

Studi e Ricerche



Scienze e Tecnologie

# Prospettive architettoniche

## conservazione digitale, divulgazione e studio

VOLUME I

a cura di  
Graziano Mario Valenti



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ EDITRICE

Collana Studi e Ricerche 26

# Prospettive architettoniche

conservazione digitale, divulgazione e studio

VOLUME I

*a cura di*  
*Graziano Mario Valenti*



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ EDITRICE

2014

Copyright © 2014

**Sapienza Università Editrice**

Piazzale Aldo Moro 5 – 00185 Roma

[www.editricesapienza.it](http://www.editricesapienza.it)

[editrice.sapienza@uniroma1.it](mailto:editrice.sapienza@uniroma1.it)

Iscrizione Registro Operatori Comunicazione n. 11420

ISBN 978-88-98533-45-9

DOI 10.13133/ 978-88-98533-45-9



Quest'opera è distribuita con licenza Creative Commons 3.0  
diffusa in modalità *open access*.

Distribuita su piattaforma digitale da:

**digilab**

Centro interdipartimentale di ricerca e servizi  
*Settore Publishing Digitale*

In copertina: Matteo Flavio Mancini, Sala dei Cento Giorni, Palazzo della Cancelleria, Roma. Sovrapposizione del disegno di Vincenzo Fasolo con fotografia della sala.

# Indice

Le prospettive architettoniche: un ponte tra arte e scienza	1
<i>Riccardo Migliari</i>	

## PARTE I. LE PROSPETTIVE ARCHITETTONICHE E LA LORO INTERPRETAZIONE EUROPA

Albrecht Dürer's contributions to the European Perspective Research project in the Renaissance	9
<i>Cornelie Leopold</i>	

Vincenzo Bacherelli fra Firenze e Portogallo: la diffusione della quadratura alla corte di Giovanni V. L'uso della prospettiva e la sua diffusione teorica in seno alla cultura matematica dei Gesuiti nella prima metà del Settecento	23
<i>Magno Moraes Mello</i>	

Prospettiva de' pittori e architetti come <i>Liber Veritatis</i> di Andrea Pozzo	35
<i>Sara Fuentes Lázaro</i>	

## ITALIA MERIDIONALE

Un approccio innovativo allo studio delle prospettive architettoniche di Campania e Basilicata	49
<i>Vito Cardone</i>	

Il paliotto polimaterico dell'altare maggiore nella chiesa della SS. Annunziata a Ficarra (ME)	61
<i>Mario Manganaro</i>	

Lo spazio architettonico nelle rappresentazioni parietali ipogee del materano e negli affreschi dei luoghi di culto dell'entroterra lucano 69

*Antonio Conte, Antonio Bixio*

Metodologie di indagine applicate alla prospettiva solida nell'architettura in Sicilia.  
Un caso di studio: l'Oratorio di San Lorenzo a Palermo 81

*Francesco Di Paola*

Dall'immagine al modello: le architetture virtuali del patrimonio archeologico campano 95

*Barbara Messina*

Lo spazio prospettico dell'Annunciazione di Antonello da Messina 107

*Francesco Galletta, Francesco Sondrio*

Prospettiva solida: il caso della Cattedrale di Palermo 115

*Laura Inzerillo, Cettina Santagati*

Capua antica. Pitture parietali del IV e III secolo. a.C. 135

*Adriana Rossi*

Per un repertorio delle prospettive architettoniche in Calabria tra Quattrocento e Ottocento 163

*Antonio Agostino Zappani*

#### ITALIA CENTRALE

Le prospettive dipinte di Vignola nel Palazzo Farnese di Caprarola 183

*Dora Catalano, Adele Trani*

Brunelleschi e l'invenzione della prospettiva 201

*Maria Teresa Bartoli*

I luoghi dell'illusione. Le pitture 'proiettive' dei Padri Emmanuel Maignan e Jean François Nicéron a Trinità dei Monti (Roma) 223

*Agostino De Rosa*

- Per una catalogazione del quadraturismo e della pittura  
di architettura nel Granducato di Toscana 243  
*Fauzia Farneti*
- Le tarsie prospettiche nella Sacrestia delle Messe del Duomo  
di Firenze. Prime considerazioni sulle indagini in corso 257  
*Carlo Biagini, Vincenzo Donato*
- Illusione e realtà. Galleria Spada: esperimento di un inganno 279  
*Andrea Casale, Marco Fasolo*
- La Sala del Mappamondo a Palazzo Venezia 283  
*Laura De Carlo, Matteo Flavio Mancini, Nicola Santopuoli*
- Il progetto originario sul quadraturismo:  
la Sala dei Cento Giorni nel Palazzo della Cancelleria 311  
*Marco Fasolo, Matteo Flavio Mancini*
- Jacopo Chiavistelli e Santa Maria Maddalena dei Pazzi  
a Firenze 333  
*Elena Fossi*
- Il disegno dell'atrio di Palazzo Spinelli:  
costruzione prospettica e inganno visivo. 345  
*Erica Ganghereti*
- Modellazione parametrica e semantica BIM  
Ricostruzione visuale della prospettiva in affresco  
nella Sala Urbana del Palazzo Comunale a Bologna 357  
*Simone Garagnani*
- La veduta della *Città ideale* di Urbino La pavimentazione  
come griglia regolatrice dello spazio 371  
*Gaia Lavoratti*
- Lo sfondato prospettico della Sala Urbana del Palazzo  
Comunale a Bologna. Appunti per una ipotesi interpretativa 379  
*Anna Maria Manferdini*
- Sperimentazioni di architettura parametrica  
sulla Galleria Spada 393  
*Riccardo Migliari, Andrea Casale, Michele Calvano*

La *Trinità* di Masaccio: dai primi studi all'animazione  
computerizzata 399

*Nicola Velluzzi*

#### ITALIA SETTENTRIONALE

Decorazione prospettica a Genova tra il XVI ed il XVIII secolo 409

*Maura Boffito*

Il rilievo della chiesa di San Francesco in Rocca a Sassuolo. 417

*Giuseppe Fortunato, Antonio Lio*

Per una mappatura del quadraturismo in Piemonte.  
Una riflessione: luce, colore e materia. 439

*Anna Marotta*

Due esempi di "architettura picta" nel cuneese:  
Palazzo Muratori Cravetta e Villa Maresco.  
Studio di due facciate affrescate delle corti interne 457

*Laura Blotto, Ornella Bucolo, Daniela Miron*

Spazi statici e spazi dinamici  
a Palazzo Brignole-Rosso a Genova 467

*Cristina Cándito*

Prospettive architettoniche tardoseicentesche fra spazio sacro  
e luoghi domestici. Chiesa di San Pantalon a Venezia  
e ville venete della Riviera del Brenta 491

*Massimiliano Ciammaichella, Stefania Catinella, Paola Placentino*

Il paesaggio nelle prospettive architettoniche a Genova 503

*Luisa Cogorno*

Protagonisti, famiglie, 'scuole' tra Sei e Settecento.  
Il Piemonte sabauda 511

*Laura Facchin*

L'approccio teorico-metodologico della lettura critica  
dell'esistente attraverso la rappresentazione:  
il caso di Genova 529

*Maria Linda Falcidieno*



*Le storie di Antonio e Cleopatra* di Giovanni Battista Tiepolo  
e Girolamo Mengozzi Colonna in Palazzo Labia a Venezia:  
il rilievo e l'esplorazione di una scena 'totale' 541

*Emanuele Garbin, Malvina Borgherini*

Tra reliquia e teorema: l'oggetto prospettico all'epoca  
di Giovanni Bellini 547

*Fabrizio Gay*

Per un registro delle prospettive architettoniche a Genova 591

*Michela Mazzucchelli*

Prospettive architettoniche ed evoluzione  
del costruito storico genovese 605

*Maria Elisabetta Ruggiero*

Per un censimento del quadraturismo in Piemonte.  
Approccio metodologico ai Sacri Monti 617

*Ursula Zich, Federico Manino*

PARTE II. TEORIE E TECNICHE PER LO STUDIO, LA DOCUMENTAZIONE  
E LA DIVULGAZIONE DELLE PROSPETTIVE ARCHITETTONICHE

La 'prospettiva' dell'architetto. Nuovi approfondimenti  
del rapporto tra arte e scienza 645

*Rita Binaghi*

La prospettiva e gli studi sulla rappresentazione  
architettonica. XVII e XVIII secolo 657

*Aldo De Sanctis*

Riflessioni sull'illuminazione artificiale di superfici  
con quadrature 679

*Leonardo Baglioni, Marco Fasolo*

Proposta di uno standard di acquisizione per il rilievo  
delle quadrature su superfici piane 687

*Leonardo Baglioni, Matteo Flavio Mancini,  
Jessica Romor, Marta Salvatore*

Panoramiche per immagini HD: dall'acquisizione  
alla rappresentazione dei dati: il caso della *Trinità* 712

*Carlo Battini*

Una tecnologia per la rappresentazione interattiva: il <i>Dense Matching</i>	729
<i>Mauro Luca De Bernardi</i>	
La restituzione prospettica: teoria e applicazioni	745
<i>Laura Inzerillo</i>	
Il rilievo delle quadrature su superfici voltate: riflessioni intorno ad uno standard di acquisizione	793
<i>Matteo Flavio Mancini, Marta Salvatore</i>	
Calcolo della risoluzione delle riprese panoramiche delle quadrature piane	809
<i>Leonardo Baglioni, Riccardo Migliari, Marta Salvatore</i>	
Le prospettive architettoniche: paradigmi di un percorso di ricerca in Campania	817
<i>Lia Maria Papa, Maria Ines Pascariello, Pierpaolo D'Agostino</i>	
Prospettive solide. La Galleria di Palazzo Spada	829
<i>Leonardo Paris</i>	
Modelli interattivi per lo studio delle prospettive architettoniche	849
<i>Graziano Mario Valenti, Jessica Romor</i>	
La scheda per la catalogazione della pittura di architettura e del quadraturismo	861
<i>Monica Lusoli</i>	
<b>TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE E DELLA COMUNICAZIONE (ICT)</b>	
Tecniche di <i>image editing</i> : un possibile ' <i>work flow</i> ' per le architetture prospettiche	871
<i>Salvatore Barba, Fausta Fiorillo, Alessandro Naddeo, Davide Barbato</i>	
Tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC) nella divulgazione dei Beni Culturali.	
La Galleria prospettica di Palazzo Spada	887
<i>Tommaso Empler, con la collaborazione di Alessio Appolloni</i>	

# Proposta di uno standard di acquisizione per il rilievo delle quadrature su superfici piane

*Leonardo Baglioni, Matteo Flavio Mancini, Jessica Romor, Marta Salvatore*

## **Immagini rettilineari *High Resolution* per il rilievo**

Le quadrature sono generalmente dipinte su superfici piane, pareti, o soffitti, oppure su superfici curve come le volte. La morfologia della superficie che supporta il dipinto condiziona il metodo di rilievo da impiegare. Questo studio è dedicato al caso delle quadrature piane.

Nel caso delle opere pittoriche le finalità del rilievo non sono soltanto di carattere metrico ma una parte consistente delle informazioni da acquisire riguarda le caratteristiche cromatiche e materiche della pittura, che permettono di rintracciare sulla pittura spolveri, incisioni, tracciati e gli altri segni della costruzione del dipinto.

Questa esigenza ha indirizzato la scelta verso tecniche di rilevamento fotografico basate sulla costruzione di immagini ad alta risoluzione (*High Resolution*), realizzate attraverso strumenti di costruzione di panorami. Si tratta di immagini che contengono un elevato livello di dettaglio, mostrando particolari non sempre visibili se non ad una osservazione ravvicinata del dipinto.

Un'immagine panoramica è un insieme di singoli scatti acquisiti da un centro di proiezione ruotando la camera ad intervalli discreti, calcolati in funzione dell'ottica impiegata. Se immaginiamo di far ruotare la camera per  $360^\circ$  sul piano orizzontale (azimut) e  $180^\circ$  sul piano verticale (altezza), otteniamo un insieme di fotogrammi che possiamo immaginare tangenti ad una sfera che ha centro nel centro di proiezione. Fra fotogrammi contigui intercede una omografia, nella quale i centri di proiezione sono coincidenti; pertanto, da un punto di vista puramente proiettivo, la composizione delle diverse fotografie in una unica immagine è rigorosa grazie all'individuazione, per ogni coppia di immagini, dei punti omologhi, che rappresentano i medesimi punti dello spazio reale (Figura 1).

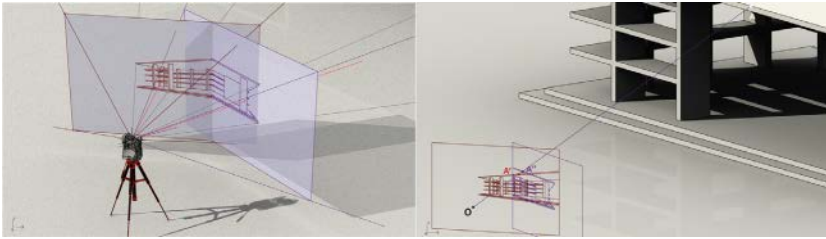


Fig. 1. Corrispondenza di punti omologhi in immagini prospettive ottenute da un unico centro di proiezione.

La rappresentazione di questi dati avviene proiettando tutti i punti che appartengono all'immagine panoramica dal centro di proiezione dello stesso su una superficie che, a seconda delle esigenze, può essere una sfera, un cilindro oppure un piano. Nel primo caso otteniamo una proiezione equirettangolare, nel secondo caso il semplice sviluppo della superficie del cilindro, nel terzo caso infine una proiezione piana (proiezione gnomonica) che restituisce in generale una immagine prospettica della parete.

Consideriamo quest'ultimo caso. Comunque orientiamo il piano su cui proiettare il panorama, il risultato sarà una prospettiva del soggetto rappresentato, nel caso più generale a quadro inclinato<sup>1</sup>. Se il soggetto acquisito è una parete, assimilabile, con le dovute approssimazioni, ad una superficie piana, otterremo una prospettiva della parete; potremmo allora utilizzare un qualsiasi software di raddrizzamento per ricavare informazioni di carattere metrico dal panorama. Tuttavia il peso di una immagine *High Res* è di norma incompatibile con le capacità prestazionali dei più comuni software. Possiamo allora disporre il piano di proiezione secondo due posizioni notevoli. Verticale, come la parete, e otterremo una prospettiva accidentale, oppure parallelo alla parete, sia essa verticale come orizzontale, nel caso dei soffitti. In questo modo si ottiene una prospettiva frontale, e l'immagine della parete è in vera forma e può essere riprodotta in scala, purché siano note alcune dimensioni di riferimento.

<sup>1</sup> Poiché lo studio della costruzione prospettica è rivolto alle invarianti proiettive, è già significativo disporre di una prospettiva *High Res*, e non è indispensabile la vera forma.

## Repertorio, casi studio e relativa attrezzatura

L'acquisizione dei dati e quindi la scelta delle tecnologie e degli strumenti da impiegare dipende dall'obiettivo che ci si pone. Nel caso delle prospettive architettoniche su superfici piane la finalità è duplice: documentare la morfologia dello spazio, ovvero l'inserimento dell'affresco nello spazio ai fini della costruzione di un repertorio, e rilevare le superfici affrescate con un elevato grado di dettaglio e di affidabilità metrica, con lo scopo di analizzare la prospettiva dipinta. Nel primo caso si è scelto di documentare il soggetto tramite la realizzazione di proiezioni equirettangolari, navigabili con semplici software di tipo browser (Explorer, Google Chrome ecc.), nei quali lo spazio viene osservato, se possibile, dal suo centro di proiezione privilegiato, utilizzando focali corte in modo da ridurre il numero di fotogrammi necessari a descrivere l'ambiente a 360°.

Per i casi studio sono invece state prodotte immagini panoramiche rettilineari High Res, che riguardano le sole superfici piane dipinte, generate per composizione di fotografie scattate con teleobiettivi, che restituiscono un livello di dettaglio superiore, registrando con accuratezza dati cromatici e metrici.

Gli strumenti utilizzati per le riprese effettuate da questa unità di ricerca consistono in due camere reflex digitali *full frame* a 36,3 mega pixel, modelli Nikon D800 e D800E, tre ottiche fisse 50 mm, 105 mm e 200 mm e uno zoom 16-35 mm.

Sono state utilizzate due diverse teste panoramiche: una testa Gigapan Epic Pro, sistema maneggevole e di facile impiego, ottimo per lavorare con focali fisse grandangolari (Figura 2); una testa Clauss HD, più complessa della prima ma ideale per operare con qualsiasi tipo di obiettivo (Figura 3).

Il primo sistema si rivela particolarmente utile, abbinato a focali fisse grandangolari, per l'acquisizione delle immagini panoramiche finalizzate al repertorio che, come abbiamo detto, consistono in proiezioni sferiche del panorama e che necessitano di una minore risoluzione. La Gigapan infatti lavora bene con le focali fisse grandangolari (con un limite di 50 mm), mentre risulta inutilizzabile con zoom e teleobiettivi, perché non consente il corretto centraggio del punto nodale (in questi casi la macchina necessita di un arretramento che la slitta della testa non è in grado di supportare) e perché non possiede una meccanica sufficientemente robusta da poter gestire il peso del gruppo camera-



**Figg. 2, 3.** Testa panoramica Gigapan, adatta alle riprese per il repertorio. Testa panoramica Clauss HD, adatta alle riprese *High Resolution*.

ottica. Il sistema Clauss, più complesso da trasportare, montare e gestire ma perfettamente compatibile con zoom e teleobiettivi (105 mm, 200 mm), si è rivelato valido per l'acquisizione delle immagini panoramiche rettilineari ad alta risoluzione di singole pareti affrescate.

Per rilevare gli ambienti che ospitano le quadrature e stabilire dei riferimenti metrici per controllare l'accuratezza delle immagini panoramiche, è stato utilizzato il distanziometro laser 3D Disto della Leica, che consente, da una o più stazioni tra loro referenziate, di rilevare singoli punti o sezioni dell'ambiente, orizzontali e verticali.

## Riflessioni sulla qualità della ripresa

La qualità dell'immagine panoramica, e di conseguenza la possibilità di ricavarne dei dati metrici e geometrici utili per lo studio delle prospettive architettoniche, dipende da diversi fattori, legati alla qualità del progetto di ripresa, alla risoluzione e alla nitidezza complessiva di singoli scatti, all'accuratezza delle operazioni di montaggio degli scatti fra loro.

Per una riuscita della ripresa assume un ruolo fondamentale l'individuazione del punto nodale della camera, diverso per ogni focale impiegata, che deve necessariamente coincidere con il centro di rotazione della testa panoramica, al fine di mantenere la corretta collimazione tra i punti omologhi.

Per ottenere un'immagine panoramica metricamente affidabile è inoltre necessario correggere le distorsioni che le ottiche producono, dovute alla posizione, alla forma e ai micro difetti delle lenti, controllabili con una adeguata calibrazione della camera.

Altro fattore fondamentale per la qualità dell'immagine panoramica è l'esposizione, non sempre semplice da calcolare nel caso delle prospettive architettoniche data la disomogeneità dell'illuminazione delle sale, in particolare se si effettua la ripresa in condizioni di luce naturale. Gli scatti che compongono una immagine panoramica finalizzata al rilievo devono essere acquisiti con gli stessi valori di esposizione, affinché in fase di accoppiamento di fotogrammi non si generino errori di interpretazione del dato da parte del software. I problemi legati al calcolo dell'esposizione in condizioni disomogenee di illuminazione possono essere risolti in due modi: intervenendo con illuminazione artificiale<sup>2</sup> o, in presenza di luce naturale, scattando immagini HDR.

La qualità del panorama è poi naturalmente legata alla qualità dei singoli scatti. Essa è influenzata in primo luogo dai parametri fotografici, e si esprime in termini di nitidezza. La nitidezza di un'immagine indica il grado di leggibilità dei dettagli. Dipende da diversi fattori, alcuni misurabili, altri no, legati alla qualità del sensore e delle ottiche impiegate, alle scelte del fotografo in fase di ripresa, alla riduzione delle vibrazioni, ecc. In generale per verificare la risoluzione dei sistemi digitali si fa riferimento ad alcuni standard internazionali (come ad esempio lo standard ISO 12233) che consentono di misurare la nitidezza attraverso il test MTF (*Modulation Transfer Function*, cioè Funzione di Trasferimento della Modulazione) che esprime la variazione di contrasto al variare della frequenza spaziale. Questi tipi di test (ne esistono di specifici per ogni parametro da misurare) vengono svolti da strutture specializzate che mettono a disposizione tutte le informazioni necessarie a validarli scientificamente (condizioni di partenza, ripetibilità, strumenti utilizzati ecc). Il test MTF consente, tra le altre cose, di conoscere l'apertura massima del diaframma che restituisce la massima nitidezza per ogni obiettivo.

In generale, per migliorare la nitidezza di un'immagine si tende ad aprire il diaframma, a discapito della diminuzione della profondità di campo. Date le considerevoli dimensioni delle prospettive architettoniche in rapporto alle dimensioni degli ambienti che le ospitano, si è spesso

---

<sup>2</sup> Si veda Baglioni, Fasolo, *Riflessioni sull'illuminazione artificiale di superfici con quadrature*, pubblicata in questo volume.

costretti ad effettuare riprese ad una distanza ravvicinata dal soggetto. In questi casi è necessario lavorare mantenendo una profondità di campo tale da ritrarre in modo adeguato le parti più prossime alla camera come quelle più marginali. Di norma è preferibile mantenere la messa a fuoco fissa per tutta la ripresa, per evitare spostamenti anche minimi del punto nodale. Utilizzare un fuoco fisso significa però dover prevedere una profondità di campo piuttosto ampia, sufficiente a riprendere a fuoco tutta la parete (si osservi che la distanza del punto nodale dal soggetto da acquisire cambia in maniera considerevole durante la ripresa, e non è inusuale che raddoppi o triplichi il suo valore). Pertanto è necessario ridurre l'apertura del diaframma sino a raggiungere il valore necessario di profondità di campo, a scapito della nitidezza degli scatti.

Oltre alla regolazione del diaframma, dell'esposizione e della messa a fuoco, anche la sensibilità del sensore incide sulla nitidezza dell'immagine: l'incremento della sensibilità del sensore alla luce, se da un lato comporta la diminuzione dei tempi di esposizione, dall'altro aumenta il rumore nella fotografia, e va perciò ponderato con attenzione.

L'affidabilità cromatica dell'immagine è infine legata al bilanciamento del bianco, che deve essere bloccato ad un valore definito durante tutta la ripresa fotografica, al fine di ottenere un panorama omogeneo.

Lavorare con immagini RAW consente infine di eseguire uno sviluppo in camera chiara del set complessivo della ripresa.

## **Impostazione del progetto di ripresa**

Indipendentemente dal sistema utilizzato per l'acquisizione del panorama e dal tipo di proiezione che si desidera ottenere, si possono fare delle considerazioni sull'impostazione della camera, sul calcolo della risoluzione della ripresa e sul progetto di illuminazione.

## **Impostazioni generali della camera**

In virtù delle questioni sopra accennate, si considerino innanzitutto alcune impostazioni generali della camera.

Sensibilità del sensore – Il valore degli ISO va mantenuto basso, per ridurre il rumore dell'immagine. Lavorando a 100 o 200 ISO con le macchine fotografiche sopra descritte il problema del rumore non risulta percepibile.



Messa a fuoco – Impostata sulla modalità manuale se non è utilizzabile il sistema autofocus: può infatti accadere che la macchina fotografica, lavorando in condizioni di illuminazione non sempre ottimali, non sia in grado, data la mancanza di sufficiente contrasto, di mettere a fuoco automaticamente i soggetti ripresi, nel qual caso lo scatto non sarà utilizzabile nel panorama.

Riduzione delle vibrazioni – Per ridurre al minimo i movimenti e migliorare la nitidezza dell'immagine è consigliabile attivare la modalità di scatto *mirror up*, che consente di mantenere sempre alzato lo specchio nella macchina reflex evitando così ogni minima vibrazione. Inoltre, nel caso si utilizzino dei teleobiettivi, è bene disattivare la funzione di riduzione delle vibrazioni, che risulta controproducente qualora la testa poggia su un cavalletto: questo algoritmo infatti compenserebbe un movimento che non c'è agendo negativamente sulla nitidezza dell'immagine.

Formato delle immagini – Per acquisire il maggior numero di informazioni è necessario scattare le fotografie nel formato nativo della macchina, ovvero il RAW (il formato proprietario RAW degli apparecchi Nikon è il NEF). Scattando le fotografie in questo modo è possibile in seguito lavorare su parametri altrimenti inaccessibili, come l'esposizione e il bilanciamento del bianco.

Bilanciamento del bianco – Per ottenere un'immagine panoramica cromaticamente omogenea il bilanciamento del bianco va bloccato su un valore adeguato alla temperatura colore dell'illuminazione presente. Come già accennato, scattando in formato RAW e bloccando il bilanciamento del bianco per tutte le fotografie, è possibile, in fase di sviluppo in camera chiara, dare un valore di bilanciamento adeguato all'intera ripresa.

## Calcolo della risoluzione della ripresa

Un significativo parametro di qualità delle immagini *High Res* è costituito dalla loro risoluzione (Figura 4). Conoscere la risoluzione del panorama, o poterla prevedere in fase di progetto della ripresa, permette di scegliere la scala di una riproduzione a stampa senza perdita di dettaglio<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Per approfondimenti sulla questione relativa alla risoluzione dei panorami, si veda Baglioni, Migliari, Salvatore, *Calcolo della risoluzione delle riprese panoramiche delle quadrature piane* pubblicata in questo volume.

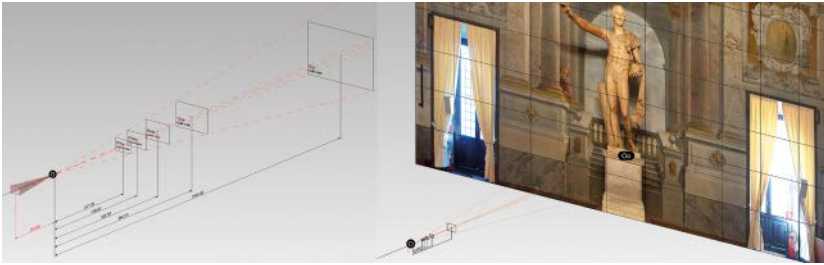


Fig. 4. Il progetto di ripresa consente di calcolare la risoluzione del panorama.

## Progetto di illuminazione della sala

Le prospettive architettoniche sono generalmente collocate in ambienti chiusi e bui, e di rado sono illuminate in modo omogeneo dalla luce naturale.

La luce naturale, tuttavia, rappresenta una componente dinamica dell'opera, della quale l'artista ha tenuto conto sia nella fase di progettazione che in quella di realizzazione, come dimostrano ampiamente i casi di studio affrontati sin qui.

In generale si possono distinguere due situazioni, che presuppongono due modi diversi di procedere. Per gli ambienti che risultano sufficientemente e uniformemente illuminati dalla luce naturale, si possono scattare le fotografie in modalità HDR, con tre o cinque scatti per ogni posizione, a seconda del grado di difformità dell'esposizione necessaria a ritrarre i soggetti più in luce e quelli più scarsamente illuminati. Nel caso in cui, invece, una o più superfici da ritrarre fossero in una condizione di illuminazione ampiamente sfavorevole, si rende necessario un progetto di illuminazione artificiale accuratamente ponderato. Va evitato generalmente l'utilizzo dell'impianto di luci tradizionali di cui gli ambienti dispongono, perché danno un'illuminazione e un'alterazione cromatica difforme modificando l'aspetto delle quadrature<sup>4</sup>.

## Impostazioni specifiche della camera da eseguire sul posto

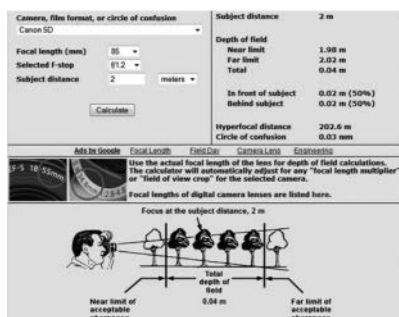
Vi sono poi una serie di impostazioni della camera che vanno considerate in relazione alle superfici che devono essere rappresentate e che dipendono dalla morfologia dell'ambiente, dalle condizioni di illuminazione e dalle ottiche impiegate.

<sup>4</sup> L'illuminazione artificiale, se ben controllata, garantisce una accurata resa cromatica dell'intera acquisizione fotografica.

**Messa a fuoco** – La messa a fuoco manuale, che abbiamo indicato come preferibile nel caso di una illuminazione non sufficiente per il funzionamento dell'autofocus, va calibrata sulla distanza media fra la distanza principale e le aree più lontane dalla macchina. La profondità di campo, collegata alla distanza del piano di messa a fuoco, sarà poi calcolata in funzione dell'apertura del diaframma e dell'esposizione.

**Apertura del diaframma** – Il valore di questo parametro è fondamentale perché incide come si è detto in precedenza sulla nitidezza della fotografia, maggiore tanto più il diaframma è aperto, e sulla profondità di campo, che aumenta invece al diminuire dell'apertura. Bisogna dunque individuare il valore dell'apertura appena sufficiente a soddisfare una data condizione di profondità di campo – calcolata come intervallo tra la distanza principale e le aree più lontane dalla macchina fotografica – in modo da non penalizzare eccessivamente la nitidezza dell'immagine. Per calcolare automaticamente questo valore sono a disposizione delle applicazioni, come DOF Master ([www.dofmaster.com](http://www.dofmaster.com)) in grado di restituire il numero f adatto alla ripresa in funzione dell'obiettivo utilizzato e della profondità di campo necessaria (Figura 5). Da notare che, a parità di valore di esposizione, al diminuire dell'apertura del diaframma aumenteranno i tempi di posa.

**Tempi di posa** – Il tempo di posa varia in funzione dell'apertura del diaframma e della quantità di luce necessaria a ritrarre un soggetto secondo un valore indicativo di esposizione (soggetto mediamente esposto, sottoesposto, sovraesposto). Nel caso delle quadrature è difficile che ogni porzione del dipinto sia investita dalla stessa quantità di luce, il che richiederebbe la calibrazione dell'esposizione per ogni scatto producendo però delle evidenti discontinuità cromatiche



**Fig. 5.** Alcuni applicativi disponibili in rete consentono il calcolo della profondità di campo in funzione dell'apertura del diaframma, della lunghezza focale e della camera utilizzata.

nell'immagine panoramica. Per questo si procede scattando in modalità HDR, programmando serie di tre o cinque scatti per ogni posizione della macchina, di cui uno mediamente esposto e gli altri sottoesposti e sovraesposti a intervalli regolari (esempio: -1, 0, 1 nel caso di *bracketing* a tre scatti, oppure -2, -1, 0, 1, 2 nell'eventualità dei cinque scatti). Il valore dell'esposizione media viene calibrato sulla parte maggiormente illuminata della superficie da ritrarre e in seguito bloccato, per evitare che essa risulti sovraesposta. Per la medesima ragione è preferibile che questo valore medio sia leggermente sottoesposto (ad esempio scegliendo un valore di -0,3 sull'esposimetro). Così facendo, le immagini scattate, specie quelle che ritraggono le parti meno illuminate, risulteranno fortemente sottoesposte, ma in fase di sviluppo perfettamente recuperabili, a differenza delle immagini affette da sovraesposizione che risulterebbero inevitabilmente compromesse.

Tempi di attesa fra gli scatti – Per evitare che le vibrazioni dovute al movimento della testa tra uno scatto e l'altro, amplificate dall'elasticità del cavalletto, influiscano sulla qualità della ripresa è buona norma impostare un adeguato tempo di attesa fra scatti contigui.

### **Impostazione del progetto di ripresa e acquisizione con sistemi Clauss e Gigapan**

Impostati i parametri della camera e l'eventuale sistema di illuminazione, si passa al progetto di ripresa del panorama, diverso a seconda delle finalità che ci si pone.

Si consideri per cominciare il caso delle immagini equirettangolari finalizzate al repertorio, che si è scelto di realizzare tramite il sistema Gigapan Epic Pro abbinato alla camera Nikon D800 e ad un obiettivo grandangolare fisso. La scelta dell'obiettivo è importante perché determina la risoluzione del panorama, tanto maggiore quanto maggiore sarà la lunghezza focale.

La testa Gigapan è leggera e maneggevole e può essere montata e utilizzata da un solo operatore. Dopo aver messo in bolla la testa sul cavalletto, si procede con il montaggio della macchina fotografica e con l'individuazione del punto nodale dell'obiettivo, che deve coincidere con il centro di rotazione della testa. La posizione della macchina lungo i due assi verticale e trasversale della testa è semplice e di immediata comprensione, mentre per individuare la posizione del punto nodale lungo l'asse della slitta su cui poggia la macchina si utilizza il

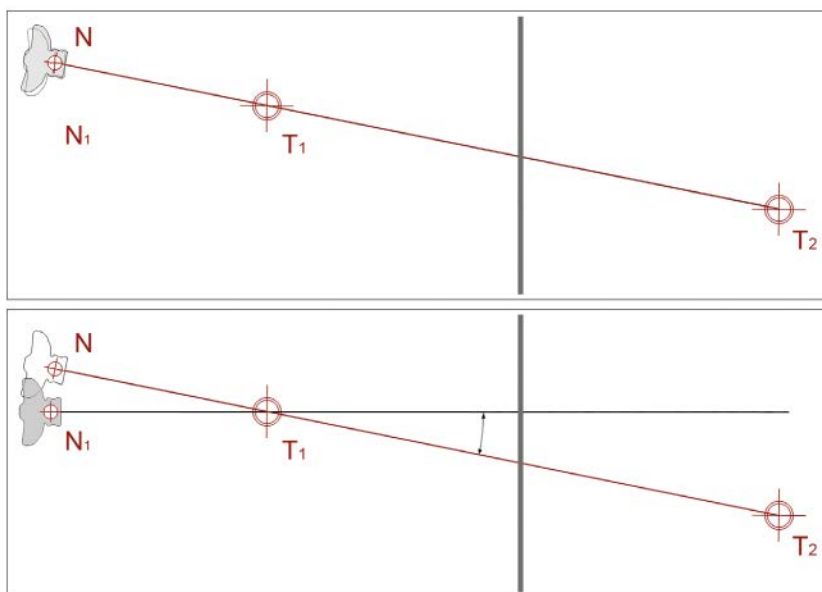


Fig. 6. Calibrazione del punto nodale attraverso il controllo dell'angolo di parallasse.

metodo della parallasse, allineando, per approssimazioni successive, una coppia di target sensibilmente distanti tra loro, uno dei quali vicino alla camera (Figura 6). Prima di procedere con la ricerca di tale punto, è bene fissare la messa a fuoco in un punto intermedio tra i due soggetti suddetti, dato che la messa a fuoco comporta il movimento del gruppo lenti e quindi, necessariamente, una traslazione del punto nodale lungo l'asse dell'obiettivo. Una volta individuata la posizione del punto nodale dell'obiettivo, è possibile registrare le coordinate che definiscono il posizionamento della macchina riportate sulle slitte che ne consentono le traslazioni, in modo da non dover ripetere il procedimento di centraggio in futuro (Figura 7).

Il progetto del panorama è gestito dal software interno alla testa (Figura 8), che consente di:

- definire l'angolo di campo connesso all'obiettivo;
- scegliere la percentuale di sovrapposizione tra fotogrammi contigui;
- scegliere se eseguire un panorama parziale o totale, a 360°, e, nel caso di un panorama parziale, calcolare i limiti della ripresa (operazione che si conduce indicando alla testa l'angolo superiore sinistro e quello inferiore destro del soggetto da ritrarre);
- impostare eventualmente il bracketing per le immagini HDR.

Il software, acquisite le informazioni suddette, è in grado di calcolare automaticamente il numero di fotogrammi necessari a comporre il panorama, suddivisi in righe e colonne, e il tempo necessario a scattarle: il calcolo dei fotogrammi si basa sulla divisione in meridiani e paralleli della sfera, quindi allo zenith si concentra un numero molto elevato di fotogrammi (Figura 9).

Nel caso dei panorami sferici, si pone il problema della ripresa della porzione di pavimento sottostante il cavalletto che sostiene la testa. Questa può dunque essere catturata a fine ripresa, rimossa l'attrezzatura, da un centro di proiezione differente: l'immagine che si otterrà non potrà essere aggiunta alle altre in fase di montaggio del panorama da parte del software di *stitching*, ma sarà integrata in fase di post produzione, in una proiezione cubica del panorama.

L'acquisizione di immagini per la costruzione di panorami piani ad alta definizione volti all'analisi approfondita delle quadrature è stata condotta invece con il sistema Clauss in abbinamento alla macchina Nikon D800E sulla quale sono stati montati teleobiettivi da 105 o 200 mm, a seconda che si desideri generare un'immagine con minore o maggiore

Camera	H <sub>1</sub> (mm)	H <sub>2</sub> (mm)	H <sub>3</sub> (mm) [(H <sub>1</sub> +H <sub>2</sub> )/2]	Note
Nikon D800	77	20	48,5	
<b>Coordinate</b>				
z	Fissa	-	qualsiasi	Nell'orientamento verticale, la slitta mobile dell'Assis 4 è per costruzione alla quota z del centro di rotazione.
x	Slitta "U-shape" interna	48,5 mm	qualsiasi	La calibrazione della coordinata x è data dal valore % del corpo macchina calcolato precedentemente. Nella Clauss Robotics con questo valore si utilizza facendo coincidere la misura %a leggibile nella D-shape piccola, con la posizione della vite di fissaggio con il motore orientante.
y	Slitta mobile	100 mm	Nikon APS micro Nikkor 105 mm 1:2.8 G	La calibrazione della coordinata y è calcolata attraverso il controllo dell'errore di parallasse (una volta individuata la posizione attuale si riportano i valori di calibrazione leggibili nelle cifre della Robotics 40).
	Slitta camera	166,7 mm		
	Quick Release Plate	Bloccaggio Testa/testa		

Fig. 7. I valori di calibrazione del punto nodale per ogni obiettivo e camera utilizzati possono essere riepilogati in una tabella utile per recuperare in breve tempo la posizione del punto nodale.

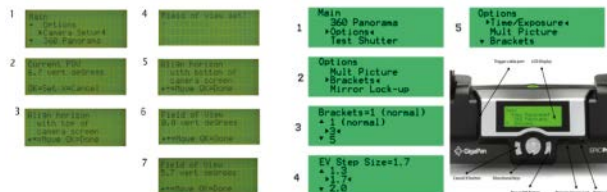


Fig. 8. Gestione del progetto del panorama con la testa Gigapan Epic Pro.



**Fig. 9.** Una gestione non ottimale del panorama concentra un numero ridondante di immagini in prossimità dello zenith e del nadir.

risoluzione. Questa testa è più complessa da trasportare e montare e presuppone la presenza di almeno due operatori. Dopo aver assemblato le varie parti dello strumento e averlo messo in bolla sul cavalletto si procede con la ricerca del punto nodale dell'obiettivo scelto, in modo del tutto analogo a quello descritto in precedenza per il sistema Gigapan.

Nel posizionare la stazione di ripresa è bene tener presente che l'angolo di campo del panorama non dovrebbe superare i  $100^\circ$ , al fine di contenere il problema del decadimento della risoluzione nelle parti che ritraggono i soggetti più lontani dal centro di proiezione. La scelta della pozione della camera va fatta quindi, compatibilmente con la morfologia dell'ambiente che ospita la quadratura, individuando quella distanza minima dalla parete per la quale il soggetto da riprendere sia compreso in un angolo di campo inferiore ai  $100^\circ$ .

Anche in questo caso il progetto del panorama è gestito da un software, il Rodeon Preview 2.4 Pro, attraverso un computer collegato alla testa (Figura 10). Questi i passaggi principali dell'impostazione del progetto:

- indicare al software le caratteristiche della macchina fotografica e dell'ottica impiegata;
- definire l'angolo di campo del panorama;
- impostare il *bracketing*;
- impostare la percentuale di sovrapposizione delle immagini;
- stabilire l'ordine di acquisizione dei fotogrammi durante la ripresa.

Il software calcola gli scatti necessari a coprire l'intera superficie da rappresentare e ne dà una visualizzazione grafica sullo schermo del notebook: il programma fa in modo che gli scatti in prossimità dello zenith e del nadir diminuiscano e che si sovrappongano di una percentuale minima, per non incrementare inutilmente la durata della ripresa e il peso complessivo delle acquisizioni (Figura 11).

### *Stitching* e costruzione delle immagini

Il software che si è principalmente utilizzato per la restituzione dei panorami è Autopano Giga, ottimizzato per sistemi Gigapan, privilegiato dai sistemi Clauss, e dotato di modulo Papywizard per l'importazione di progetti. Altri test sono stati condotti anche con PTGui,

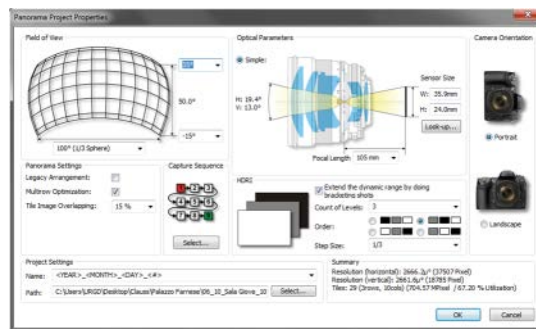


Fig. 10. Gestione del progetto del panorama con la testa Clauss HD.

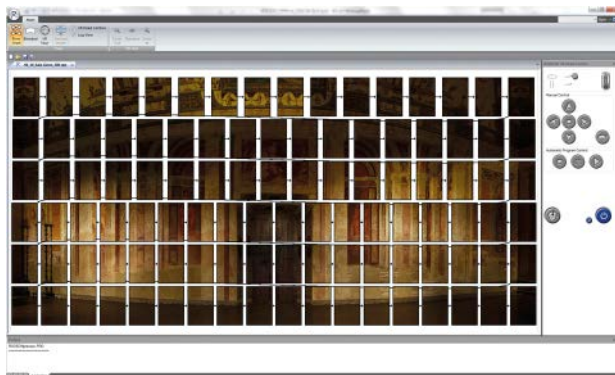
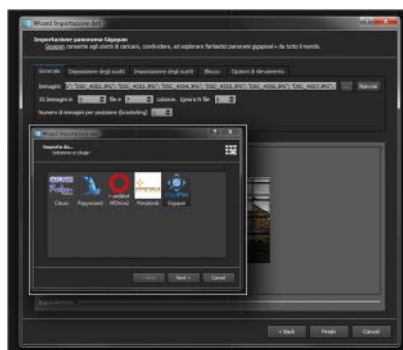


Fig. 11. Il software della testa Clauss HD ottimizza il numero di scatti in funzione della loro latitudine.



ottimizzato anch'esso per sistemi Clauss con modulo Papywizard, e Hugin, un software *open source*. Le operazioni principali che compie un software di *stitching* possono essere suddivise nelle seguenti fasi:

1. importazione dati – Questa fase può avvenire in due modi: si possono importare le immagini selezionandole manualmente dalla cartella nella quale sono archiviate, o si carica tramite il modulo Papywizard un file di progetto, generato dalla testa in fase di acquisizione, tramite il quale l'applicazione sarà in grado di selezionare automaticamente le immagini ricomponendole direttamente (Figura 12);
2. riconoscimento dei collegamenti fra le immagini – Caricate le immagini, il software può iniziare a confrontarle e individuare le coppie di punti omologhi che consentono di collocare nello spazio le varie fotografie, che possiamo immaginare tangenti, nel loro punto principale, ad una sfera che ha per centro il centro di proiezione del panorama e per raggio la distanza focale (Figura 13);
3. riconoscimento di punti omologhi e ottimizzazione – Dopo aver riconosciuto un certo numero di punti omologhi, il software restituisce tramite grafici e liste le relazioni tra i fotogrammi e lo scarto individuato tra i vari punto omologhi analizzati. Quando la distanza tra punti supera il valore accettabile, il programma evidenzia tale criticità e l'operatore deve intervenire osservando da vicino i punti corrispondenti sulle immagini in questione al fine di comprendere cosa sia avvenuto. In genere questo accade in zone in cui uno scarso contrasto tra i pixel dell'immagine non consente un riconoscimento automatico dei punti, inducendo il sistema in errori talvolta macroscopici (Figura 14). Il problema si supera indicando manualmente



**Fig. 12.** I moduli integrati nei software di *stitching* consentono un rapido riconoscimento delle caratteristiche del panorama.

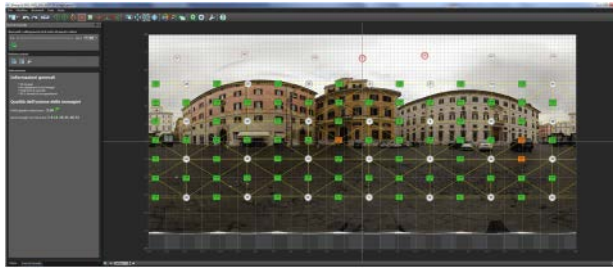


Fig. 13. La prima fase di generazione del panorama consiste nel riconoscimento dei collegamenti tra le immagini che lo compongono.

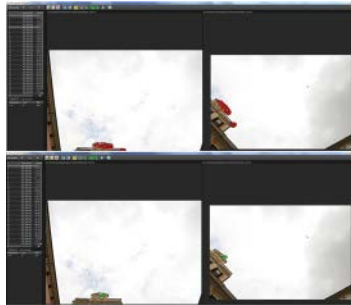
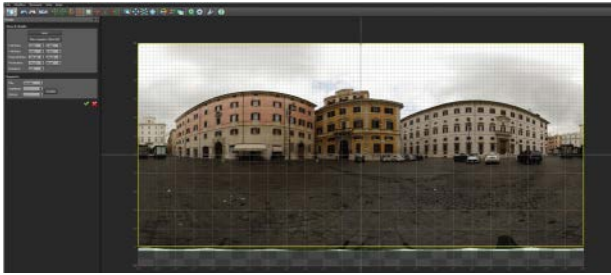


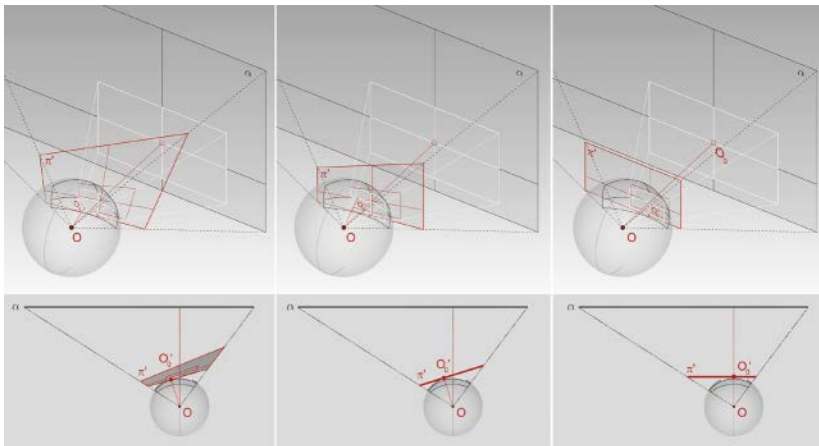
Fig. 14. In alcuni casi il riconoscimento automatico dei punti omologhi necessita di un controllo manuale.

la corrispondenza dei punti per i quali si è verificato l'errore o espungendoli direttamente dalla lista, dopodiché si procederà chiedendo al software di ottimizzare nuovamente il panorama. La misura della qualità complessiva dello stitching è espressa secondo l'indice RMS (*Root Mean Square*) che calcola lo scarto quadratico medio fra le distanze di coppie di punti omologhi individuati e lo rapporta ad una scala di riferimento;

4. proiezione e rendering – L'ultima fase consiste nella scelta della proiezione tramite la quale rappresentare sul piano le immagini precedentemente ricomposte nello spazio. La proiezione può essere equirettangolare, cilindrica, o rettilineare (Figura 15). Consideriamo il caso delle immagini rettilinee. Il controllo della posizione del piano su cui proiettare il panorama è l'operazione più difficoltosa del processo (Figura 16). I software di *stitching* dispongono infatti di due procedimenti per il raddrizzamento dei panorami. Il primo consiste nell'individuare sul panorama, osservato dal centro di proiezione, due coppie di rette che si suppongono essere verticali e orizzontali nella realtà, in modo che il programma possa



**Fig. 15.** La fase finale consiste nella scelta della proiezione del panorama. Nell'esempio la creazione di un'immagine equirettangolare.



**Fig. 16.** La scelta della giacitura del piano sul quale avviene la proiezione rettilinea è tra le fasi più delicate nella realizzazione di un'immagine gigapixel.

stabilire la direzione di proiezione del panorama per la quale questa condizione sia verificata. Il limite di questa prima soluzione sta proprio nella difficoltà di individuare con precisione, nella realtà e quindi sul panorama, riferimenti spaziali che godano delle suddette proprietà. Il secondo procedimento consiste invece nell'indicare sul panorama la posizione del punto principale della ripresa rispetto alla superficie indagata, punto da intendersi come il piede della perpendicolare condotta dal centro di proiezione alla parete in questione. Questo modo di procedere è più raffinato del precedente dal punto di vista teorico, ma ancora di difficile applicazione: è infatti in fase di studio la possibilità di rilevare e individuare sul panorama la posizione di tale punto principale. Nella realizzazione dei panorami piani, è stato impiegato il primo procedimento.

## Casi studio e verifiche metriche

I casi studio affrontati sin qui riguardano le quadrature presenti nella sala di Pompeo presso Palazzo Spada (Roma), nel refettorio di Trinità dei Monti (Roma), nelle sale del Concilio, dell'Aurora e di Giove a Palazzo Farnese (Caprarola) e nella sala del Mappamondo presso Palazzo Venezia (Roma). Le riprese fotografiche in ogni sala sono state affiancate anche da un rilievo metrico grazie ad un distanziometro laser 3D Disto della Leica, utilizzato sia per rilevare l'ambiente tramite l'acquisizione di singoli punti notevoli e sezioni verticali e orizzontali, sia per individuare la posizione di alcuni punti particolari dell'affresco, e verificare così l'accuratezza delle immagini panoramiche prodotte.

### Palazzo Spada

A Palazzo Spada sono state effettuate le riprese nella Sala di Pompeo, affrescata da Angelo Michele Colonna e Agostino Mitelli nel 1635, all'interno della quale è raffigurata una prospettiva architettonica sulle quattro pareti perimetrali. L'attenzione si è concentrata sulla parete affrescata alle spalle della statua raffigurante Pompeo, della quale si è realizzata un'immagine rettilineare. Le caratteristiche relative alla ripresa effettuata sono raccolte in una tabella (Figure 17 e 18).

### Convento di Trinità dei Monti, Roma

La Sala del Refettorio del Convento di Trinità dei Monti, la cui decorazione è stata realizzata da Andrea Pozzo nel 1694, contiene una quadratura che si dispone sulle quattro pareti e sul soffitto. Dati i pesanti interventi che si sono succeduti nel tempo durante le operazioni di restauro dell'opera, si è scelto di concentrare l'attenzione sulla parete longitudinale non finestrata, che risulta essere la più autentica, realizzando un panorama rettilineare. La conformazione della stanza, piuttosto stretta e lunga, non consentiva di realizzare un panorama il cui angolo di campo fosse inferiore ai 100° così, oltre alla ripresa con angolo di campo superiore a tale valore, è stata adottata anche una soluzione alternativa: la ripresa della parete è stata suddivisa in due parti, da due centri di proiezione diversi; i due panorami che ne sono conseguiti sono stati poi a loro volta opportunamente uniti al fine di ottenere un'immagine panoramica unica. Le caratteristiche relative alle riprese effettuate sono raccolte in una tabella (Figure 19 e 20).

Palazzo Spada   Sala di Pompeo					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Roma	1635	Angelo Michele Colonna, Michele Colonna			
Panorama rettilineare - parete di Pompeo			dimensioni parete: 12.40 x 10.49 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	4h 30'
<i>focale</i>	200 mm	<i>n. immagini</i>	224	<i>dim. file .psb</i>	26 Gb
<i>ISO</i>	100	<i>tempi ripresa</i>	1h 12'	<i>dim. immagine</i>	65164x57232 px
<i>diaframma</i>	f/22	<i>RMS</i>	1.95	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 485.72 x
<i>tempi di posa</i>	10"				551.72 cm, scala
<i>bracketing</i>	no				1:2.25

Fig. 17. Caratteristiche relative alla ripresa effettuata presso la Sala di Pompeo a Palazzo Spada (Roma).



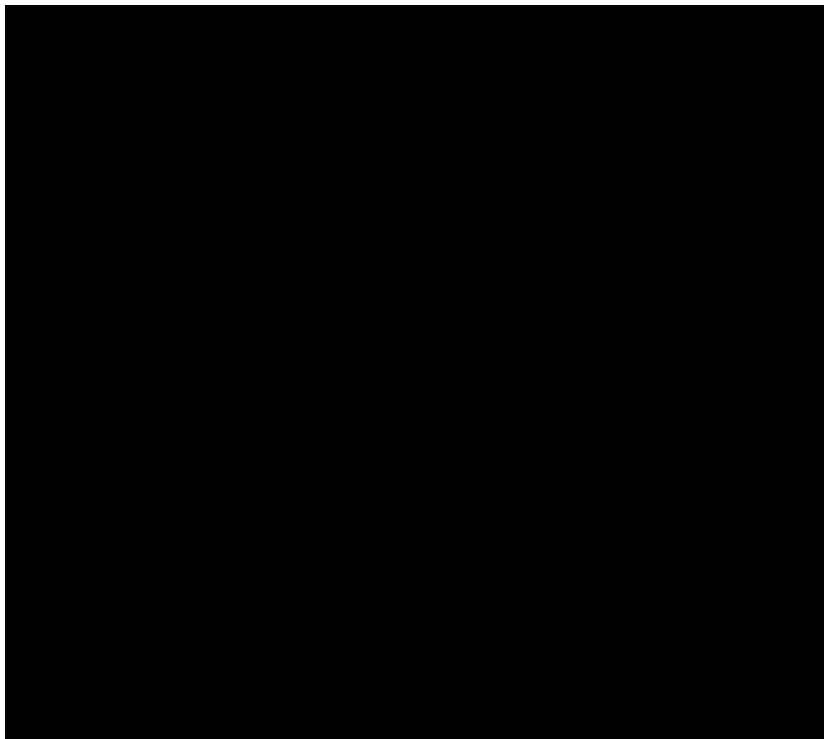
Fig. 18. Panorama rettilineare della parete sud-ovest nella sala di Pompeo a Palazzo Spada (Roma).

## Palazzo Farnese a Caprarola

A Palazzo Farnese sono presenti numerose prospettive architettoniche, distribuite in diverse sale. Ad oggi sono state rilevate le quadrature presenti nella Sala del Concilio, affrescata sulle quattro pareti e sul soffitto da Taddeo Zuccari e dal Vignola tra il 1560 e il 1566, la Sala dell'Aurora, il cui soffitto è stato affrescato dallo stesso Zuccari sempre nello stesso periodo, e nella Sala di Giove, affrescata dal Vignola nel 1562, che presenta una quadratura disposta sulle quattro pareti. Della Sala del Concilio è stato realizzato un panorama equirettangolare per il repertorio (Figure 21 e 22), mentre nella Sala dell'Aurora si sono effettuate le riprese del soffitto, ottenendo un panorama rettilineare (Figure 23 e 24). Nella Sala di Giove si sono creati i panorami rettilinei delle due pareti più significative (Figure 25, 26 e 27), tralasciando la

Convento di Trinità dei Monti   Sala del Refettorio					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Roma	1694	Andrea Pozzo			
Panorama rettilineare - parete longitudinale			dimensioni parete: 22.3 x 4.9 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	40'
<i>focale</i>	24 mm	<i>n. immagini</i>	36 (12x3)	<i>dim. file .psb</i>	4.3 Gb
<i>ISO</i>	100	<i>tempi ripresa</i>	15'	<i>dim. immagine</i>	20279 x 6344 px
<i>diaframma</i>	f/10	<i>RMS</i>	1.96	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 171.7 x
<i>tempi di posa</i>	5", 10", 20"				54.93 cm
<i>bracketing</i>	si				scala 1:13
					(23 dpi / sc. 1:1)
Panorama rettilineare - parete longitudinale*			dimensioni parete: 22.3 x 4.9 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	50' (x2)
<i>focale</i>	35 mm	<i>n. immagini</i>	36 (12x3)	<i>dim. file .psb</i>	6.31 Gb
<i>ISO</i>	100	<i>tempi ripresa</i>	18' (x2)	<i>dim. immagine</i>	22639x9177 px (x2)
<i>diaframma</i>	f/10	<i>RMS</i>	2.43	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 161.68 x
<i>tempi di posa</i>	1.3", 2.5", 5"				77.7 cm
<i>bracketing</i>	si				scala 1:11
					(26 dpi / sc. 1:1)
* Il panorama deriva dall'unione di due panorami acquisiti singolarmente al fine di sopperire al problema dell'eccessivo angolo di campo.					

Fig. 19. Caratteristiche relative alle riprese effettuate presso la Sala del Refettorio a Trinità dei Monti (Roma).



**Fig. 20.** Panorama rettilineare della parete ovest nella Sala del Refettorio a Trinità dei Monti (Roma). Il panorama in questo caso è stato generato unendo due panorami distinti acquisiti dal medesimo centro.

parete occupata in parte dal caminetto e quella finestrata che è in realtà coperta da una riproduzione dell'affresco su tela, realizzata nel secolo scorso in occasione di una ripresa cinematografica.

### **Palazzo Venezia, Roma**

La Sala del Mappamondo presso Palazzo Venezia, attribuita alla Scuola del Mantegna e affrescata nel periodo 1490, presenta una quadratura sulle quattro pareti che la racchiudono. In questo caso è stata effettuata innanzitutto una ripresa panoramica equirettangolare per il repertorio (Figure 28 e 29). Sono stati poi realizzati i panorami rettilineari delle quattro pareti (Figure 30 e 31). Date le condizioni di scarsa illuminazione della parete finestrata, la cui acquisizione era anche ostacolata da un effetto di intensa controluce, si è deciso di effettuare le riprese utilizzando un sistema di illuminazione artificiale costituito da due lampade a incandescenza.

Palazzo Farnese   Sala del Concilio					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Caprarola	1560-1566	Jacopo Barozzi da Vignola, Taddeo Zuccari			
<b>Panorama equirettangolare</b>			dimensioni stanza: 8.7 x 8.7 x 9.2 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D300	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	70'
<i>focale</i>	27 mm	<i>n. immagini</i>	120	<i>dim. file .psb</i>	690 Mb
<i>ISO</i>	200	<i>tempi ripresa</i>	25'	<i>dim. immagine</i>	22012x11006 px
<i>diaframma</i>	f/9	<i>RMS</i>	2.10		
<i>tempi di posa</i>	1/40, 1/20, 1/10				
<i>bracketing</i>	sì				

Fig. 21. Caratteristiche relative alla ripresa effettuata presso la Sala del Concilio a Palazzo Farnese (Caprarola).



Fig. 22. Panorama equirettangolare della Sala del Concilio a Palazzo Farnese (Caprarola).

Palazzo Farnese   Sala dell'Aurora					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Caprarola	1560-1566	Taddeo Zuccari			
<b>Panorama rettilineare - soffitto</b>			dimensioni soffitto: 5 x 8 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D300	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	30'
<i>focale</i>	27 mm	<i>n. immagini</i>	72	<i>dim. file .psb</i>	200 Mb
<i>ISO</i>	200	<i>tempi ripresa</i>	15'	<i>dim. immagine</i>	6828x5027 px
<i>diaframma</i>	f/9	<i>RMS</i>	1.88	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 57.81 x 42.56 cm
<i>tempi di posa</i>	0.3", 0.6", 1.3"				
<i>bracketing</i>	sì				
					scala 1:13.84 (21.7 dpi / sc. 1:1)

Fig. 23. Caratteristiche relative alla ripresa effettuata presso la Sala dell'Aurora a Palazzo Farnese di Caprarola.





Fig. 24. Panorama rettilineare del soffitto della Sala dell'Aurora a Palazzo Farnese (Caprarola).



Fig. 25. Panorama rettilineare della parete nord nella sala di Giove a Palazzo Farnese (Caprarola).

Palazzo Farnese   Sala di Giove					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Caprarola	1562	Jacopo Barozzi da Vignola			
Panorama rettilineare - parete corta			dimensioni parete: 8.54 x 5 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800E	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	1h
<i>focale</i>	105 mm	<i>n. immagini</i>	48	<i>dim. file .psb</i>	634 Mb
<i>ISO</i>	400	<i>tempi ripresa</i>	15'	<i>dim. immagine</i>	15656x10458 px
<i>diaframma</i>	f/8	<i>RMS</i>	2.43	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 132 x
<i>tempi di posa</i>	1/13, 1/6, 0.3"				88.54 cm
<i>bracketing</i>	si				scala 1:6.4
					(46.5 dpi / sc. 1:1)
Panorama rettilineare - parete lunga			dimensioni parete: 17.25 x 5 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800E	<i>mod. testa</i>	Clauss	<i>tempi rendering</i>	5h
<i>focale</i>	200 mm	<i>n. immagini</i>	312	<i>dim. file .psb</i>	28 Gb
<i>ISO</i>	100	<i>tempi ripresa</i>	60'	<i>dim. immagine</i>	88112x29199 px
<i>diaframma</i>	f/22	<i>RMS</i>	2.49	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 746.01 x
<i>tempi di posa</i>	1", 2.5", 6"				247.22 cm
<i>bracketing</i>	si				scala 1:2.3
					(129.74 dpi / sc. 1:1)

Fig. 26. Caratteristiche relative alle riprese effettuate presso la Sala di Giove a Palazzo Farnese (Caprarola).



Fig. 27. Panorama rettilineare della parete ovest nella sala di Giove a Palazzo Farnese (Caprarola).

## Sperimentazioni sulla restituzione prospettica di una ripresa

La gestione della proiezione rettilineare del panorama sferico di una quadratura piana è una fase di particolare importanza. Infatti, se da un lato è vero che, grazie alle invarianti proiettive, le analisi di restituzione della prospettiva pittorica potrebbero essere condotte a

Palazzo Venezia   Sala del Mappamondo					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Roma	1489-90	Scuola del Mantegna			
<b>Panorama equirettangolare I</b>			dimensioni stanza: 12,5 x 20,6 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	4h
<i>focale</i>	50 mm	<i>n. immagini</i>	351	<i>dim. file .psb</i>	17,7Gb
<i>ISO</i>	100	<i>tempi ripresa</i>	1h	<i>dim. immagine</i>	67374x33687 px
<i>diaframma</i>	f/9	<i>RMS</i>	2.4		
<i>tempi di posa</i>	1/5s, 1/10s, 1/2s				
<i>bracketing</i>	sì				
<b>Panorama equirettangolare II</b>			dimensioni stanza: 12,5 x 20,6 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800	<i>mod. testa</i>	Gigapan	<i>tempi rendering</i>	4h
<i>focale</i>	50 mm	<i>n. immagini</i>	354	<i>dim. file .psb</i>	17,7Gb
<i>ISO</i>	100	<i>tempi ripresa</i>	1h	<i>dim. immagine</i>	67376x33688 px
<i>diaframma</i>	f/9	<i>RMS</i>	2.44		
<i>tempi di posa</i>	1/3s, 1/6s, 0,6s				
<i>bracketing</i>	sì				

**Fig. 28.** Caratteristiche relative alle riprese effettuate presso la Sala del Mappamondo a Palazzo Venezia per la creazione di panorami equirettangolari.



**Fig. 29.** Panorama equirettangolare della Sala del Mappamondo a Palazzo Venezia (Roma).

prescindere dalla giacitura scelta per la proiezione, è anche vero che individuare la medesima giacitura della quadratura consentirebbe di rendere più spedito lo studio e l'analisi della prospettiva e di eseguire verifiche accurate sulla valenza metrica del panorama. Come detto, gli strumenti che generalmente vengono messi a disposizione dai software per la creazione di panorami sono insufficienti a garantire l'affidabilità



Fig. 30. Panorama rettilineare della parete nord nella Sala del Mappamondo a Palazzo Venezia (Roma).

metrica del risultato: le operazioni per il riconoscimento di coppie di rette orizzontali e verticali sono infatti troppo labili perché si basano su un riconoscimento di tipo intuitivo e non analitico. Si è pensato quindi di fare uso dei software per il foto raddrizzamento, che hanno invece la possibilità di immettere i valori di punti battuti topograficamente per la gestione dei punti scelti come riferimento. Tra i software utilizzati, si segnala Fotorad sviluppato dal prof. Pierpaolo Palka dell'Università G. D'Annunzio di Pescara-Chieti, che coniuga caratteristiche di analisi matematica ed informatica con gli algoritmi del disegno automatico. In questo ambiente, dopo aver inserito le coordinate di alcuni punti rilevati con strumenti topografici (utilizzati come punti di controllo del foto raddrizzamento e della sua messa in scala), diviene possibile lavorare contemporaneamente sull'immagine raster (l'immagine

Palazzo Venezia   Sala del Mappamondo					
<i>luogo</i>	<i>periodo</i>	<i>autori</i>			
Roma	1489-90	Scuola del Mantegna			
Panorama rettilineare - parete sud			dimensioni parete: 12,5 x 11,8 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800E	<i>mod. testa</i>	Clauss	<i>tempi rendering</i>	3h
<i>focale</i>	200 mm	<i>n. immagini</i>	294 (98 x 3)	<i>dim. file .psb</i>	48Gb
<i>ISO</i>	160	<i>tempi ripresa</i>	0h46	<i>dim. immagine</i>	52434x51020 px
<i>diaframma</i>	f/	<i>RMS</i>	2.46	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 443,94 x
<i>tempi di posa</i>	2s, 0.77s, 5s				431,97 cm scala:
<i>bracketing</i>	sì				1:2,81
					(106 dpi/sc. 1:1)
Panorama rettilineare - parete ovest			dimensioni parete: 20,6 x 11,8 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800E	<i>mod. testa</i>	Clauss	<i>tempi rendering</i>	6h
<i>focale</i>	200 mm	<i>n. immagini</i>	501 (167 x 3)	<i>dim. file .psb</i>	37,8Gb
<i>ISO</i>	160	<i>tempi ripresa</i>	2h 2'	<i>dim. immagine</i>	91313x54777 px
<i>diaframma</i>	f/25	<i>RMS</i>	2.49	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 773,12 x
<i>tempi di posa</i>	2s, 5s, 13s				463,78 cm scala:
<i>bracketing</i>	sì				1:2,6
					(115 dpi/sc. 1:1)
Panorama rettilineare - parete nord			dimensioni parete: 12,5 x 11,8 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800E	<i>mod. testa</i>	Clauss	<i>tempi rendering</i>	3h38
<i>focale</i>	200 mm	<i>n. immagini</i>	324 ( 108 x 3)	<i>dim. file .psb</i>	50,7Gb
<i>ISO</i>	160	<i>tempi ripresa</i>	1h52	<i>dim. immagine</i>	48168x48473 px
<i>diaframma</i>	f/25	<i>RMS</i>	2,36	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 407,82 x
<i>tempi di posa</i>	2s, 13s, 5s				410,4 cm scala:
<i>bracketing</i>	sì				1:3
					(98 dpi/sc. 1:1)
Panorama rettilineare - parete est*			dimensioni parete: 20,6 x 11,8 m		
caratteristiche camera		caratteristiche ripresa		caratteristiche Gigapixel	
<i>mod. camera</i>	Nikon D800E	<i>mod. testa</i>	Clauss	<i>tempi rendering</i>	5h
<i>focale</i>	200 mm	<i>n. immagini</i>	393 (131 x 3)	<i>dim. file .psb</i>	101,5Gb
<i>ISO</i>	160	<i>tempi ripresa</i>	1h30	<i>dim. immagine</i>	93192x56060 px
<i>diaframma</i>	f/25	<i>RMS</i>	2.45	<i>risoluzione</i>	300 dpi / 789,03 x
<i>tempi di posa</i>	2s, 5s, 13s				474,64 cm scala:
<i>bracketing</i>	sì				1:2,6
					(115 dpi/sc. 1:1)
* Panorama acquisito con ausilio di illuminazione artificiale.					

Fig. 31. Caratteristiche relative alle riprese effettuate presso la Sala del Mappamondo a Palazzo Venezia per la creazione di panorami rettilinei.

rettilineare) e sulla sua trasformazione omografica di tipo vettoriale (il foto raddrizzamento). In altre parole, stabilita la corrispondenza biunivoca tra immagine raster e fotoraddrizzamento vettoriale, è possibile disegnare con strumenti tipici del disegno CAD sulla restituzione vettoriale in vera forma e vederne in tempo reale l'aderenza con l'immagine raster, oppure al contrario lavorare sul ridisegno dell'immagine raster e vederne la trasformazione in vera forma. Il foto raddrizzamento vettoriale una volta concluso può essere esportato con i formati tipici del disegno CAD (.dwg, .dxf), in altri software per ulteriori elaborazioni senza perdita di accuratezza metrica.

Il limite finora messo in evidenza dal software è la gestione delle immagini *High Res*, che potrebbe essere risolto attraverso un opportuno sviluppo da parte del gruppo di ricerca coordinato dal prof. Palka, probabilmente facendo uso delle tecniche di gestione delle immagini piramidali.

## Bibliografia

- CARPICECI, M. *Fotografia digitale e Architettura. Storia, strumenti ed elaborazioni con le odierne attrezzature fotografiche e informatiche*. Roma: Aracne Editrice, 2012. ISBN: 88-5484-939-1.
- D'ANNIBALE, E., FANGI, G., MALINVERNI, E. S., TASSETTI, A. N. *Fotografia panoramica, implementazione ed integrazione di tecniche fotogrammetriche speditive low-cost per la documentazione tridimensionale del patrimonio culturale*. In *Decennale MIMOS* (Roma, Campus Universitario Tor Vergata, 9-11 ottobre 2012). Roma, 2012.
- DE LUCA, L. *La fotomodellazione architettonica: rilievo, modellazione, rappresentazione di edifici a partire da fotografie*. Palermo: Dario Flaccovio Editore, 2011. ISBN: 978-88-5790-070-4.
- MIGLIARI, R. (a c. di). *La costruzione dell'architettura illusoria*. Roma: Gangemi Editore, 1999. ISBN: 978-88-7448-987-9.
- MIGLIARI, R. *Geometria descrittiva. Volume I - Metodi e costruzioni*. Novara: CittàStudi Edizioni, 2009. ISBN: 978-88-2517-329-1.
- MIGLIARI, R. *Geometria dei modelli*. Roma: Edizioni Kappa, 2003. ISBN: 978-88-7890-512-2.
- LATO, M. J., BEVAN, G., FERGUSON, M. *Gigapixel Imaging and Photogrammetry: Development of a New Long Range Remote Imaging Technique*. *RemoteSensing*, n. 4, 2012, pp. 3006-3020.
- Per l'analisi multispettrale: [www.profilocolore.com](http://www.profilocolore.com).
- Per le impostazioni della profondità di campo: [www.dofmaster.com](http://www.dofmaster.com)
- Indici di qualità della nitidezza: [www.nadir.it/ob-fot/VALUTAZ\\_OB1.htm](http://www.nadir.it/ob-fot/VALUTAZ_OB1.htm).

## DICHIARAZIONI SOSTITUTIVE DI CERTIFICAZIONE

Ai sensi dell'art. 46 del D.P.R. 28.12.2000 n. 445

## DICHIARAZIONI SOSTITUTIVE DELL'ATTO DI NOTORIETÀ

Ai sensi dell'art. 47 del D.P.R. 28.12.2000 n. 445

I sottoscritti

**Leonardo Baglioni**, nato a Roma (provincia di Roma) il 30.07.1973,

**Matteo Flavio Mancini**, nato a Roma (provincia di Roma) il 18.04.1985,

**Jessica Romor**, nata a Belluno (provincia di Belluno) il 20.11.1981,

**Marta Salvatore**, nata a Roma (provincia di Roma) il 04.11.1975,

sotto la propria responsabilità, consapevoli che, in caso di dichiarazioni false o mendaci, incorreranno nelle sanzioni penali richiamate dall'art. 76 del D.P.R. 28.12.2000 n. 445,

in merito alle attribuzioni del seguente saggio di cui sono coautori:

Leonardo Baglioni, Matteo Flavio Mancini, Jessica Romor, Marta Salvatore. 2015. **Proposta di uno standard di acquisizione per il rilievo delle quadrature su superfici piane**. In: Graziano Mario Valenti (a cura di), *Prospettive Architettoniche: conservazione digitale, divulgazione e studio*, vol.I, pp. 687-715. Roma: Sapienza Università Editrice. ISBN 978-88-98533-45-9

### DICHIARANO

di essersi dedicati in egual misura ai contenuti ed alla metodologia, che hanno costantemente condiviso. In particolare:

**Leonardo Baglioni** si è occupato prevalentemente dei problemi relativi alla qualità delle riprese legati alle impostazioni della camera, con particolare riferimento alla calibrazione dell'entrance pupil; si è specializzato nell'acquisizione delle immagini panoramiche Ultra High Resolution con sistemi Gigapan e Clauss e ha partecipato a tutte le riprese dei temi citati nell'articolo;

**Matteo Flavio Mancini** si è occupato prevalentemente della individuazione di un repertorio di Prospettive Architettoniche e della sperimentazione delle tecniche di stitching e delle loro problematiche; si è specializzato nell'acquisizione delle immagini panoramiche Ultra High Resolution con sistemi Gigapan e Clauss e ha partecipato a tutte le riprese dei temi citati nell'articolo;

**Jessica Romor** si è occupata prevalentemente dell'analisi degli aspetti fotografici, dei parametri legati alla qualità della ripresa e del rilievo metrico con strumenti topografici; si è specializzata nell'acquisizione delle immagini panoramiche Ultra High Resolution con sistemi Gigapan e Clauss e ha partecipato a tutte le riprese dei temi citati nell'articolo;

**Marta Salvatore** si è occupata prevalentemente dei problemi relativi alla qualità delle riprese attraverso lo studio dei principi proiettivi alla base delle metodologie di acquisizione di immagini High Resolution; si è specializzata nell'acquisizione delle immagini panoramiche Ultra High Resolution con sistemi Gigapan e Clauss e ha partecipato a tutte le riprese dei temi citati nell'articolo;

Roma, 03.03.2015

### I DICHIARANTI

Leonardo Baglioni

Matteo Flavio Mancini

Jessica Romor

Marta Salvatore

