

# TRASFORMAZIONE DIGITALE DELLE COLLEZIONI CIVICHE DI ASCOLI PICENO

## UN PROGETTO INNOVATIVO TRA UNIVERSITÀ E MUSEI

di Paolo Clini, Ramona Quattrini, Eva S. Malinverni, Roberto Pierdicca, Iva Vasic, Stefano Papetti, Matteo Felicetti

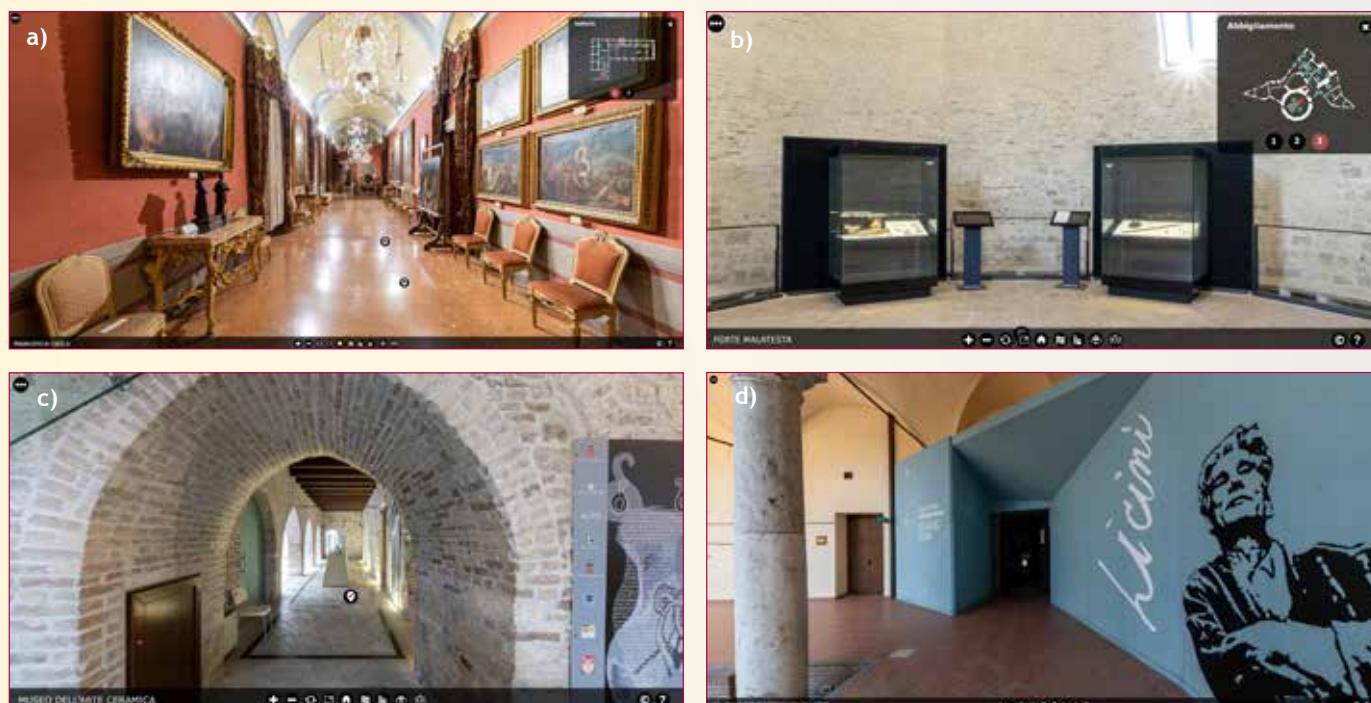


Fig. 1 - L'interfaccia dei tour virtuali: a) Pinacoteca Civica, b) Museo dell'Alto Medioevo, c) Museo dell'Arte Ceramica, e d) Galleria Civica d'Arte Contemporanea.

In linea con le tendenze e le sfide attuali, la ricerca qui presentata è un prodotto del progetto V.I.T.A.<sup>1</sup>: un'iniziativa di patrimonio culturale digitale che coinvolge tre cooperative, con capofila Pulchra, nella digitalizzazione e sviluppo di applicazioni digitali per varie opere d'arte ed elementi etnografici dei Musei Civici di Ascoli Piceno. Il suo compito principale è sviluppare esperienze museali virtuali immersive, utilizzando tecniche fotogrammetriche avanzate e di scansione laser per l'acquisizione di manufatti e la loro visualizzazione virtuale.

Le attuali iniziative europee, in particolare nell'ambito del Cluster 2 di Horizon Europe, si concentrano sull'integrazione delle tecnologie digitali nel patrimonio culturale (*Heritage Research Hub - A platform on and for the cultural heritage research community, 2023*). Queste iniziative mirano a migliorare la protezione, il restauro e l'utilizzo innovativo del ricco patrimonio culturale dell'Europa. Una consistente parte del dibattito sul patrimonio culturale europeo si è concentrata sulla sinergia tra l'esperienza umana e le tecnologie digitali, come esemplificato nel sesto seminario della Cooperazione IT-FR per le Scienze del Patrimonio (*The Italian-French Bilateral Cooperation on Heritage Science, 2023*). Questo evento si è focalizzato sulla "ibridazione della conoscenza umana e delle tecnologie digitali", mettendo particolarmente in evidenza la modellazione 3D per la conservazione e il restauro del Patrimonio Culturale, con spunti di esperti in Italia e in Francia. Parallelamente alla realizzazione di un primo corpus digitale tridimensionale per le collezioni civiche di Ascoli Piceno, il progetto prevedeva anche un supporto a nuovi tipi di imprenditorialità, quali quelle di professionisti museali preparati alla gestione digitale delle collezioni e delle istituzioni stesse. L'affiancamento dell'Università Politecnica delle Marche ha quindi permesso alla cooperativa che attualmente gestisce il museo di iniziare un percorso di formazione nell'ambito del digitale. Anche questa azione si connette fortemente alle linee internazionali di finanziamento e alle opportunità di crescita per il mondo delle professioni, quali quelle relative alla cosiddetta "digital

preparedness". Infatti da alcuni anni è emersa la carenza di professionisti formati alla implementazione e gestione dei beni culturali digitali. Questa lacuna è diventata particolarmente evidente durante la pandemia da COVID, durante la quale le istituzioni museali hanno dovuto far fronte a una notevole carenza di professionalità dedicate, come evidenziato da consultazioni pubbliche (*DG Connect - Interactive Technologies Digital for Culture & Education Group 2, 2020*) e indagini (*NEMO, 2020*). Inoltre, secondo European Pro: poiché dopo il dirompente cambiamento portato dal COVID, l'importanza di costruire capacità per la trasformazione digitale è più chiara che mai, European ha sviluppato un progetto graduale per aiutare a identificare e modellare un quadro di sviluppo delle capacità basato sulle esigenze del settore del patrimonio culturale digitale (*Europeana, 2022*). Esso prevede 4 fasi: 1) sensibilizzazione alla trasformazione digitale, 2) definizione della trasformazione digitale, 3) inventariazione dei corsi di formazione e 4) sviluppo di un quadro di capacity building. Un documento che vale la pena menzionare è anche la "Strategia per la costruzione e l'implementazione di un quadro di capacity building" (*Fallon and ter Burg, 2021*), che testimonia che la Fondazione European sta lavorando per creare una strategia e implementare un quadro che dia motivazioni e guide lo sviluppo di capacità digitali nel settore dei beni culturali. In parallelo si sono innescate nuove politiche dell'UE, non solo legate al settore del patrimonio culturale: nel 2021, la Commissione europea ha presentato una visione e delle vie per la trasformazione di-

digitale dell'Europa entro il 2030. La Commissione propone una Bussola digitale per il decennio digitale dell'UE (*European Commission, 2021*) che ruota attorno a quattro punti cardinali: competenze, governo, infrastrutture, imprese, puntando alla digitalizzazione dei servizi pubblici, alla trasformazione digitale delle imprese e alla realizzazione di un'infrastruttura digitale sicura e sostenibile. In questa linea, il 2023 è stato dichiarato anche Anno europeo delle competenze. Anche a livello nazionale il PND (*Ministero della Cultura, 2021*) del Ministero della Cultura ha posto l'attenzione sulla necessità della formazione, come obiettivo strategico del piano. Il progetto ha abbracciato l'intero flusso di lavoro della digitalizzazione del patrimonio culturale, che va dalla ricostruzione tridimensionale alle esperienze virtuali immersive nel mondo dei musei. Sebbene gli sforzi fossero prevalentemente centrati sul museo più grande, ovvero la Pinacoteca Civica, attenzione è stata dedicata anche alla Fortezza Malatesta, alla Galleria d'Arte Contemporanea "O. Liconi" e al Museo della Ceramica. Il lavoro è stato suddiviso in diverse parti operative, tra cui 1) la ricostruzione tridimensionale delle opere d'arte insieme agli interi edifici museali, 2) lo sviluppo di web museum basati su panorami interattivi e 3) un'applicazione di realtà aumentata (AR) di uno dei dipinti esposti nella Pinacoteca Civica di Ascoli.

#### IL SISTEMA MUSEALE DEL COMUNE DI ASCOLI PICENO

La Rete dei Musei Civici di Ascoli Piceno è un istituto culturale, scientifico, educativo, al servizio delle comunità ed aperto al pubblico. Lo scopo è la conser-

vazione, la valorizzazione e la fruizione da parte del pubblico dei beni artistici, fotografici ed archeologici in essi conservati. La Rete è stata costituita per permettere di attivare interrelazioni nell'organizzazione fra i musei della città di Ascoli, per raggiungere obiettivi difficilmente conseguibili da ogni singola istituzione. La Rete è posta sotto il controllo del Servizio Cultura e Turismo del comune di Ascoli Piceno ed è dotata di una curatela scientifica dedicata.

#### *Pinacoteca Civica*

Istituita ufficialmente il 4 agosto 1861, vigilia della festa patronale di Sant'Emidio, per merito di due artisti ascolani, Giorgio Paci (1820-1914) e Giulio Gabrielli (1832-1910), la cospicua raccolta artistica, con oltre 800 oggetti tutt'ora esposti, è ospitata *ab antiquo* nell'imponente Palazzo dell'Arengo. I due primi allestitori ebbero l'incarico di espandere la collezione civica, già

aperta al pubblico, che esisteva sulla base del lascito del vescovo di Perugia Alessandro Maria Odoardi che, nel 1779, aveva donato al comune di Ascoli la sua collezione di antichità egizie e romane, oreficerie medievali, dipinti e smalti rinascimentali. Dovendo quindi espandere una delle più antiche collezioni museali pubbliche, attinsero alle opere dalle quadriere dei monasteri di Sant'Angelo Magno, di San Domenico e dei Gesuiti, entrate a far parte delle proprietà comunali a seguito della soppressione degli ordini religiosi decretata dal prefetto Valerio nel gennaio 1861. La collezione si arricchì ulteriormente nel 1909 con 12.000 stampe e disegni ceduti da Giulio Gabrielli; nel 1917 con l'arrivo di numerose opere ottocentesche concesse in deposito dalla Galleria nazionale d'Arte Moderna di Roma; nel 1920 con l'acquisizione del legato Ceci (una collezione costituita da più di cento dipinti, sculture e cera-

miche, lasciate dal chirurgo Antonio Ceci alla sua città natale) e quindi con i numerosi dipinti acquistati dalle varie amministrazioni comunali che si sono succedute fino ad oggi. Tra le preziose opere custodite spiccano, per importanza, il Piviale del XIII secolo, di manifattura inglese, donato nel 1288 al capitolo della cattedrale di Ascoli da Papa Niccolò IV, i dipinti di Carlo Crivelli e Cola dell'Amatrice, Tiziano (San Francesco riceve le stigmate, XVI sec.), Guido Reni (Annunciazione, 1575), Strozzi, De Ferrari, Magnasco, Mancini, Morelli, Palizzi e Pellizza da Volpedo (Passeggiata amorosa, 1901). Le opere sono collocate in splendide sale ammobiliate con rare consoles, poltrone, specchiere e cassettoni del XVIII e XIX secolo che, con i preziosi tendaggi ed i lampadari di Murano, ricreano l'atmosfera e la suggestione di un palazzo aristocratico.

Rilievo fotogrammetrico da drone		Rilievo laser scanner	
Numero di immagini	150	Numero di stazioni di presa	84
Risoluzione delle immagini	4.000x3.000 px	Risoluzione di scansione	6,3mm@10m
Numero totale di punti	80 mln	Numero totale di punti	>11 mld
Errore totale di allineamento	36 mm	Errore massimo di allineamento	13 mm

Tabella 1 - Dati comparativi per la fotogrammetria da drone

Tabella 2 - Dati comparativi per il rilievo con scanner laser

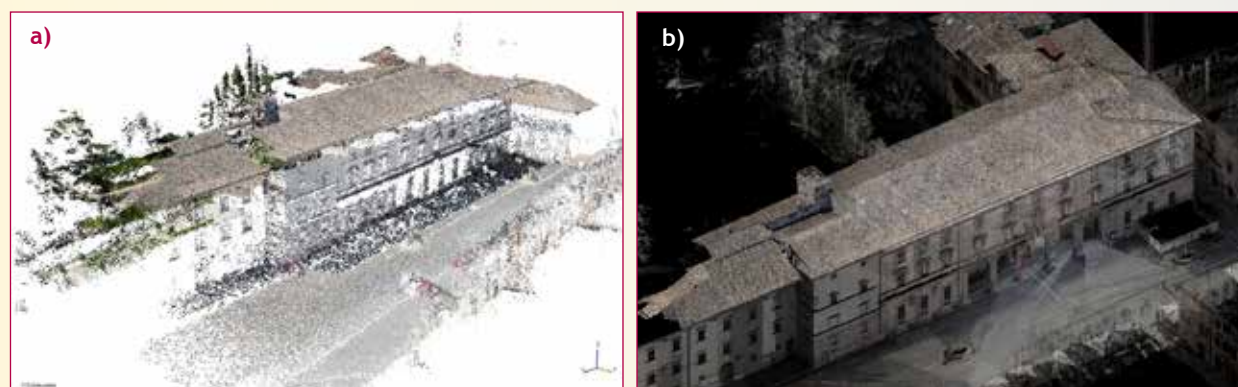


Fig. 2 - Rappresentazioni 3D dei modelli: a) Punti di Collegamento derivanti dall'elaborazione fotogrammetrica delle immagini, e b) rappresentazione dell'intero modello di nuvola di punti.

### Museo dell'Alto Medioevo

Il museo dell'alto medioevo è ospitato presso il forte Malatesta, struttura cinquecentesca edificata da Antonio da Sangallo il Giovane. Il museo è articolato in cinque sale e copre un periodo che va dalla tarda antichità romana fino all'epoca longobarda. Nel VI secolo la città di Ascoli fu sottoposta al dominio del ducato di Spoleto e la presenza longobarda nel vicino borgo di Castel Trosino si fa risalire allo stesso periodo. Nel 1893 fu rivenuta, in maniera del tutto fortuita, un'importante necropoli longobarda nelle vicinanze del borgo e il museo ospita, assieme a molti reperti, la ricostruzione di due sepolture che rappresentano una delle testimonianze più rappresentative della convivenza romano-longobarda nell'area. La struttura ha vinto nel 2020 il premio Francovich, assegnato dagli archeologi medievisti, al miglior museo dell'alto medioevo dell'anno.

### Museo dell'Arte Ceramica

Ascoli Piceno è una città di antica tradizione ceramica e nel 2007, sulla base del progetto "Con la terra e con il fuoco" premiato dal Ministero delle Attività Produttive, si è dotata di un museo per ripercorrere e studiare l'evoluzione dell'arte ceramica nel suo territorio svolgendo, al contempo, una funzione di valorizzazione di un'eccellenza artigianale locale. Ubicato nell'ex convento attiguo alla chiesa di San Tommaso espone le collezioni comunali, arricchite con i pezzi concessi dalla famiglia Matricardi e dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Ascoli Piceno. Il percorso espositivo spazia dalla maiolica arcaica del XV secolo fino alle produzioni più recenti rappresentate dalla manifattura Matricardi (1920-1929) e dalla

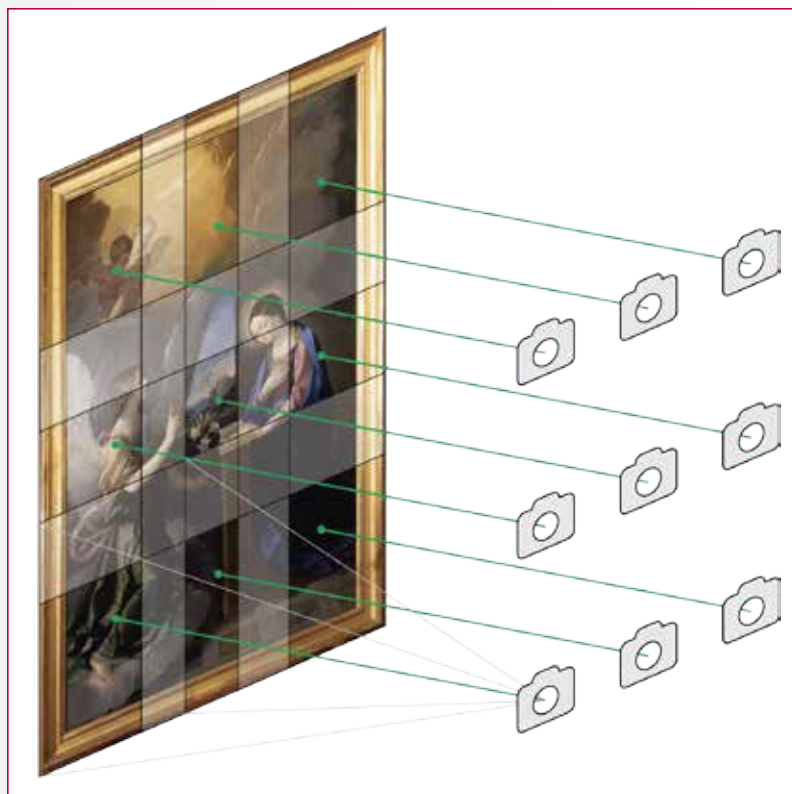


Fig. 3 - Tecnica di cattura parallela a multi-punto di vista dove la fotocamera si muove parallelamente alla tela.

F.A.M.A. (1930-1977). Di notevole importanza la collezione di mattonelle dipinte di Castelli (TE), proveniente dal convento di Sant'Angelo Magno, e la collezione Ceci.

### Galleria Civica d'Arte Contemporanea

La città di Ascoli si dotò di una prima collezione d'arte contemporanea solo a metà degli anni '60 su ispirazione di Ernesto Ercolani, già direttore della pinacoteca. Si trattava, però, di una collezione limitata alla grafica. Solo nel 1977 quel nucleo originario venne eretto in Civica Galleria d'Arte Contemporanea. Alla fine degli anni '90 la Galleria legò indissolubilmente il suo nome a quello di Osvaldo Licini, grazie all'acquisizione di 40 dipinti e 38 disegni, donati dalla figlia adottiva della moglie del pittore. Nel 1999 la collezione, originariamente esposta a Palazzo Malaspina, venne trasferita presso

l'attuale sede nel chiostro dell'ex convento di Sant'Agostino.

### ACQUISIZIONE E MODELLAZIONE

In questa sezione, vengono analizzate le tecniche utilizzate per il processo di acquisizione e modellazione dei musei e manufatti in essi conservati. L'acquisizione si è concentrata sulla Pinacoteca Civica di Ascoli, che rappresenta il museo più grande e importante del sistema museale. Oltre all'acquisizione dell'edificio, il paragrafo prende in considerazione il processo di acquisizione dei modelli 3D e delle riproduzioni ad alta definizione delle opere d'arte in esso contenute. Verranno analizzati quei modelli che illustrano le sfide affrontate nel lavoro e come alcuni problemi tecnici sono stati risolti.

#### Acquisizione con Scanner

##### Laser per la Pinacoteca Civica

La Pinacoteca Civica, situata all'interno dello storico Palazzo

dell'Arengo, è stata oggetto di acquisizione con Laser Scanner Terrestre (TLS) relativamente alle sue facciate esterne e agli ambienti interni. In primo luogo, il processo ha comportato una fase di pianificazione, per garantire la cattura di tutti gli elementi architettonici significativi, inoltre la scansione laser è stata integrata, per quanto riguarda le coperture, con fotogrammetria da drone. La georeferenziazione dei punti è stata garantita dal rilievo con ricevitore GNSS-RTK, ancorando i modelli digitali a coordinate geografiche precise.

I dati fotogrammetrici hanno condotto alla creazione di una nuvola di punti del tetto del palazzo, come mostrato in Figura 2°, e successivamente integrata nella nuvola da Laser scanner. Il numero di immagini scattate con il drone, la loro risoluzione e altre caratteristiche relative a questo processo sono dettagliate nella Tabella 1.

Per l'aspetto della scansione laser, sono state impiegate un totale di 84 stazioni, ottenendo una risoluzione di scansione di 6,3 mm a 10 m, catturando più di 11 miliardi di punti. Il risultato finale è un modello 3D,

che riflette accuratamente la Pinacoteca Civica e offre una testimonianza digitale della sua significatività culturale e storica. L'intero modello a nuvole di punti texturizzato è visibile nella Figura 2b e le principali caratteristiche di questo processo sono elencate nella Tabella 2.

#### *Acquisizione Fotogrammetrica per Dipinti HD e Modelli 3D*

Nell'ambito della digitalizzazione delle collezioni museali, i flussi di lavoro per l'acquisizione di dipinti ad alta definizione e modelli tridimensionali divergono sotto alcuni aspetti. Per i dipinti HD, l'obiettivo è produrre immagini gigapixel che rivelano dettagli minuti come crepe, movimenti del pennello ed elementi nascosti, raccogliendo informazioni utili per l'analisi e il restauro, ma anche utili alla narrazione delle opere. Per ottenere le immagini Gigapixel, l'acquisizione viene eseguita su una superficie piana, con la fotocamera che si muove orizzontalmente su uno slider per garantire una cattura dell'immagine precisa e uniforme (Clini et al., 2022). Al contrario, l'acquisizione di modelli 3D implica di acquisire immagini convergenti

sull'oggetto, ad esempio tramite un meccanismo a piattaforma rotante, dove l'oggetto ruota rispetto a una posizione fissa della fotocamera, che permette anche la corretta sovrapposizione dei fotogrammi. I modelli 3D risultanti subiscono un'ottimizzazione rigorosa, cercando di mantenere un equilibrio tra risoluzione della texture e dimensione gestibile del file. La generazione di mappe normali dal modello ad alta poligonazione è fondamentale, per produrre il modello con una texture realistica, migliorando la fedeltà visiva e facilitando una rappresentazione realistica della geometria dell'oggetto.

Per esempio, l'Annunciazione di Guido Reni, che misura circa 2,4 x 1,5 metri, è stata acquisita tramite un processo fotogrammetrico ad alta definizione, realizzando 1133 immagini a una risoluzione di 4.000x6.000 pixel. Si è utilizzata una fotocamera full-frame Sony alpha 9 ILCE-9 con sensore CMOS, abbinata a un obiettivo Sony 90mm FE F2.9 MACRO G OSS per la cattura dei più minuti dettagli della superficie pittorica. L'elevato numero di immagini risulta necessario per applicare la Struc-



Fig. 4 - Acquisizione di Modello 3D de "Il Riposo del Pastorello"

ture from Motion (SfM), garantendo un livello di accuratezza elevatissimo e quindi ingrandimenti notevoli. L'acquisizione è stata facilitata da uno slider in carbonio Syrp Magic Carpet e un treppiede Manfrotto per garantire stabilità e precisione: sono stati impiegati accessori essenziali come il Genie II Linear per un movimento costante e filtri polarizzanti per gestire i riflessi, insieme a luci LED per un'illuminazione ottimale. La tecnica utilizzata per l'acquisizione è la cattura parallela multi-nodale, che consiste nel prendere diverse immagini sovrapposte e con piano di presa parallelo al piano della tela. L'illustrazione concettuale di tale metodo è mostrata nella Figura 3. I dati fotogrammetrici sono stati raccolti con attenzione particolare per garantire alta risoluzione e basso errore di allineamento, cruciali per un'analisi dettagliata e la conservazione: l'errore medio di allineamento è risultato pari a 1 mm.

Per l'acquisizione dei modelli 3D, abbiamo selezionato tecniche coerenti alle caratteristiche dell'oggetto, tenendo in conto le dimensioni, i materiali, la possibilità di essere spostati e le condizioni circostanti. La nostra metodologia prevede la cattura da molteplici punti di vista attorno a opere d'arte più grandi e fisse o l'utilizzo di un

tavolo rotante all'interno di un box fotografico nel caso di manufatti più piccoli.

Per esempio, la modellazione 3D del "Riposo del Pastorello" di Raffaele Belluzzi, risalente al 1879 e realizzato in marmo, è stata affrontata con la prima tecnica, posizionando strategicamente quattro lampade intorno alla scultura. Ogni lampada, posta in un angolo, forniva un'illuminazione ottimale per catturare accuratamente il modello 3D dettagliato, che include texture finemente rese. La scultura è stata acquisita utilizzando 61 foto ad alta risoluzione (4000x6000 pixel). L'allestimento dell'acquisizione è raffigurato nella Figura 4.

Per la digitalizzazione di piccoli manufatti tridimensionali, viene impiegata la tecnica che utilizza il box bianco fotografico, utile a diffondere la luce, minimizzare le ombre sull'oggetto e isolarlo dall'ambiente circostante per semplificare il processo di ricostruzione digitale. Il manufatto viene posizionato su un tavolo rotante, marcato con una scala graduata, che facilita una rotazione precisa tra gli scatti, mentre un colorchecker garantisce una calibrazione accurata del colore. Questa configurazione è fondamentale per catturare la morfologia completa del manufatto senza aree di ombra, in particolare

per oggetti con superfici intricate concave o convesse. Nel caso specifico del "Vaso ad Urna con Coperchio", un vaso in maiolica del XIX secolo della Manifattura Paci, questa tecnica è stata fondamentale. Il vaso presenta decorazioni in rilievo dettagliate, con un festone di fiori e un cammeo su un lato, e figure femminili danzanti e suonatrici sull'altro, tutti elementi che richiedevano attenzione durante la digitalizzazione.

#### Ricostruzione 3D

Questo processo coinvolge diverse fasi per creare un modello 3D accurato e visivamente rappresentativo. Inizia con il processo di digitalizzazione che abbiamo descritto nel paragrafo precedente e si conclude con l'ottimizzazione della superficie. Il processo può variare significativamente a seconda della morfologia e del suo scopo finale. Nel paragrafo seguente, è spiegato il processo di digitalizzazione a partire dalla fotogrammetria utilizzando il software Metashape (Agisoft LLC, 2023) e concludendo con la creazione dei modelli 3D ottimizzati per il web.

#### FOTOGRAMMETRIA IN METASHAPE

Tale processo si basa sull'uso della ben nota tecnica di fotogrammetria SfM (Structure-from-Motion) per individuare gli



Fig. 5 - Processo SfM per il "Riposo del Pastorello": a) Punti di riferimento generati per l'intero modello, b) Nuvola di punti densa della testa del pastorello, c) Modello 3D senza texture, d) Modello 3D complesso finale con la texture.



Fig. 6 - Dipinto digitalizzato "San Francesco riceve le stigmate" di Tiziano Vecellio con parti del dipinto che mostrano dettagli miniaturi come il movimento del pennello e le crepe.

elementi comuni tra le fotografie e mappare le loro connessioni spaziali. Un set di fotografie sovrapposte viene elaborato per generare una nuvola di punti densa che utilizziamo poi per la creazione del modello mesh. La Figura 5 rappresenta questo processo eseguito su "Riposo del Pastorello", dalla generazione dei punti di riferimento al completamento della mesh dettagliata con texture.

Per migliorare l'allineamento delle fotografie, abbiamo innanzitutto mascherato lo sfondo della scultura, distinguendo solo l'area di interesse. Il pro-

cesso è proseguito con la generazione dei punti di riferimento per l'area di interesse. Successivamente, i punti ridondanti sono stati eliminati e è stata generata una nuvola di punti densa, come mostrato nella Figura 5b. La mesh prodotta direttamente dalla nuvola di punti densa ha mostrato buoni risultati con una complessità di circa 1,7 milioni di facce. Tuttavia, conteneva ancora alcune irregolarità geometriche e superfici con artefatti (un'elevata quantità di rumore) che abbiamo trattato in Geomagic Wrap. Il processo ha richiesto la gene-

razione e la mappatura ripetuta della texture sul modello pulito in MetaShape, preservando il sistema di coordinate e la posizione del modello precedente. Un tale modello di maglia 3D è adatto, ad esempio, all'analisi grazie alla sua precisa struttura geometrica e texture. Tuttavia, il nostro obiettivo è anche concentrarci sulla sua visualizzazione e diffusione al pubblico. Pertanto, ulteriori ottimizzazioni si sono rese necessarie, come descritte nel paragrafo seguente.

### Ottimizzazione della Mesh

La visualizzazione dei modelli 3D può essere a volte impegnativa a causa delle loro dimensioni e complessità. Per superare queste sfide, vengono utilizzate una miriade di tecniche incorporate in una vasta gamma di software. Abbiamo utilizzato 3ds Max (Autodesk Inc., 2023) per semplificare il modello 3D ottenuto di "Riposo del Pastorello" e per ottenere (baking) nuove texture dal precedente modello 3D utilizzando una tecnica di mappatura UVW: ogni punto sulla texture è assegnato ai punti corrispondenti sulla superficie target del modello

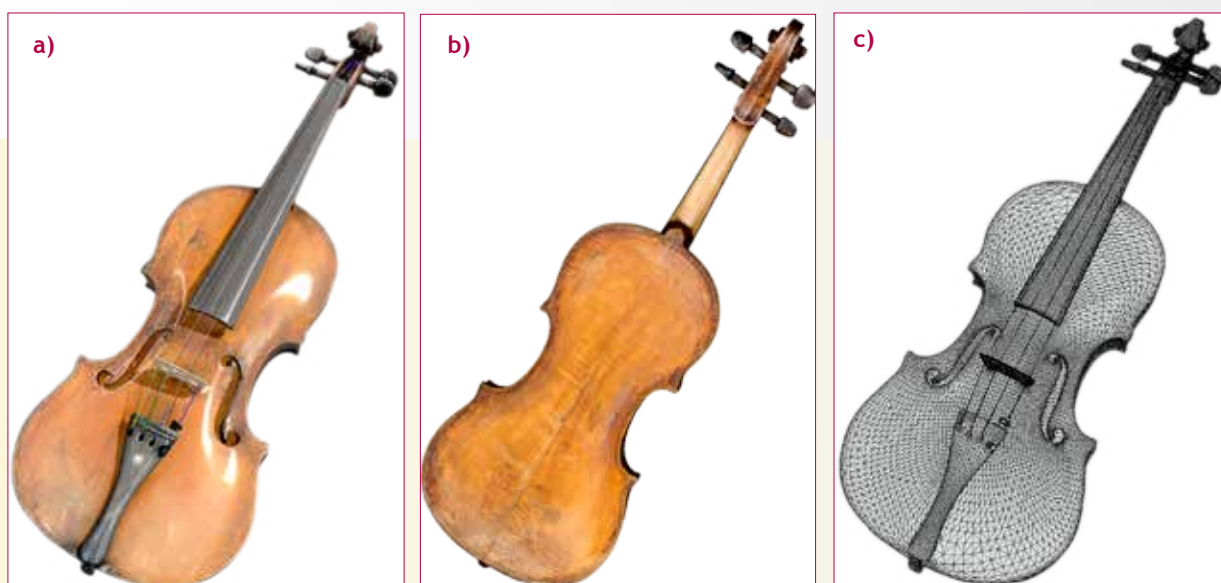


Fig. 7 - Digitalizzazione del modello 3D del Violino, includendo: a) il rendering finale del modello in mesh con 58,7k vertici, b) il retro del Violino, e c) la vista in wireframe per mostrare la geometria regolare.

3D. Il modello finale è stato sottoposto a un forte lavoro di retopology, riducendo il numero di poligoni e convertendo l'intera mesh triangolare in facce quadrilaterali (quad). Il modello è disponibile all'indirizzo [https://skfb.ly/oPVot].

### FLUSSO DI LAVORO PER DIPINTI GIGAPIXEL

I dipinti gigapixel richiedono un flusso di lavoro specifico a causa della loro forma planare e della richiesta estremamente alta di dettaglio. Ciò richiede una ricostruzione accurata della loro geometria, che è principalmente eseguita da centinaia di fotografie a seconda delle dimensioni reali del modello. Questa dettagliata ricostruzione è essenziale per creare un'immagine gigapixel ad alta risoluzione che funge da texture a colori, catturando e trasmettendo con precisione i dettagli fini del modello. Questa texture estremamente dettagliata è un'ortofoto, una rappresentazione piatta e priva di distorsioni di una superficie, garantendo una scala uniforme del dipinto. Inoltre, consente la rappresentazione delle caratteristiche del dipinto con precisione millimetrica. La Figura 6 illustra la straordinaria precisione del dipinto digitalizzato "San Francesco riceve le stigmate" di Tiziano Vecellio, mostrando piccole crepe e dettagli impercetti-

tibili a occhio nudo, ma rivelati attraverso la precisione della tecnologia digitale. Il dipinto interattivo è disponibile online all'indirizzo [https://dhekalos.it/HD/tiziano/viewer.htm].

### MODELLI 3D PICCOLI E COMPLESSI

Nell'acquisire modelli 3D complessi, come lo strumento Violino di Giuseppe Odoardi, è stato utilizzato uno scanner a luce strutturata manuale (Creaform Go!SCAN 3D) combinato con la fotogrammetria. A differenza della fotogrammetria o di altre tecniche, questo metodo non produce una texture, risultando in modelli 3D iniziali privi di colore. Il violino, ad esempio, inizialmente mancava di texture, presentando una sfida nel rappresentare accuratamente le sue caratteristiche dettagliate, il legno intagliato e la sua superficie lucida. Per superare questo, le fotografie allineate nel processo di fotogrammetria sono state utilizzate per mappare la texture su di esso. Per rappresentare la terza dimensione della texture, è stata generata una mappa normale dalla forma dell'oggetto in 3ds Max. La Figura 7 mostra il modello mesh del Violino, includendo a) il rendering finale del modello mesh, b) il retro del Violino, e c) la vista wireframe per mostrare la geometria regolare.

Per visualizzare su tutti i mo-

delli digitalizzati all'interno del progetto VITA è possibile consultare la collezione di sketchfab [https://skfb.ly/oMzET].

### CREAZIONE DI TOUR VIRTUALI

Tutte le digitalizzazioni fin qui descritte sono confluite in un web museum, basato su panoramiche sferiche. Il tour relativo alla Pinacoteca Civica di Ascoli<sup>2</sup> è costituito da 84 panorami, la Fortezza Malatesta<sup>3</sup> da 19, la Galleria d'Arte Contemporanea "O. Licini"<sup>4</sup> da 9, e il Museo della Ceramica<sup>5</sup> da 13. Questi panorami sono ottenuti da scatti fotografici con testa panoramica e uniti senza soluzione di continuità per ottenere risoluzioni fino a 16.384x8.192 pixel. Pertanto abbiamo fornito un tour virtuale coinvolgente che invita i visitatori a esplorare e interagire con i manufatti e lo spazio architettonico di queste istituzioni. Alcune delle caratteristiche che offre includono la navigazione attraverso la mappa concettuale e hotspots, descrizioni delle stanze e delle opere d'arte selezionate, modalità in realtà immersiva, modelli 3D interattivi e dipinti ad alta definizione. Inoltre, abbiamo integrato un video all'interno della vista panoramica, in cui un esperto appare realisticamente inserito nella scena e illustra le opere d'arte scelte, come mostrato nella Figura 8 Un processo dettagliato di creazio-

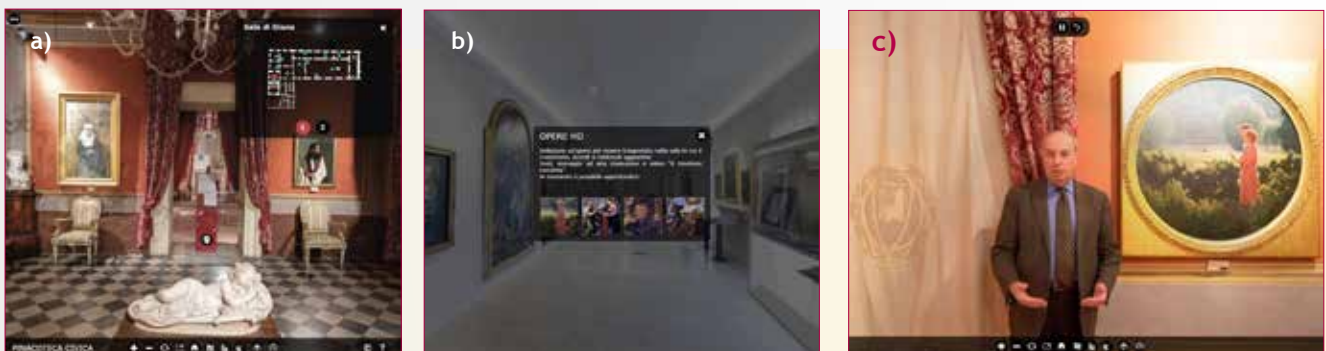


Fig. 8 - L'interfaccia del tour panoramico virtuale della Pinacoteca Civica comprende: a) Sala di Diana con una mappa di navigazione interattiva, b) un pannello pop-up che consente agli utenti di selezionare ed esaminare da vicino i dipinti digitalizzati insieme a informazioni dettagliate, c) un video esplicativo interattivo integrato senza soluzione di continuità nella vista panoramica.



ne di un tour virtuale della Pinacoteca Civica, insieme a tutti i suoi sviluppi, è ampiamente descritto in (Vasic et al., 2022), parte dei progetti in corso all'interno del quadro di una tesi di dottorato.

#### APPLICAZIONE AR PER IL DIPINTO DI GUIDO RENI

È stata infine creata un'applicazione AR per approfondire la conoscenza del notevole dipinto Annunciazione di Guido Reni e la sua collocazione nel museo. Essa è stata sviluppata utilizzando il software Unity ("Unity," 2023) e Vuforia Engine ("Vuforia Augmented Reality SDK," 2023) per il riconoscimento delle immagini. La nostra applicazione permette agli utenti di interagire con il dipinto in un modo nuovo, offrendo una prospettiva e una comprensione innovativa di questo capolavoro. L'applicazione fornisce una narrazione audio una volta che il dipinto entra nell'inquadratura della telecamera del dispositivo, visualizzando icone audio collegate a diverse sezioni del dipinto, come lo sfondo dell'autore, i dettagli della cornice e altro ancora.

Inoltre, consente l'esplorazione virtuale della stanza che ospita il dipinto "Annunciazione". La Figura 9 mostra l'interfaccia dell'applicazione e le scene con la narrazione audio.

#### CONCLUSIONE

Grazie al progetto VITA, il Laboratorio Dhekalos dell'Università Politecnica delle Marche e le Collezioni civiche del Comune di Ascoli hanno avviato una proficua collaborazione, che ha portato il museo marchigiano a divenire un esempio virtuoso nell'ambito della digitalizzazione del suo patrimonio. Questo è in prima istanza testimoniato dall'alto numero di dipinti e reperti digitalizzati: Un totale di 125 immagini panoramiche che coprono tutti e quattro i musei, 15 modelli 3D disponibili online su [<https://skfb.ly/oMzET>] e 4 dipinti gigapixel. Inoltre il progetto ha consentito a Pulchra soc. coop. di dotarsi di un notevole parco di attrezzature, quali macchine fotografiche e slitte motorizzate per l'ottenimento di dipinti in GigaPixel, ma anche di iniziare un percorso di formazione e up-skilling del proprio

personale interno. L'approfondimento e la valutazione delle diverse opportunità fornite dalle tecnologie digitali nell'ambito del progetto VITA, ha permesso alla struttura di gestione delle collezioni civiche di affrontare il processo di digitalizzazione previsto con il PNRR con una consapevolezza maggiore sia degli aspetti logistici che di quelli più prettamente tecnologici, rispondendo con maggiore accuratezza anche alle richieste che la stazione appaltante necessitava circa la definizione degli spazi per l'allestimento dei cantieri di digitalizzazione. Ma se lo stato di avanzamento delle conoscenze sul piano pratico è stato importante, l'avanzamento nel campo delle competenze e della conoscenza delle dinamiche e dei fattori di sviluppo che sono alla base dei processi di digitalizzazione si è dimostrato l'elemento più prezioso di tutto il progetto. La formazione erogata al personale delle cooperative di gestione ha permesso di "internalizzare" competenze che, all'avvio del progetto, era necessario reperire da soggetti terzi rispetto all'amministrazione pubblica e

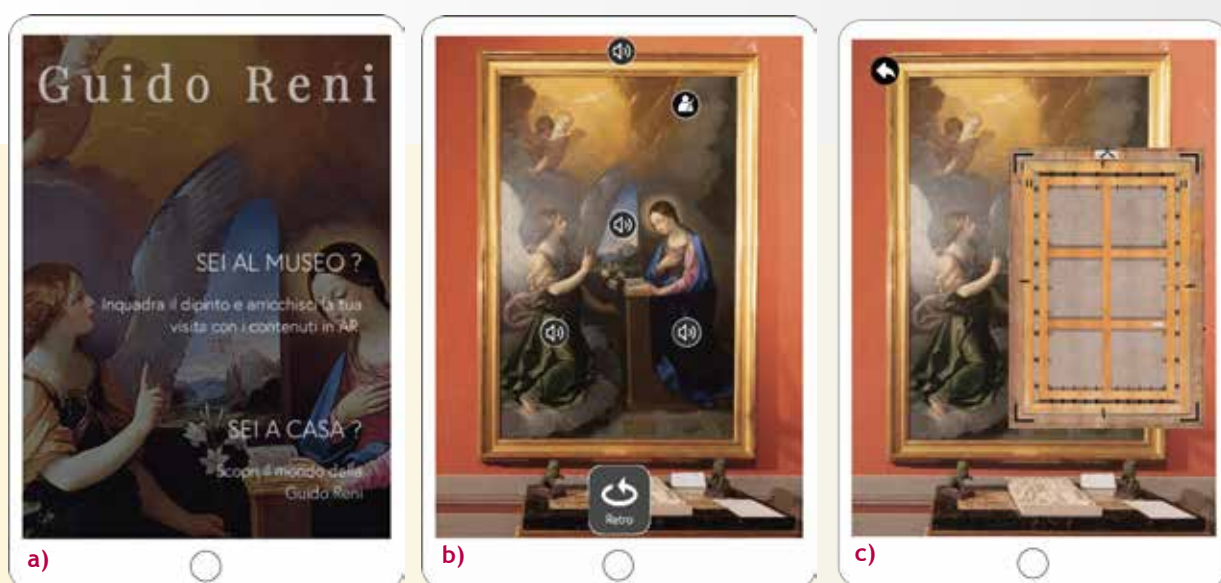


Fig. 9 - L'interfaccia dell'applicazione di realtà aumentata (AR): a) la pagina principale e b) icone audio interattive che appaiono quando l'utente punta il dispositivo verso il dipinto, attivate dal riconoscimento dell'immagine, e c) la visualizzazione del retro del dipinto.

alla gestione privata ordinaria della rete museale.

Per la cooperativa Pulchra, capofila del progetto VITA, l'acquisizione dell'attrezzatura e l'up-skilling del personale è diventato un momento fondante per la ridefinizione delle strategie aziendali. La trasformazione da semplice soggetto erogatore di servizi a impresa culturale e creativa permette di allargare l'orizzonte delle attività programmabili, migliorando la resa nei servizi che già eroga e potenziando la capacità progettuale. In quest'ottica l'avvio di partnership stabili con il laboratorio Dhekalos dell'Università Politecnica delle Marche rappresenta un naturale sviluppo per continuare a ideare strategie per implementare i processi di digitalizzazione nella realtà dei piccoli e medi musei che, a differenza delle grandi istituzioni museali nazionali, farebbero enorme fatica a reperire risorse sia umane che materiali per affrontare la transizione digitale.

La sinergia avviata ha incontrato poi la felice congiuntura degli avvenuti finanziamenti dei progetti Next-Museum (capofila Fondazione Marche Cultura) e DcBox (capofila Univpm): entrambi i progetti si sono occupati di trasformazione digitale dei musei e delle professionalità ad essa connesse e sono finanziati dal programma Erasmus +, rispettivamente nell'ambito dei VET provider e della Higher Education. In ottica di cross-fertilizzazione varie attività quali tirocini congiunti, programmi di formazione e il Digital Education On Tour sono state rese possibili da tali finanziamenti.

#### BIBLIOGRAFIA

- Agisoft LLC, 2023. Agisoft Metashape. Autodesk Inc., 2023. Autodesk 3ds Max 2023.
- Clini, P., Angeloni, R., D'Alessio, M., Marinelli, E., 2022. La Digitalizzazione per una fruizione del Patrimonio Culturale in sito e da remoto: il caso studio della Pala Gozzi di Tiziano, in: AIUCD Associazione per l'Informatica Umanistica e La Cultura Digitale. DG Connect - Interactive Technologies Digital for Culture & Education Group 2, 2020. Factual Summary Report on the open public consultation on digital for Cultural Heritage.
- European Commission, 2021. Europe's Digital Decade: digital targets for 2030.
- Europeana, 2022. Building Digital Capacity.
- Fallon, J., ter Burg, S., 2021. Strategy for building and implementing a capacity building framework. Heritage Research Hub - A platform on and for the cultural heritage research community, 2023. About the Hub.
- Ministero della Cultura, 2021. PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA #NEXTGENERATIONITALIA.
- NEMO, 2020. Survey on the impact of the COVID-19 situation on museums in Europe Final Report.
- Schonberger, J.L., Frahm, J.M., 2016. Structure-from-Motion Revisited, in: Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.445>
- The Italian-French Bilateral Cooperation on Heritage Science, 2023. The Italian-French Bilateral Cooperation on Heritage Science [WWW Document]. URL <https://www.heritageresearch-hub.eu/the-italian-french-bilateral-cooperation-on-heritage-science/Unity>, 2023.
- Vasic, I., Pauls, A., Mancini, A., Quattrini, R., Pierdicca, R., Angeloni, R., Malinverni, E.S., Frontoni, E., Clini, P., Vasic, B., 2022. Virtualization and Vice Versa: A New Procedural Model of the Reverse Virtualization for the User Behavior Tracking in the Virtual Museums, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15553-6\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15553-6_23)
- Vuforia Augmented Reality SDK, 2023.

#### NOTE DI CHIUSURA

- 1 Progetto "VITA- Virtual Immersion in Territorial Art" finanziato nell'ambito del programma "POR MARCHE FESR 2014-2020 - Asse 8 - Azione 22.1 - Intervento 22.1.1 "Sostegno allo sviluppo e alla valorizzazione delle imprese sociali nelle aree colpite dal terremoto", CUP B39J19000120005, in supporto alle cooperative sociali Pulchra, Together We Care e GreenPark.
- 2 <https://dhekalos.it/tour/iva/pinacotecacivica/index.html>
- 3 <https://dhekalos.it/tour/iva/fortemalatesta/index.html>
- 4 <https://dhekalos.it/tour/iva/olicini/index.html>
- 5 <https://dhekalos.it/tour/iva/ceramica/index.html>

#### ABSTRACT

*In line with current trends and challenges in the field of cultural heritage, the research presented here is the result of the V.I.T.A. project: an initiative on digital cultural heritage that involves museum operators in the digitization and development of digital applications for various works of art and ethnographic elements from the Civic Museums of Ascoli Piceno. The project includes the entire digitization workflow, ranging from three-dimensional modeling to immersive virtual experiences for museums. The work testifies to a fruitful collaboration between universities and cultural institutions, which has led the Marche museum to become a virtuous example in the field of digital transformation of heritage.*

#### PAROLE CHIAVE

HERITAGE; TRASFORMAZIONE DIGITALE; REALTÀ AUMENTATA; APPLICAZIONI AR; MODELLAZIONE 3D; FOTOGRAMMETRIA; MUSEI; V.I.T.A.; DIGITALIZZAZIONE; FRUIZIONE; TOUR VIRTUALI; METASHAPE; GIGAPIXEL

#### AUTORE

PAOLO CLINI, RAMONA QUATTRINI, EVA S. MALINVERNI, ROBERTO PIERDICCA, IVA VASIC  
UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
STEFANO PAPETTI  
COLLEZIONI CIVICHE DI ASCOLI PICENO;  
MATTEO FELICETTI  
PULCHRA SOC. COOPERATIVA