

Il rilievo laser scanner del Salone dei Mesi di Palazzo Schifanoia a Ferrara

Martina Ballarin, Caterina Gottardi, Luca Pilot, Paolo Vernier

La campagna di rilevamento del Salone dei Mesi di Palazzo Schifanoia a Ferrara – condotta nel mese di aprile 2013 dal Laboratorio di Fotogrammetria dell'Università Iuav di Venezia – è parte di un più ampio programma di studio e ricerca incentrato sul monumento ferrarese, del quale il saggio dedicato alle operazioni di rilievo costituisce il più recente risultato. Già il numero 102 di *Engramma* (dicembre 2012) presentava la prima tappa dello studio, con diversi contributi – di cui uno corale – di Marco Bertozzi, Maurizio Bonora e Alessandra Pedersoli, dedicati allo studio e all'interpretazione astrologica degli affreschi del Salone e in particolare al tentativo avanzato dall'artista Maurizio Bonora di proporre – a seguito di un lungo e paziente lavoro di analisi tecnica, artistica e filologica – una ricostruzione delle figure mancanti nella fascia mediana di affreschi. L'ulteriore opera di studio e riordino della materia documentaria, iconografica e bibliografica ha condotto successivamente alla realizzazione di una mostra a cura di Emma Filippini e Olivia Sara Carli, *Il cielo di Schifanoia - in mostra a Venezia* (28 febbraio/14 marzo 2013). Sul tema, *Engramma* ha aperto una pagina di indicizzazione dei contenuti – tema di ricerca 'Schifanoia' – dove sono confluiti, oltre alla presentazione della mostra, ulteriori materiali e una versione in lingua inglese della descrizione dei registri del Salone. Com'è noto, il pessimo stato di conservazione degli affreschi delle pareti sud e ovest non consente di avanzare una proposta di lettura completa del ciclo pittorico. L'impiego di tecniche avanzate di rilievo, basate sulla fotogrammetria e il laser scanning, ha permesso di reperire dati certi circa la geometria del Salone e il posizionamento dei comparti del ciclo. Integrando queste informazioni con gli esiti delle ricerche di Maurizio Bonora sarà possibile riproporre la morfologia generale dei comparti lacunosi del Salone con una ipotesi di integrazione fondata, e avere così una percezione più completa dell'intero ciclo.

Introduzione

Scopo principale del rilievo del Salone dei Mesi di Palazzo Schifanoia a Ferrara era ridare vita ai dipinti scomparsi nella sala, ricostruendo la struttura e la morfologia delle decorazioni pittoriche perdute attraverso fasci di luce proiettata. Le proiezioni sui manufatti e sugli oggetti reali forniscono, infatti, una nuova chiave di lettura per la fruizione della conoscenza. Queste possono avere scopi differenti e quindi adattarsi facilmente a diversi contesti: uno di questi consiste proprio nella realizzazione di realtà simulate, di ricostruzioni di come sarebbe dovuto essere un particolare manufatto tramite mappature e applicazioni di texture o di disegni ricostruttivi (Koroso Arriaga, Muñoz Lozano 2009). Considerato lo scopo, il progetto richiedeva una solida conoscenza sia della geometria della sala sia della posizione delle decorazioni rimaste. Il rilievo, quindi, doveva fornire un prodotto che unisse la forza espres-

siva delle immagini con la precisione metrica. In questo senso il rilievo non è solo analisi della forma e della geometria dell'oggetto, ma diventa supporto per la visualizzazione e per la fruizione della conoscenza anche a utenti non specializzati nell'ambito della Geomatica (Achille, Monti 2001). Le tecniche utilizzate hanno quindi cercato di seguire questa doppia finalità, accostando e integrando fotogrammetria e laser scanning. Entrambe sono metodologie ben note nell'ambito dell'Architettura e dei Beni Culturali: il laser scanning permette di acquisire il dato metrico in maniera rapida e allo stesso tempo accurata; la fotogrammetria è una tecnica che utilizza immagini fotografiche per acquisire informazioni metriche di un oggetto, come forma e posizione. Il risultato ottenuto dall'elaborazione dei dati acquisiti tramite queste tecniche è un modello tridimensionale opportunamente texturizzato con le immagini raddrizzate del ciclo pittorico del Salone dei Mesi. Infatti, il modello tridimensionale, digitale o reale, è al giorno d'oggi un mezzo di comunicazione indispensabile per la fruizione dei risultati nei diversi ambiti disciplinari: le moderne tecniche di rilievo consentono ormai di ottenere dei modelli sempre più accurati e precisi, attraverso i quali leggere la componente quantitativa e qualitativa del manufatto o dell'oggetto in esame (Adami, Gnesutta, Vernier 2010). Questo modello sarà il punto di partenza per le future analisi che potranno portare alla realizzazione del complesso sistema di video-proiezioni.

L'acquisizione dei dati

Le scansioni all'interno del Salone dei Mesi sono state realizzate con il laser scanner a differenza di fase *Faro Focus 3D*. Questo laser scanner è caratteriz-



Il laser scanner a differenza di fase *Faro Focus 3D*.



Il sistema di segnalizzazione adottato per il rilievo del Salone dei Mesi.



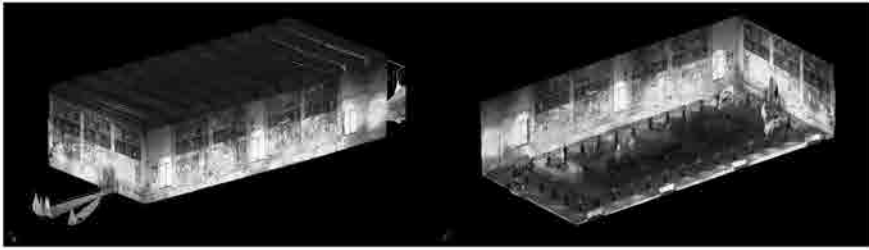
La stazione totale *Leica Ter 1103*.

zato da un range di acquisizione tra 0.6 m e 120 m, con un'accuratezza di ± 2 mm per distanze tra i 10 e i 25 metri. È caratterizzato da una velocità di scansione fino a 976.000 punti/sec; ha un campo visivo verticale di 305° e orizzontale di 360° . Inoltre ha un sensore integrato al suo interno che permette l'acquisizione radiometrica con una risoluzione fino a 70 megapixel. Infine, le dimensioni ridotte e il peso contenuto (5 kg) di questo laser scanner, decisamente molto più pratico di quelli usati fino alcuni anni fa, consentono di trasportarlo agevolmente.

In fase di processamento, il software di gestione delle scansioni riconosce facilmente alcune tipologie di segnalizzazione; per questo motivo sono stati posizionati lungo tutto il perimetro della stanza 14 target a scacchiera ad elevato contrasto. La risoluzione di acquisizione delle scansioni è stata impostata per ottenere un punto ogni 3 mm a 10 metri di distanza con un passo angolare di 0.018° . Per ottenere un modello numerico completo e per ridurre al minimo le zone d'ombra (ossia dove il dato metrico non viene acquisito) sono state realizzate sei scansioni. Il rilievo laser scanning consente di ottenere un insieme di coordinate tridimensionali dell'oggetto, in un sistema di riferimento correlato con lo strumento. Per georeferenziare tutte le scansioni nello stesso sistema di riferimento è stato realizzato un appoggio



Acquisizione dei fotogrammi.



Nuvola di punti con i valori radiometrici.

topografico con la stazione totale *Leica Tcr 1103*. Sono state realizzate tre differenti stazioni, da ognuna delle quali sono stati battuti tutti e 14 i target per rendere i dati ridondanti. Dopo un procedimento di compensazione ai minimi quadrati, utilizzando il software *MicroSurvey Starnet*, sulle coordinate finali sono state raggiunte precisioni millimetriche.

Per l'acquisizione fotogrammetrica è stata utilizzata una macchina fotografica *Nikon D800* con ottiche 21 e 50 mm. Per consentire il ricoprimento di ciascun lato, garantendo la produzione di rilievi alla scala 1:20, sono state effettuate delle strisciate fotogrammetriche con asse ottico perpendicolare ad ognuna delle pareti. A causa delle condizioni di illuminazione non ot-



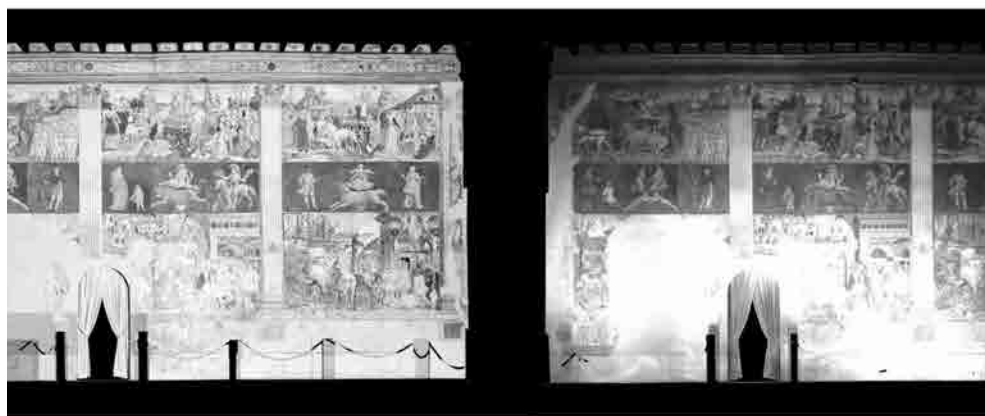
Fotogramma prima e dopo il raddrizzamento.

timali all'interno del Salone, dovute alle luci puntuali presenti solo nella parte inferiore delle pareti, si è reso necessario l'utilizzo di due flash in modalità automatica, collegati grazie alla tecnologia a infrarossi. In questo modo è stato possibile acquisire i fotogrammi ottenendo un'illuminazione omogenea su tutta l'area interessata.

L'elaborazione dei dati

Le sei scansioni sono state allineate tramite il riconoscimento semi-automatico dei 14 target. Le nuvole di punti sono state elaborate ed esportate con i valori radiometrici acquisiti dal sensore integrato nel laser scanner. Tuttavia, a causa delle scarse condizioni di illuminazione alle quali si è già accennato, si è preferito esportarle anche solo con i valori di *intensity*, ossia l'intensità del segnale di ritorno ricevuto dallo strumento (Guidi, Russo, Beraldin 2010).

Alla fine del processo di elaborazione è stata ottenuta una nuvola molto densa costituita da più di un miliardo di punti. Per l'allineamento, la registrazione e la gestione delle nuvole di punti sono stati utilizzati i software *Faro Scene e Pointools*. I fotogrammi acquisiti sono stati corretti delle distorsioni introdotte dalle lenti delle fotocamere e quindi raddrizzati e uniti per ottenere i fotopiani delle quattro pareti. Il fotopiano è un'immagine composta di una serie di fotografie che hanno subito un trattamento dal punto di vista geometrico per diventare delle proiezioni ortogonali a una determinata scala ed essere perciò direttamente misurabili. Le fotografie originali sono state raddrizzate utilizzando sei punti notevoli, punti facilmente riconoscibili di cui erano note sia le coordinate "lastra" che quelle



Ortofoto con i valori di *intensity* e RGB di una delle pareti affrescate.

“oggetto”, ottenute dalle scansioni laser. I sei punti di controllo sono serviti a determinare, per ogni fotografia, gli otto coefficienti necessari a risolvere le equazioni del raddrizzamento. In fase di esportazione, per ogni foto sottoposta a questo procedimento la dimensione del pixel è stata impostata a 4 mm, adatta a una rappresentazione alla scala nominale 1:20.

La rappresentazione

Dal modello discreto della nuvola è stato possibile estrarre dei profili orizzontali e verticali (sia longitudinali che trasversali) a differenti quote e distanze; questo procedimento rende possibile una prima analisi geometrica del Salone dei Mesi, cogliendo l'andamento superficiale delle pareti ed eventuali scostamenti o deformazioni. Inoltre, sempre sulla base dei profili estratti, è stato possibile costruire un modello tridimensionale conforme al dato metrico rilevato (Fassi, Gaudio, Achille 2010).

A partire dalla nuvola di punti sono state realizzate anche le ortofoto delle quattro pareti, sia con i valori RGB sia con l'*intensity*; anche in questo caso la dimensione del pixel è stata impostata a 4 mm.

Analizzando le ortofoto con i valori radiometrici, è possibile notare la differenza di luminosità tra la parte bassa e la porzione sommitale delle pareti, con la successiva impossibilità di leggere con chiarezza alcuni dettagli delle rappresentazioni; la tecnica fotogrammetrica del raddrizzamento applicata in questo caso si è rivelata quindi fondamentale per permettere le analisi necessarie sugli affreschi.



Modello 3D texturizzato.



Fotopiano.

L'integrazione tra differenti tecniche di rilievo permette di definire dei sistemi informativi complessi: in questo caso il modello tridimensionale è stato unito al prodotto raster bidimensionale delle immagini raddrizzate, ottenendo un modello texturizzato del Salone dei Mesi. La rappresentazione digitale consente inoltre di aggiornare continuamente e di interrogare in tempo reale i dati elaborati. Nell'era del digitale e del virtuale, le nuove tecnologie possono fornire una risposta comunicativa in un'ottica del tutto rinnovata, permettendo la divulgazione della conoscenza attraverso un'immediata e intuitiva comprensione da parte di utenze diverse, spesso non specializzate in questo settore scientifico (Balletti, Pilot 2010).

English abstract

The aim of this work was to analyse the geometry of the four painted walls of the Salone dei Mesi of Palazzo Schifanoia in Ferrara. In this case, different techniques of data acquisition were integrated in order to obtain metric and radiometric data as complete as possible: we performed a laser scanning survey together with a topographic support to determinate the local reference system and a photogrammetric survey to obtain the rectified images of the four painted surfaces. The integration of different techniques and survey's methodologies in the Cultural Heritage is a field that the Laboratory of Photogrammetry of Iuav University has investigated for the past few years. This paper focuses on the different phases of the survey that follow one another in the process of studying the analysed object: the on-site acquisition, the data processing and the final representation.

Riferimenti bibliografici

Achille, Monti 2001

C. Achille, C. Monti, *Nuove metodologie di rilievo*, in R. A. Genovese (a cura di), *Tecniche di rilevamento. Nuove frontiere delle tecnologie*, Napoli 2001.

Adami, Gnesutta, Vernier 2010

A. Adami, M. Gnesutta, P. Vernier, *Dalla scansione laser al modello: il caso esemplare di San Francesco della Vigna*, in M. Bolgherini, A. Guerra, P. Modesti (a cura di), *Architettura delle facciate: le chiese di Palladio a Venezia. Nuovi rilievi, storia, materiali*, Venezia 2010, 195-206.

Balletti, Pilot 2010

C. Balletti, L. Pilot, *Conoscere e misurare la forma: il rilievo delle quattro facciate palladiane a Venezia*, in M. Bolgherini, A. Guerra, P. Modesti (a cura di), *Architettura delle facciate: le chiese di Palladio a Venezia. Nuovi rilievi, storia, materiali*, Venezia 2010, 179-193

Fassi, Gaudio, Achille 2010

F. Fassi, F. Gaudio, C. Achille, *Multi-sensor data per il rilievo e la documentazione dei Beni Culturali*, Atti della XIV conferenza nazionale ASITA (Brescia, 9-12 novembre 2010), Brescia 2010, 967-972.

Guidi, Russo, Beraldin 2010

G. Guidi, M. Russo, J. A. Beraldin, *Acquisizione 3D e modellazione poligonale*, Milano 2010.

Koroso Arriaga, Muñoz Lozano 2009

I. Koroso Arriaga, O. Muñoz Lozano, *Space throughout time, application of 3D virtual reconstruction and light projection techniques in the analysis and reconstruction of cultural heritage*, "The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences", Trento, vol. XXXVIII, 5/W1 (2009).