Gigapixel Imaging e Dipinti di Grande Formato

La capacità di acquisire e gestire immagini ad altissima risoluzione tramite procedure automatizzate apre nuovi scenari per la documentazione, la conservazione e la valorizzazione di dipinti e disegni antichi.
GIGAPIXEL, introduce una metodologia avanzata per l'acquisizione, elaborazione e fruizione di immagini ad altissima risoluzione applicata a dipinti e opere di grande formato.
La soluzione combina tecniche di acquisizione multi-scatto, algoritmi avanzati di stitching e pipeline di post-processing, consentendo la generazione di rappresentazioni digitali gigapixel con **precisione scientifica**, navigabili a qualsiasi scala: dalla visione d'insieme fino al dettaglio microscopico della pennellata.
Il sistema è progettato per operare **in situ**, riducendo i rischi conservativi e offrendo una soluzione **scalabile e cost-effective**.

"Imaging Gigapixel per conservare, studiare e valorizzare i beni culturali"

Laboratorio	MISTER
Area di specializzazione	Cultura e creatività
Referenti	Matteo Bevilacqua
Keyword	tecnologie imaging , riproduzione digitale submillimetrica , digitalizzazione opere d'arte, tecnologie digitali per beni culturali



Fig. 1: Gigapixel per conservare, studiare e valorizzare i beni culturali

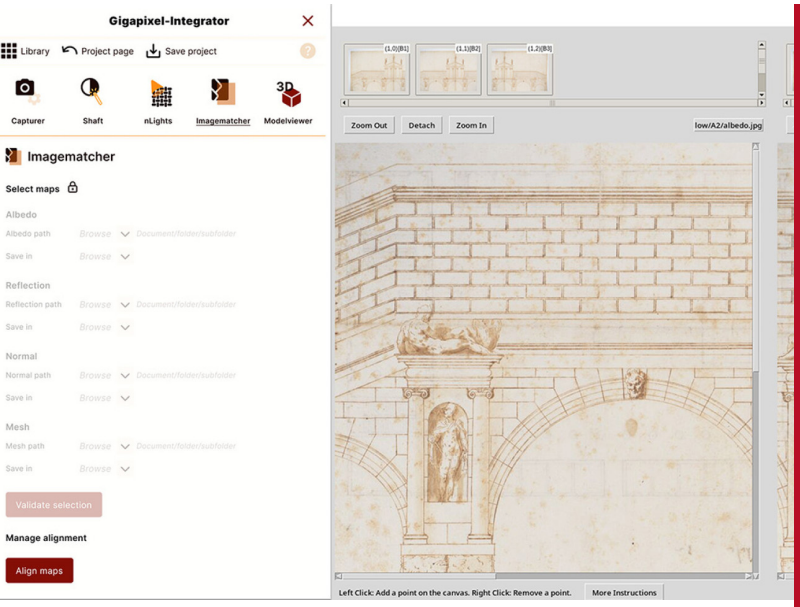


Fig. 2: Una schermata del modulo ImageMatcher per la mosaicatura delle immagini e mesh destinate alla produzione del modello tridimensionale mappato di antichi disegni e dipinti

Descrizione

Il progetto ha sviluppato una suite integrata di strumenti hardware e software, tra cui l'applicazione Gigapixel Integrator e due stativi robotizzati per l'acquisizione, in grado di accompagnare l'operatore lungo l'intero processo: dalla digitalizzazione iniziale fino alla restituzione e presentazione dei risultati.
Il gruppo di lavoro ha maturato competenze nella riproduzione e visualizzazione di immagini ad altissima risoluzione di opere d'arte, in particolare dipinti su tela e tavola.
Il processo si articola in tre fasi:
1. Acquisizione multi-scatto. L'opera viene fotografata sistematicamente per porzioni sovrapposte mediante fotocamere digitali di medio formato a controllo remoto, montate su sistemi di scansione robotizzati. Tali sistemi sono dotati di controllo delle vibrazioni e illuminazione gestita da remoto, garantendo condizioni di ripresa stabili e ripetibili. La sovrapposizione tra fotogrammi e l'acquisizione in diverse condizioni di luce controllata consentono una ricostruzione geometrica e materica estremamente accurata.
2. mosaicatura (stitching). Le immagini acquisite vengono allineate e fuse in un'unica rappresentazione coerente tramite software specializzati, tra cui PTGui e pipeline proprietarie sviluppate internamente.
3. distribuzione e fruizione dei dati. Le immagini gigapixel vengono ottimizzate per la navigazione interattiva tramite motori grafici in tempo reale, consentendo uno zoom continuo senza perdita percepibile di qualità.

Aspetti innovativi

La metodologia sviluppata si distingue rispetto alle soluzioni commerciali standard per una serie di elementi innovativi. In primo luogo, la pipeline è progettata per operare **in situ**, evitando la movimentazione dell'opera e riducendo significativamente i rischi conservativi. L'intero processo è supportato da procedure guidate e manualistica tecnica strutturata.
Tra gli elementi di maggiore innovazione si segnalano:
• Integrazione della correzione dell'aberrazione cromatica e della distorsione ottica nella pipeline di stitching, con profili ottici calibrati per le ottiche in uso
• Capacità di acquisizione con illuminazione controllata gestita con procedure automatizzate, per rivelare informazioni di profondità e riflettanza non visibili tramite singolo scatto fotografico
• Georeferenziazione pixel-accurata dell'immagine rispetto alle dimensioni fisiche dell'opera, utile per il confronto diacronico in campagne di monitoraggio a distanza di anni, nel rispetto delle proprietà CIE 175:2006
• Elevata risoluzione (20-50 micrometri), elevata fedeltà colorimetrica (CIEDE2000<1), immagini gigapixel in una soluzione 3D

Applicazioni

La tecnologia di imaging gigapixel trova applicazione in tutti i contesti in cui sia richiesta una documentazione ad alta fedeltà di opere di grande formato, con finalità conservative, scientifiche o comunicative. Il sistema risulta particolarmente efficace per opere di grandi dimensioni, quali pale d'altare, cicli di affreschi e cartoni preparatori, affreschi, dove la scala fisica supera i limiti di acquisizione di un singolo scatto.
La produzione di repliche digitali di opere d'arte porta innovazione nei processi di produzione e comunicazione, stimolando la creazione di nuovi posti di lavoro.

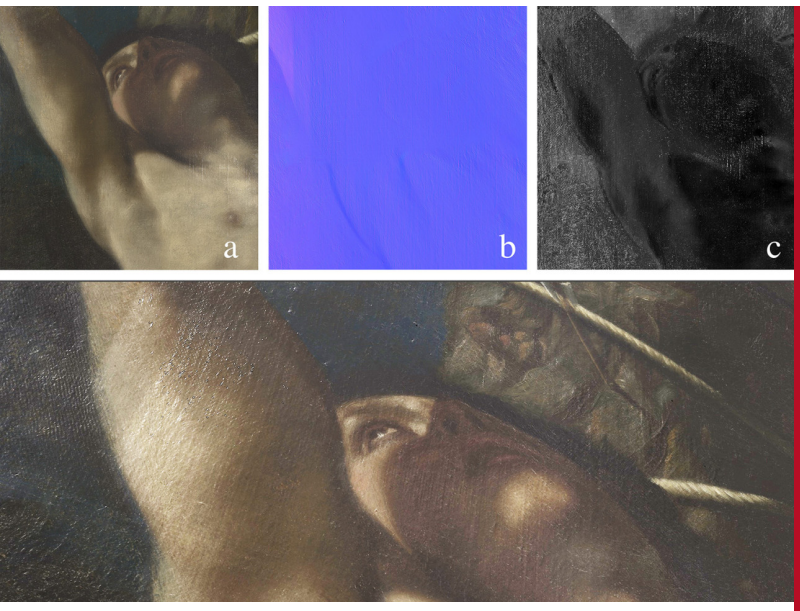


Fig. 3: Dettaglio del modello tridimensionale per il dipinto "L'Annunciazione" di Giovanni Francesco Barbieri (detto il Guercino): proprietà ottiche (d), mappe albedo (a), normal (b), specular (c)

Esempio di applicazione

Acquisizione di immagini di grande formato
Tra i principali ambiti di utilizzo si includono la catalogazione scientifica per musei e soprintendenze, il monitoraggio conservativo periodico, il supporto alle attività di restauro, la valorizzazione e divulgazione del patrimonio culturale, la formazione specialistica e le attività di perizia e autenticazione.

Il partenariato ha condotto diverse campagne di imaging gigapixel su dipinti di grande formato presso istituzioni culturali dell'area emiliano-romagnola e territori limitrofi, anche in collaborazione con l'Università degli Studi di Urbino Carlo Bo.
In una delle campagne più significative è stato documentato un dipinto su tela di circa 7,5 mq. I risultati hanno permesso di individuare dettagli tecnici esecutivi precedentemente non rilevati, tra cui specifiche modalità di stesura del colore e tracce riconducibili a interventi di restauro pregressi.
Il confronto con acquisizioni precedenti ha inoltre consentito di valutare in modo quantitativo l'efficacia delle metodologie adottate nel workflow, confermando la robustezza del sistema.
Il sistema risulta particolarmente efficace per opere di grandi dimensioni, quali pale d'altare, cicli di affreschi e cartoni preparatori, affreschi, dove la scala fisica supera i limiti di acquisizione di un singolo scatto.
La piattaforma di fruizione interattiva, implementata anche sotto forma di totem presso la Collegiata di Santa Maria Maggiore in Pieve di Cento (BO), ha ricevuto riscontri positivi sia da parte della comunità scientifica sia del pubblico, evidenziando la duplice valenza dello strumento, scientifica e divulgativa.

Partner coinvolti

Laboratori della Rete Alta Tecnologia:
Centro di Ricerca sulle Industrie Culturali e Creative - Università di Bologna, capofila
CIRI ICT – Università di Bologna
MISTER Smart Innovation scrl
Centro Interdipartimentale di ricerca sulle Digital Humanities DHMoRe
Imprese: RE:LAB, Junto Innovation Hub

Tempi di realizzazione

La durata del progetto è stata pari a 30 mesi

Livello di maturità tecnologica

TRL 8 - sistema completo e validato

Valorizzazione applicazione

GIGAPIXEL rappresenta un'offerta integrabile nei servizi di diagnostica e documentazione dei beni culturali
Il know-how sviluppato ha portato alla definizione di una procedura standardizzata e di un'offerta strutturata, con elevato potenziale di scalabilità su campagne multi-opera e multi-sede, favorendo sinergie con istituzioni culturali, imprese di restauro e piattaforme di digital heritage.

MISTER

MISTER Smart Innovation



Fondata nel 2009, la società consortile Mister Smart Innovation rappresenta un esempio virtuoso di Public Private Partnership.
Con sede nell'Area della Ricerca CNR di Bologna, Mister si occupa di ricerca industriale e trasferimento tecnologico. Per le sue attività Mister è accreditato alla Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna come laboratorio dal 2012 e dal 2019 anche come centro per l'innovazione.
Mister supporta start-up, PMI e grandi industrie a livello regionale, nazionale e internazionale fornendo soluzioni custom per lo sviluppo di sensoristica industriale e ambientale, illuminazione, machine learning, computer vision, additive manufacturing e progettazione 3D, tecnologie per la salute, nanotecnologie per biosensori, materiali innovativi e altro ancora.
Mister dal 2017 è soggetto gestore del Tecnopolo Bologna CNR, che ha sede nelle strutture dell'Area CNR di Bologna e dell'Area delle Scienze di Parma.

Sito web	http://www.laboratoriomister.it
Direttore	Valeria Pignedoli
Data pubblicazione	30/04/2026