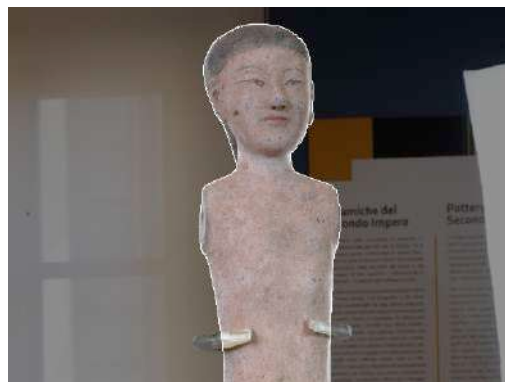


Figura 24. Maschera sovrapposta ad immagine originale

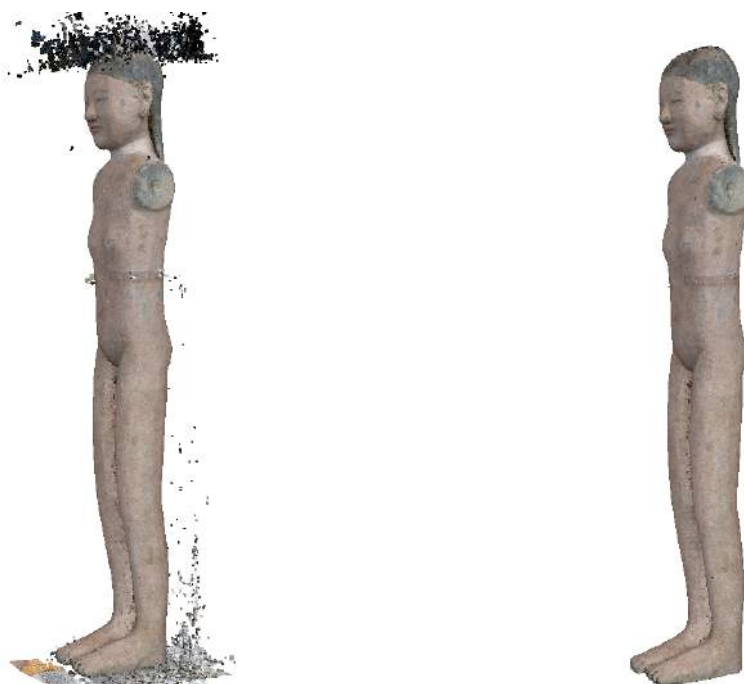


Figura 25. Differenze nella generazione della nuvola di punti

3.1.3 *Approccio a Metashape*

L'utilizzo base di Metashape è molto intuitivo, il programma stesso guida l'utente attraverso i diversi step per la realizzazione di un modello tridimensionale.

Il menu *Workflow* contiene tutte le funzioni necessarie. Seguendo l'ordine di priorità definito dall'alto verso il basso, l'utente con i primi sei comandi contenuti in questa lista può ottenere un modello completo:

- Add Photos
- Align Photos
- Build Dense Cloud
- Build Mesh
- Build Texture

Una volta caricate le foto tramite l'opportuno comando, o con un semplice drag and drop, si può passare direttamente alla funzione *Align Photos*, potendo regolare il livello di precisione per la definizione dei keypoints, un valore elevato si traduce in un maggior tempo di elaborazione. Completato il processo il software genera una prima nuvola di punti, definita Low Dense Cloud (Figura 26.), dando

la possibilità osservare il lavoro in corso d'opera, modificandolo se necessario eliminando punti in eccesso o cambiando alcune foto.

Lo step successivo, *Build Dense Cloud*, aumenta notevolmente il numero di punti della nuvola (Figura 27.), utilizzando quelli della Low Density Cloud come base su cui agire, ed è per questo motivo che già nella fase precedente conviene eliminare tutti gli elementi superflui, alleggerendo il lavoro successivo. I punti così creati vengono usati per definire le facce della mesh (Figura 28.) una volta giunti al passaggio *Build Mesh*. Un maggior numero di poligoni equivale ad un modello più dettagliato, ma con un peso più elevato e una maggiore potenza necessaria da parte del computer per essere visualizzato e modificato.

infine la creazione delle texture, *Build Texture*, svolge un'operazione simile alla definizione dei keypoints. Trovando punti in comune tra le diverse foto il software crea una sorta di collage di immagini per generare in output una texture (figura 29.).



Figura 26. Low Dense Cloud



Figura 27. High Dense Cloud con Camere



Figura 28. Mesh, dettaglio sui poligoni



Figura 29. Modello texturizzato, closeup su viso

3.1.4 Retopology

I modelli prodotti con l'ausilio di Metashape, per quanto di alta qualità e particolarmente dettagliati, hanno un numero di poligoni troppo elevato per poter essere impiegati in progetti che vadano oltre il semplice rendering.

La *retopology* è una tecnica utilizzata per ovviare a questi problemi, riuscendo ad ottenere un file di dimensioni contenute e con una mesh leggera a partire da elementi di grandi dimensioni, senza abbassare in maniera significativa la qualità. Il principio è semplice: utilizzando il modello ad alta densità di poligoni, definito *High Poly*, si ricava una versione a bassa densità, *Low Poly*, modellato utilizzando il primo come 'stampo', aggiungendo dettagli tramite texture e agendo sulle normali.

Quest'operazione può essere svolta con la maggior parte dei software di modellazione basati su mesh, ma per il progetto di tesi si è optato per Blender, applicazione che possiede tutti i requisiti necessari e una delle migliori sul mercato, free ed open source.

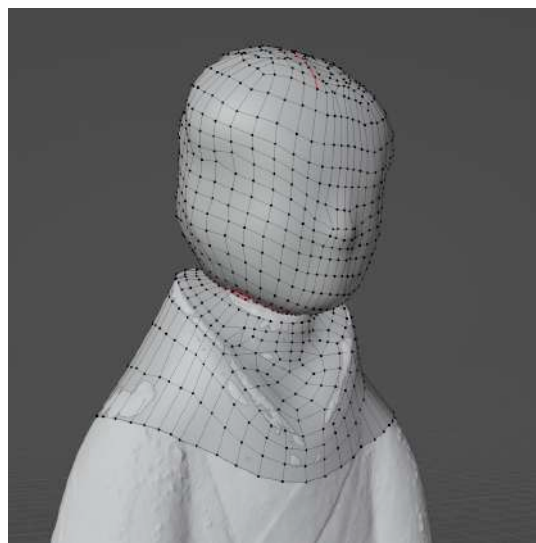


Figura 30. High Poly to Low Poly

Dopo aver creato una superficie base a quattro vertici gli sono stati aggiunti i seguenti modifiers:

- *Shrink Wrap*, spostando in maniera automatica i vertici per renderli adesi al modello target (low Poly to High Poly).
- *Subdivision Surface*, per aumentare la risoluzione e rendere più levigata la superficie.

Il successivo lavoro di ricostruzione è stato effettuato a mano, estrudendo i lati della mesh low poly per farla combaciare con quella sottostante high poly (Figura 30.). In questo modo si possono ridurre fino al 95% le dimensioni in termini di poligoni.

3.1.5 Baking delle texture

Il modello low poly ricavato dal retopology risulta privo di texture e dettagli, questo perchè originariamente, nel modello high poly, i dettagli venivano definiti dal numero di poligoni. Per riprodurre quegli elementi sfruttando le texture e lavorando sulle normali dell'oggetto, simulando la rifrazione della luce imitando il modo in cui questa agisce sul modello originale (Figura 31.), si ricorre al *baking*.

Dopo aver sezionato in maniera oculata con i seams il modello low poly nelle sue parti principali, ricavando una mappa UV funzionale, e aver creato un nuovo materiale per ogni texture necessaria (colore, roughness, AO, Normal), sovrapponendo l'originale con la copia e

impostando il motore grafico su Cycles si è avviato il processo di baking.

Durante queste operazioni si riscontrano spesso errori, dovuti a diversi fattori come un'errato posizionamento dei modelli, un incongruenza troppo elevata nella forma oppure settaggi sbagliati.

Questa tecnica può anche essere applicata per generare informazioni aggiuntive sulle opere analizzate. Prendendo come esempio il vaso a forma di bozzolo e il vaso 'hu', agendo sulla mappa UV e facendo il baking delle texture si sono ricavate versioni in 2D a planisfero dei disegni presenti sulla superficie, permettendo una visione completa a 360° (Figura 32. - 33.)



Figura 31. Normal map, confronto tra attivata (sinistra) e disattivata (destra)



Figura 32. Sviluppo 2D, vaso a forma di bozzolo dipinto



Figura 33. Sviluppo 2D, vaso 'hu' con decorazioni dipinte



BIBLIOGRAFIA

A. LUIGINI, C. PANCIOLOI, *Ambienti digitali per l'educazione all'arte e al patrimonio*, Franco Angeli, 2018, p. 21-22

RENATO BILOTTO, *Le nuove tecnologie multimediali nel settore culturale: il loro impatto sulla fruizione e sull'esperienza dei visitatori*, 2019. p. 2

G. PASCUCCI, *Comunicazione Museale*, EUM Ed, Macerata , 2017

LUIGINA CIOLFI, *Designing Interactive Museum Exhibits: Enhancing visitor curiosity through augmented artefacts*, Catania, ECCE11, 2002

BIN WANG, *Digital Design of Smart Museum Based on Artificial Intelligence*, Hindawi, 2021, p. 11-12

JACKOB NIELSEN, *Usability Engineering*, Academic Press, US, 1993

SELMA RIZVIC, VENSADA OKANOVIC, DUSANKA BOSKOVIC, *Digital Storytelling* in Springer Series on Cultural Computing (SSCC), 2020

C. HANDLER MILLER, *Digital Storytelling: A Creator's Guide to Interactive Entertainment*, Taylor & Francis, 2004

T. LUHMANN, S. ROBSON, S. A KYLE, *Close Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications*, Whittles, 2006

KATHERINE SHERVAIS, *Structure from Motion (SfM) Photogrammetry Field Methods Manual for Students*, EathScope Consortium, 2013, p. 3-4

DAVID G. LOWE, *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*, University of British Columbia, Canada, 2004, p. 95-110

PAUL R. WOLF, BON A. DEWITT , BENJAMIN E. WILKINSON, *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, 4th Edition*, McGraw-Hill Education, 2019

A. MAROTTA, M. LO TURCO, *Modellazione 3D, ambienti BIM, modellazione solida per l'Architettura e il Design*, Conference: Uno (nessuno) centomila prototipi in movimento, Milano, 2014

LES PIEGL, WAYNE TILLER, *The NURBS book*, Springer, 1997

JOHN F. HUGHES, ANDRIES VAN DAM, MORGAN MCGUIRE, DAVID F. SKLAR, JAMES D. FOLEY, STEVEN K. FEINER, KURT AKELEY, *Computer Graphics, Principles and Practice (Third Edition)*, Addison-Wesley, p. 635-636

THOMAS P. CAUDELL, D. MIZELL, *Augmented Reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing process*, Boeing Computer Services, Research and Technology, Seattle, 1992

S. FEINER, B. MACINTYRE, T. HOLLERER, A. WEBSTER, *The Touring Machine*, Columbia University, 1997

BRUNO ARNALDI, PASCAL GUITTON, GUILLAUME MOREAU, *Virtual Reality and Augmented Reality*, Wiley-Iste, 2018

R. SPALLONE, et al., *3DModelling and Virtual Reality for museum heritage presentation: contextualisation of sculpture from the Tang Era*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLVIII-2/W4-2024

F. RONCO in *DAI: Il disegno per l'Accessibilità e l'Inclusione*, Publica, 2022, p. 691-696

Archivio MAO, schedatura ad opera di MARCO GUGLIELMINOTTI TRIVEL, con la supervisione di FRANCO RICCA. Ultima modifica 24/06/2006

53. *L' arte per la vita nell'aldilà. Capolavori di arte antica cinese della collezione Meidaozhai. Vol. II La dinastia Han*, Fondazione Agnelli e Centro di Arti Asiatiche, 2002.

SITOGRAFIA

TIABLO: <https://www.tiablo.it/rivoluzione-digitale-nei-musei-la-trasformazione-prima-dopo-e-durante-il-lockdown-lesperienza-del-museo-egizio-di-torino/>, ultima consultazione 05/07/2024

GEO SMART MAGAZINE: <https://geosmartmagazine.it/2022/08/10/iniziative-digitali-nei-musei-e-nei-teatri-indagine-del-polimi/>, ultimo accesso 05/07/2024

TRECCANI: <https://www.treccani.it/vocabolario/tecnologia>, ultima consultazione 06/07/2024

WAVE INFORMATICA: <https://www.waveinformatica.com/news/approfondimenti/10-euristiche-usabilita-nielsen/>, ultima consultazione 09/07/2024

VITRUVIO VIRTUAL REALITY: vitruviovirtualmuseum.com/work/synapse, ultima consultazione 09/07/2024

VITRUVIO VIRTUAL REALITY: vitruviovirtualmuseum.com/work/do-ut-do-house, ultima consultazione 09/07/2024

VITRUVIO VIRTUAL REALITY: vitruviovirtualmuseum.com/work/casa-malaparte, ultima consultazione 09/07/2024

VITRUVIO VIRTUAL REALITY: vitruviovirtualmuseum.com/work/tribute-to-freak-antoni, ultima consultazione 09/07/2024

LOUVRE: <https://www.louvre.fr/en/explore/life-at-the-museum/the-mona-lisa-in-virtual-reality-in-your-own-home>, ultima consultazione 10/07/2024

MAO TORINO: www.maotorino.it/it/welcome/storia-e-allestimento, ultima consultazione :10/07/2024

MAO TORINO: www.maotorino.it/it/welcome/piantine-e-percorsi/, ultima consultazione :10/07/2024

THE MET: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/696827>, ultima consultazione 09/07/2024

ARTRIBUNE, Intervista a Davide Quadrio: *Brain Drain. Parola a Davide Quadrio*, www.artribune.com/professionisti-e-professionisti/who-is-who/2014/01/brain-drain-parola-a-davide-quadrio, ultima consultazione 10/07/2024

