

TECNICHE INTEGRATE LASER SCANNER – FOTOGRAMMETRIA PER IL RILEVAMENTO DEI BENI CULTURALI: LA CHIESA DI S.MARIA DEL PATIRE A ROSSANO

G. Artese^a, G. Dodaro^a, A.Trecroci^a

^a Dipartimento di Pianificazione Territoriale dell'Università della Calabria, Cosenza - g.artese@unical.it

Riassunto

Nel presente lavoro sono descritti i risultati del rilievo 3D della Chiesa S. Maria del Patire, sita nel comune di Rossano in provincia di Cosenza. La Chiesa, che risale all'inizio del secolo XII, è nota sia per la pregevolezza della sua fattura architettonica, caratterizzata da tre absidi circolari, sia per i resti della pavimentazione ad opus sectile.

Il modello finale è stato ricavato mosaicando delle prese fotografiche preliminarmente trattate con tecnica di raddrizzamento fotogrammetrico. È stato eseguito un rilievo di appoggio a terra per la corretta esecuzione della mosaicatura dei fotogrammi raddrizzati e per la georeferenziazione. La ridondanza di punti acquisiti tramite il rilievo a terra ha permesso il controllo della precisione della restituzione fotogrammetrica. Utilizzando il modello ottenuto, è stato realizzato un filmato virtuale che consente lo studio della Chiesa in tutte le sue principali caratteristiche di geometria e dei materiali.

Un secondo rilievo è stato eseguito con l'uso di un laser scanner. Il modello ottenuto è stato integrato utilizzando le prese fotografiche. Viene riportato un confronto tecnico-economico delle due modalità di rilievo.

Abstract

The paper describes the surveying of the S.Maria del Patire church, in Rossano, Italy.

The church, built on the beginning of the XIIth century, is well known due to the high quality of its architecture. It is characterized by three circular apses, and by the mosaic flooring (opus sectile).

A model has been obtained, by mosaicking previously rectified photographic acquisitions. A topographic surveying has been done, to allow the georeferencing and the correct mosaicking of the rectified images. The ground control points have been used to verify the accuracy of the results.

By using the 3D model, an animation has been obtained, allowing the evaluation of both geometric and materials characteristics of the church.

A second surveying has been realized by using a laser scanner; the obtained geometric model has been integrated by photographic shots. A comparison between the used surveying techniques is reported.

Introduzione

Le operazioni di catalogazione dei beni culturali hanno conosciuto negli ultimi anni una notevole diffusione grazie all'impiego della tecnologia informatica, e specificatamente di software per la restituzione fotogrammetrica che permettono la visualizzazione 2D e 3D del rilevato. Le tecniche di rilievo più rigorose, che forniscono la geometria dell'oggetto in tre dimensioni, nell'ipotesi che il manufatto rilevato possa essere scomposto in un numero discreto di superfici di forma pressochè piana, possono essere efficacemente sostituite da tecniche di restituzione per semplice

raddrizzamento fotografico. In questo caso la ricostruzione tridimensionale dei manufatti viene realizzata per mosaicatura delle diverse superfici restituite. Il minore rigore dell'operazione effettuata con tali tecniche è compensato da tempi di lavoro più ridotti e dall'impiego di strumentazioni molto meno costose (Artese e Salemi, 2002).

Diversi software che realizzano sistemi di realtà virtuale permettono poi di elaborare l'assemblaggio delle immagini eseguito come descritto sopra, e di navigare nel modello restituito. I modelli ottenuti possono essere adoperati, oltre che per motivi di studio, per la realizzazione di siti internet. Essi possono costituire, inoltre, uno strumento di progettazione che permette ai tecnici di valutare l'impatto delle scelte progettuali ed il loro inserimento nella realtà esistente (Artese et al., 2003).

Negli ultimi anni si sono diffuse notevolmente le tecniche di rilievo con il laser scanner. Tali tecniche permettono di acquisire in breve tempo una notevolissima mole di punti in coordinate tridimensionali. Il risultato dell'acquisizione è costituito da una serie di nuvole di punti, che necessitano di successivi trattamenti, finalizzati alla eliminazione di disturbi ed alla costruzione di un modello unico che abbia anche le caratteristiche cromatiche dell'oggetto rilevato (Beraldin, 2004), (Artese et al., 2005).

Nel presente lavoro sono state applicate le due tecniche di rilievo; i risultati hanno consentito di eseguire un raffronto costi-benefici.

La chiesa – cenni storici

Il monastero di Santa Maria del Patire, noto sotto il nome di Pàthir o Patire, sorse all'inizio del secolo XII, ad opera di Bartolomeo da Simeri, Abate di Grottaferrata, discepolo e primo successore di San Nilo, in una regione che, a causa delle dominazioni succedutesi nei secoli, è stata artisticamente influenzata da Goti, Normanni, Longobardi, Saraceni e Bizantini.

Il monastero, sito in Rossano in provincia di Cosenza, visse il suo periodo di massimo splendore nel periodo compreso tra il XII e XIV secolo, accumulando tra l'altro nel corso degli anni un vastissimo e pregevolissimo patrimonio librario. La decadenza iniziò nel secolo XV-XVI, anche a causa dei numerosi terremoti. Oggi si conservano la torre campanaria ed alcune arcate del chiostro, su parte delle quali è intervenuta con opere di consolidamento, la Soprintendenza per i beni architettonici e per il paesaggio della Calabria.

Originariamente il complesso era costituito, oltre che dalla chiesa, da un chiostro di forma pressoché quadrata appoggiato al nord della chiesa a racchiudere un ampio cortile per tre lati circondato da un portico con arco a tutto sesto, e chiuso a ponente da una torre campanaria. La chiesa, parte più antica dell'intero complesso, manifesta tracce del periodo normanno. Essa è strutturata a tre navate orientate da levante a ponente. Il tetto è a capriata sulla navate centrale e a spiovente sulle navate laterali. Le tre absidi semicircolari, elevate su alta zoccolatura, sono decorate da uno spartito murario formato da cinque archeggiature a pieno centro poste su lesene che listano le pareti fino a terra. La chiesa è illuminata da una finestra che si ritiene di apertura posteriore a seguito del parziale rifacimento del mezzo tamburo; le finestre originarie si devono individuare in quelle attualmente obliterate, poste nelle archeggiature che decorano le absidi all'esterno.

Si conservano zone piuttosto estese dell'antico pavimento a mosaico con figurazioni, motivi decorativi e vistosa iscrizione presso l'ingresso del tempio. Recentemente è stata rifatta la pavimentazione non interessata dai mosaici con l'uso del cocciopesto. La facciata principale della chiesa esibisce una grande porta, ove probabilmente ve ne furono tre, con portale alquanto rimaneggiato.

Il rilievo effettuato e la strumentazione utilizzata

Il rilievo della chiesa dell'abbazia del Patire è stato suddiviso in due fasi. Una prima fase lavorativa grazie alla quale si è ottenuta una restituzione dell'esterno della chiesa, ed una seconda che ha permesso di definire nel dettaglio l'interno.

Il rilievo di inquadramento e dei punti di appoggio fotogrammetrici è stato effettuato con una stazione totale Leica 400 con precisione angolare di 5'' e distanziometro senza prisma.

L'inquadramento del rilievo è stato ottenuto con una poligonale chiusa, della quale sono stati rilevati tutti i lati ed angoli in modo da potere procedere a compensazione. La poligonale è stata sviluppata all'esterno del perimetro della chiesa con 11 stazioni. Le stazioni S4 e S9 (figura 1) sono state utilizzate per agganciare tre stazioni all'interno dell'edificio.

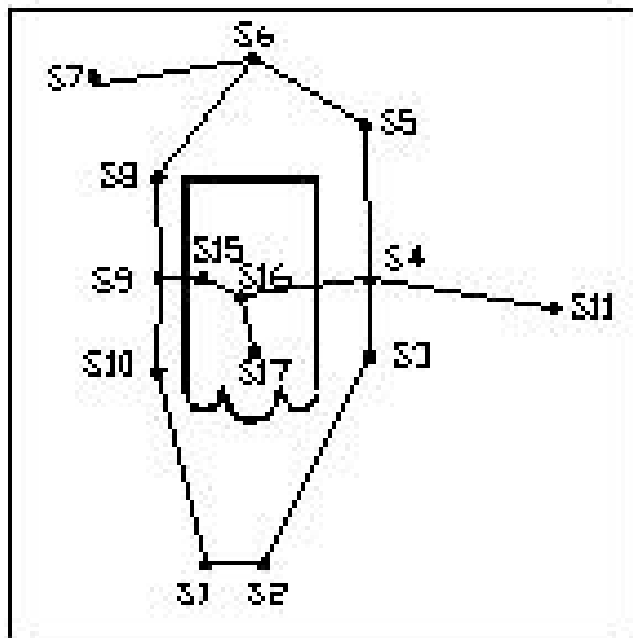


Figura 1 – Schema del rilievo di appoggio a terra

Il rilievo fotografico è stato effettuato mediante macchina digitale FujiFilm A300; si è fotografato l'intero corpo ed in ogni foto sono stati inglobati almeno cinque punti di coordinate note. Nelle figure 2 e 3 sono rappresentati i punti di appoggio fotogrammetrico rilevati per la zona absidale ed il fronte principale della chiesa. Ovviamente sono stati scelti quali punti di appoggio quelli più rappresentativi e riconoscibili quali spigoli di facciate, porte, finestre, etc. Per alcuni di questi sono state ricavate le coordinate da due punti stazione diversi in modo da eseguire un controllo della precisione delle misurazioni eseguite. Successivamente è stato effettuato il raddrizzamento fotografico delle singole prese utilizzando il software StereoView 300 della Menci Software di Arezzo.

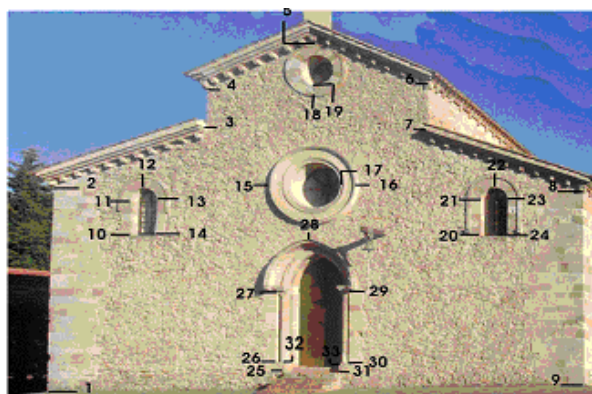


Figure 2,3 – Punti di appoggio sul fronte principale e sulla zona absidale della chiesa

In figura 4 è rappresentato il raddrizzamento di un fotogramma dopo le elaborazioni effettuate con il software StereoView 300.

La ridondanza di punti di appoggio per presa fotografica rispetto al numero minimo di quattro necessari per il raddrizzamento delle immagini ha permesso un controllo degli errori generati per effetto sia delle deformazioni dell'obbiettivo della macchina fotografica, sia degli scostamenti dei punti dal piano di raddrizzamento interpolante.

La mosaicatura dei fotogrammi raddrizzati è stata eseguita utilizzando i punti comuni alle prese, nella gran parte dei casi punti di appoggio rilevati a terra.

E' importante rilevare che i diversi fotogrammi raddrizzati e mosaicati sono stati referenziati rispetto ad un unico sistema di riferimento globale grazie al rilievo di inquadramento a terra e, pertanto, costituiscono nel loro insieme una rappresentazione tridimensionale della chiesa.



Figura 4 – In alto a sinistra il fotogramma originale, in alto a destra il fotogramma raddrizzato, in basso il fotogramma raddrizzato ed opportunamente ritagliato per la successiva mosaicatura.

Modellazione solida 3D

La modellazione 3D è stata eseguita in ambiente AutoCad utilizzando le funzioni “primitive” del programma che rappresentano solidi elementari (cilindri, coni, cubi etc.) ed ottenendo le geometrie più complesse del complesso monumentale eseguendo operazioni di unione, intersezione e sottrazione tra i solidi elementari. In questa fase si è integrato il rilievo fotogrammetrico con il rilievo manuale eseguito all’interno della chiesa per rappresentare correttamente elementi architettonici quali capriate, colonne etc. non rilevati per via fotogrammetrica.

In questo modo si è ottenuto prima il modello wireframe della chiesa del quale sono rappresentate due immagini nella figura 5, ove, per chiarezza di lettura, sono state volutamente occultate alcune linee di costruzione del modello.

Dopo avere modellato l’intero monumento, tramite l’utilizzo del software Artlantis 4, è stata composta tutta la scena in modalità rendering associando al modello wireframe, ove possibile, le immagini raddrizzate, ed altrimenti i materiali della libreria del software. Nelle figure 6, 7 e 8 sono rappresentate due viste esterne ed una interna della chiesa ove sono distinguibili i rendering ottenuti con materiali di libreria del programma e quelli ottenuti con le immagini fotografiche.

Utilizzando il software 3D Studio Max si è infine realizzato un filmato virtuale che permette una visualizzazione dinamica del modello.

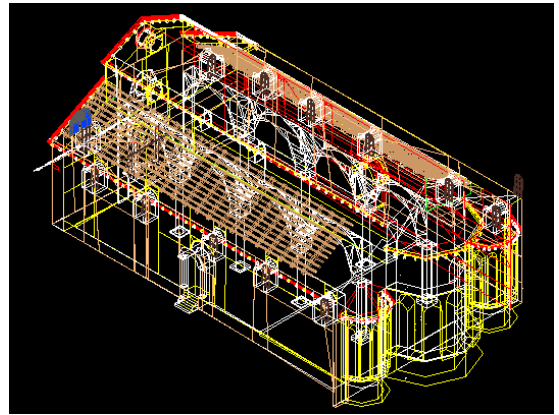
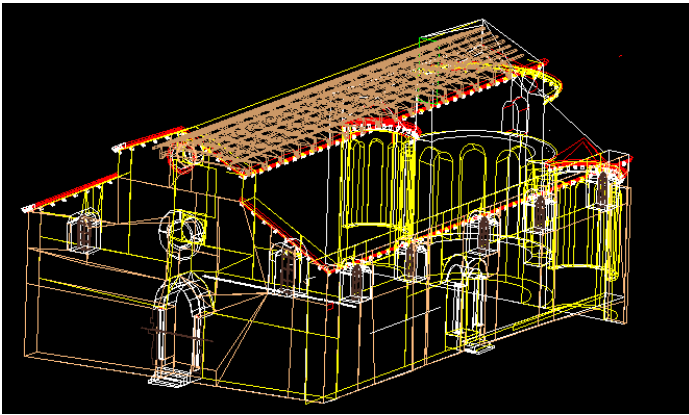


Figura 5 – Modello "Wireframe"



Figure 6, 7 – Rendering del modello: viste esterne



Rilievo con laser scanner

Il rilievo con laser scanner è stato eseguito utilizzando lo strumento HDS3000 della Leica Geosystems. Il campo di vista dello strumento è pari a $360^\circ \times 270^\circ$, lo spot size è minore di 6 mm e l'accuratezza di posizione è pari a 6 mm, per acquisizioni effettuate a distanza inferiore ai 50 metri.

L'elaborazione delle acquisizioni è stata effettuata con il software Cyclon. L'aggancio delle diverse prese è stato

Figura 8 – Rendering del modello: vista dell'interno della chiesa

realizzato utilizzando le mire a riconoscimento automatico fornite dalla casa costruttrice. Sono state eseguite in tutto circa trenta acquisizioni.

L'elaborazione delle nuvole di punti acquisite è stata eseguita dapprima eliminando i disturbi dovuti allo speckling e quindi effettuando lo smoothing ove necessario.

E' stata quindi creata la texture applicando i fotogrammi corrispondenti al modello tridimensionale realizzato.

Conclusioni

Il lavoro svolto ha evidenziato i vantaggi e gli svantaggi delle due tecniche di rilievo messe a confronto: il rilievo fotogrammetrico per raddrizzamento e quello eseguito con strumentazione laser scanner. Gli scostamenti tra le coordinate di punti di verifica scelti sui due modelli sono dell'ordine di alcuni cm, con un valore massimo di circa 10 cm. Allo scopo di ottenere un modello virtuale, la tecnica basata su fotoraddrizzamenti risulta, pertanto, più conveniente. Gli scarti ottenuti non sono più tollerabili se il rilievo è finalizzato al restauro, soprattutto per quanto riguarda elementi particolari (capitelli, basamenti, superfici curve), o alla determinazione di eventuali problemi strutturali (fuori piombo dovuti a cedimenti in fondazione). La realizzazione di un modello dettagliato che contenga anche le caratteristiche geometriche dei particolari costruttivi non può essere ottenuta per mezzo di fotoraddrizzamenti, a meno di non scomporre il modello in un numero elevatissimo di elementi piani, con conseguenti tempi di elaborazione e di rilievo molto lunghi.

Evidentemente il rilievo laser scanner consegue maggiore precisione e soprattutto consente una restituzione realmente tridimensionale dell'oggetto. Il raddrizzamento fotografico è in realtà una tecnica di rilievo bidimensionale che assume le caratteristiche di restituzione 3D solo dopo una opportuna mosaicatura delle prese raddrizzate e comunque mantiene tutte le limitazioni e caratteristiche intrinseche del rilievo 2D. D'altronde il costo delle strumentazioni utilizzate è di gran lunga superiore nel caso di rilievo laser scanner; nel caso di oggetti geometricamente semplici sono maggiori anche i tempi di elaborazione del rilievo che, dopo l'effettuazione delle prese richiede un notevole lavoro sia per l'aggancio delle prese, sia per la "pulitura" delle nuvole di punti acquisite in modo da eliminare tutti gli effetti di disturbo caratteristici.

Una logica indicazione porta a preferire il rilievo per raddrizzamento fotografico quando le superfici da rilevare siano facilmente scomponibili in un numero discreto e limitato di superfici approssimativamente piane. Nel caso invece di strutture architettoniche più complesse il rilievo 3D laser scanner, oltre a garantire una maggiore precisione ed affidabilità, risulta più economico.

Referenze

Artese G, Salemi G. (2002), "*Ortofoto 3D dinamiche: la ricostruzione dello Stradun di Dubrovnik*", Atti 6^a Conferenza Nazionale ASITA – Volume I – pp. 195 - 200

Artese G., Achilli V., Abitrante M. (2003), "*Dynamic 3D representation of architecture as a design tool: the old town of Cosenza*", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing - Vol. XXXIV 5/W12 Comm. V, pp. 28-33

Artese G., Trecroci A. (2005), "*Surveying ad cataloguing works of art of the Cosenza National Gallery: the statue "la Bagnante"*", Atti 2^a Workshop Italy-Canada – Padova - Maggio 2005 – CD ROM

Beraldin J.A., (2004), "*Integration of Laser Scanning and Close-range Photogrammetry – the last Decade and Beyond*", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. XXXV, PART B5, Commission V, pp. 210–215.