

IL RILIEVO LASER SCANNER APPLICATO ALLE SUPERFICI A CUPOLA IN PUGLIA

Domenica COSTANTINO, Maria Giuseppa ANGELINI, Giovanni CAPRINO

DIASS - Politecnico di Bari, Facoltà di Ingegneria, v.le del Turismo, 8 – 74100 Taranto
E-mail: d.costantino@poliba.it; tel. +39 99 4733215; fax +39 99 47733304

Abstract

A 3D model has integrated information that can be analyzed, increased and used for enlarging the knowledge of a site. The three-dimensional reconstruction is important for all that sites of artistic historical interest whose documentation and metric reconstruction are fundamental for the study and the cataloguing, for interventions of restoration or improvement faithful to the native shape. The led application has put in evidence the possibility to use the laser scanner technique for surveys of architectural sites to the purposes of the study of the vaults geometry. The survey of these geometries is of difficulty solution through the traditional methodologies. Today the only photogrammetrical methodology has brought to satisfying results, seen the good precisions obtainable, nevertheless, this methodology requires rather long times of elaboration. The laser scanning technique has allowed the digitalization and modelling of different geometries constituent some possible solutions of coverage with different shape and size. The choice of opportune algorithms of modelling has allowed the optimization of the mesh and its possible export in CAD format, preserving rigorously the aspect and the superficial metrics of it. A mathematical approach has been brought related to the analysis of the surfaces and their approximation/representation defining at first simplest geometries and verifying their correspondence with real objects. In the case of complex surfaces, not referable to any primitive (sphere, cylinder, cone, etc.), the mesh has been exported and managed with proper softwares of calculation and modelling.

Riassunto

Un modello 3D contiene informazioni integrate che possono essere analizzate, incrementate ed utilizzate per aumentare la comprensibilità di un sito. La ricostruzione tridimensionale è importante per tutti quei siti di interesse storico artistico la cui documentazione e ricostruzione metrica sono fondamentali per lo studio e la catalogazione, per interventi di restauro o risanamento fedeli alla forma originaria. L'applicazione condotta ha messo in evidenza la possibilità di utilizzare la tecnica laser scanner per rilievi di siti architettonici ai fini dello studio della geometria delle volte. Il rilievo di queste geometrie è di difficile soluzione mediante le metodologie tradizionali. Ad oggi la sola metodologia fotogrammetrica ha portato a risultati soddisfacenti, viste le notevoli precisioni ottenibili, tuttavia, tale metodologia richiede tempi di elaborazione piuttosto lunghi. La tecnica del laser scanning ha consentito la digitalizzazione e la modellizzazione di differenti geometrie costituenti alcune possibili soluzioni di copertura a volta aventi differenti forma e dimensione. La scelta di opportuni algoritmi di modellazione ha consentito l'ottimizzazione della mesh e la sua possibile esportazione in formato CAD conservandone rigorosamente l'aspetto e la metrica superficiale. È stato condotto un approccio matematico relativo all'analisi delle superfici e delle loro approssimazioni/rappresentazioni definendo dapprima le geometrie più semplici e verificandone la corrispondenza con oggetti reali. Nel caso di superfici complesse, non riconducibili a nessuna primitiva (sfera, cilindro, cono, ecc.), la mesh è stata esportata e gestita con opportuni software di calcolo e modellazione.

1. Modellizzazione tridimensionale

La ricostruzione tridimensionale dei siti di interesse storico artistico diviene fondamentale per la documentazione e ricostruzione metrica. Ad esempio, il modello 3D completo di un sito architettonico consente un eventuale studio per interventi di restauro o risanamento fedele della forma originaria. È auspicabile che questo risulti pratico ed efficiente, facilmente gestibile con strumenti commerciali e modificabile, pur conservando elevata risoluzione geometrica ed accuratezza. Ad oggi è possibile ottenere detti risultati grazie alle nuove tecnologie di rilievo in particolare attraverso la tecnica laser scanner la quale consente, in tempi decisamente rapidi, con precisioni adeguate ed integrandosi con tecniche già consolidate, di ottenere modelli 3D realistici dell'oggetto indagato. I risultati ottenuti consentono inoltre la costituzione di un archivio tridimensionale di valenza metrica in continuo aggiornabile, consultabile e altresì necessario per valutare eventuali fenomeni di degrado e danno.

1.1 Rilievi eseguiti

Si sono rilevate le chiese di San Benedetto in Brindisi, San Vito in Corato (*fig. 1*), Ognissanti in Valenzano, San Felice a Balsignano in agro di Bitonto (*fig. 2*), Santa Maria di Gallana in agro di Latiano e San Pietro in Masseria Seppanibale Grande in agro di Monopoli (*fig. 3*), con tecnica laser scanner.



Figura 1 – San Benedetto in Brindisi (a sinistra) e San Vito in Corato (a destra)



Figura 2 – Ognissanti in Valenzano (a sinistra) e San Felice a Balsignano in Bitonto (a destra)



Figura 3 – Santa Maria di Gallana in Latiano (a sinistra) e San Pietro in Masseria Seppanibale Grande di Monopoli (a destra)

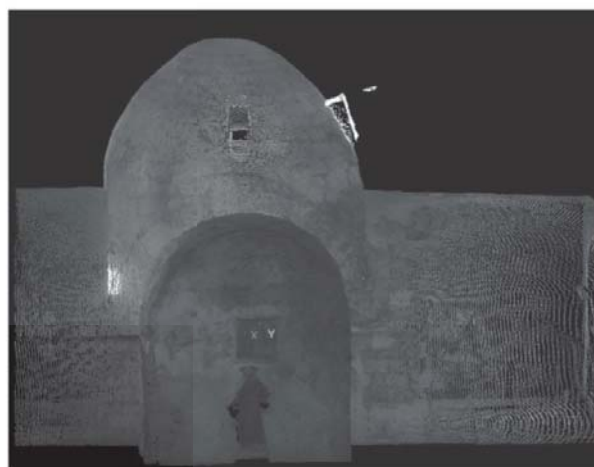
Il rilievo è stato eseguito mediante il laser scanner HDS 3000 Leica, predisponendo per ogni sito un eidotipo dell'oggetto da rilevare sul quale progettare le posizioni di acquisizione, il ricoprimento tra le scansioni adiacenti e il posizionamento di marker retroriflettenti per le operazioni di allineamento delle scansioni. Per ciascuna chiesa è stato, pertanto, redatto un progetto preliminare ed, inoltre, progettata l'eventuale integrazione di rilievo topografico per la generazione di punti di appoggio ausiliari necessari alla registrazione delle differenti scansioni. In quest'ultimo caso le operazioni di misura sono state eseguite con una stazione totale Leica TCRP 1201 Pin Point R300, mentre la compensazione è stata eseguita con il programma STARNET. Dai vertici di stazione sono stati collimati e monografati i punti naturali ed i targets necessari per l'appoggio nel sistema laser.

1.2 Elaborazione dei dati

Il processamento delle scansioni è stata eseguita con i software Cyclone attraverso un primo processo di filtraggio avviato nella fase di acquisizione ed il successivo processo di allineamento e registrazione delle scansioni in fase di elaborazione. Lo s.q.m. di registrazione ottenuto sulla quasi totalità delle constraints prodotte sui punti doppi riconosciuti è stimato tra 0,000 e 0,010 m. Successivamente è stata attuata l'integrazione dei dati mediante l'algoritmo ICP con processo semiautomatico identificando le aree di sovrapposizione tra le scansioni adiacenti (zone di overlap, indicate dall'operatore), basandosi su valori di confidenza opportuni; i risultati sono stati ottimizzati e presentano s.q.m. ridotti (*fig. 4*).



San Vito



Santa Maria



Ognissanti



San Felice

Figura 4 – Model Space completi delle chiese

A partire dalla nuvola di punti (*Dense Digital Elevation Model*) è stato generato un modello di superfici (*Digital Surface Model*) costruito mediante maglie triangolari (*triangolazione di Delaunay*), mediante le differenti metodologie previste in Cyclone: Al fine di poter scegliere il giusto algoritmo si è divisa ciascuna Scan in Sub-Scan che riproducessero le geometrie elementari, scegliendo di volta in volta la TIN, la Basic e Complex Meshing rispettivamente a seconda che si potessero riconoscere superfici normali alla presa laser, superfici riconducibili a piani o proiezione di esse ovvero a superfici curve.

Nel software indicato, la fase di mesh, è stata eseguita per ciascuna chiesa o particolare di essa producendo una rappresentazione visivamente più intuitiva (fig 5).

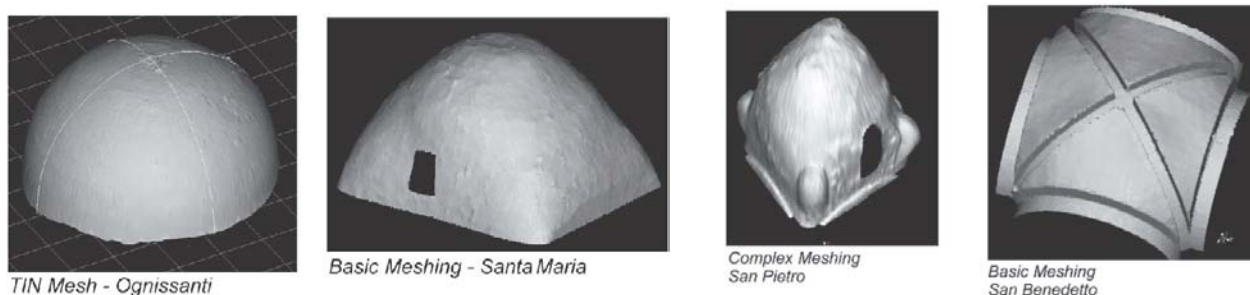


Figura 5 - Mesh delle volte

2. Risultati della modellizzazione

La scelta di opportuni algoritmi di modellazione ha consentito la decimazione della mesh e la sua facile esportazione in formato CAD conservando rigorosamente l'aspetto e la metrica superficiale.

La disponibilità dei modelli geometrici generati ha permesso un approccio matematico sulle superfici e sulle loro geometrie. Attraverso l'opzione di FIT Points Cloud prevista nel software è stato possibile dedurre le geometrie più semplici (così come riconoscibili all'interno del processo). Un esempio è rappresentato dalla cupola di Ognissanti sulla quale è stato avviato il processo di *fitting* (fig. 6). È possibile indagare sui parametri geometrici dell'oggetto e di verificarne la loro corrispondenza con gli oggetti reali.

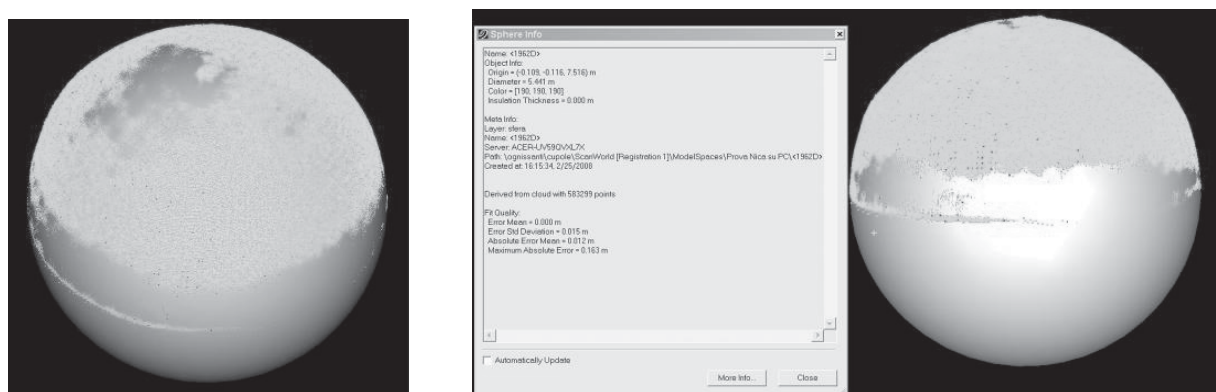


Figura 6 – FIT Points Cloud e Test fitting

A tal fine è stato realizzato un diagramma relativo alla dispersione dei punti attorno al valore geometrico trovato. È possibile osservare come in assoluto il valore massimo della dispersione e dello stesso ordine di grandezza della precisione del metodo e del relativo passo do griglia.

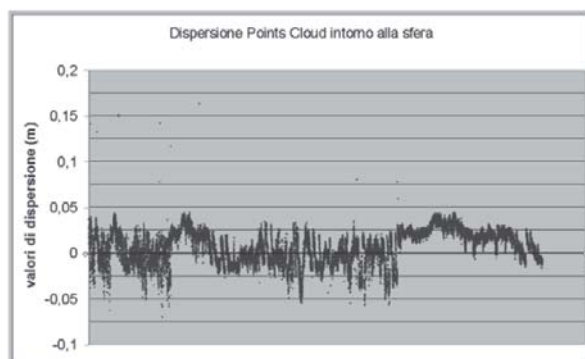


Figura 7 – Diagramma di dispersione dei punti

Nel caso di superfici complesse, non riconducibili a nessuna di quelle elementari contemplate nel software Cyclone (sfera, cilindro, cono, ecc.) ed al fine di generare la superficie di sviluppo della superficie, la mesh è stata esportata e gestita con software di calcolo e modellazione (fig. 8). Sono state estratte le primitive principali corrispondenti ad elementi geometrici parametrizzabili e sono state scelte funzioni di sviluppo in grado di rappresentarle. È il caso della cupola della chiesa di San Pietro riportata nella figura seguente. In essa sono stati riscontrati tre elementi di superficie caratteristici che sono stati combinati al fine di generare una geometria complessiva.

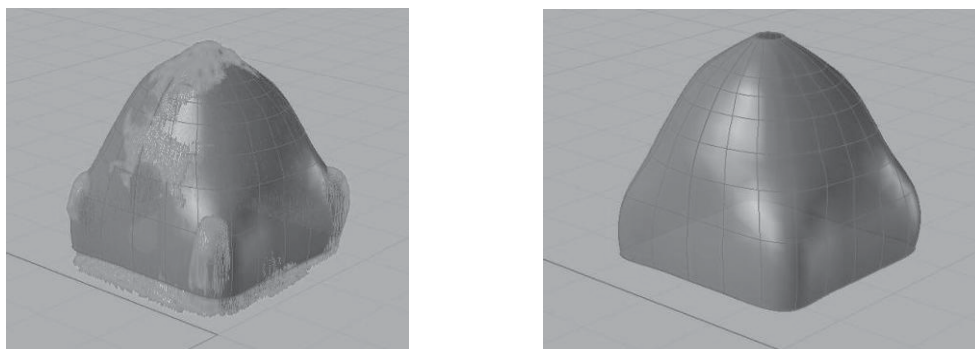


Figura 8 – Calcolo e modellazione

La possibilità di acquisire, dalla scansione laser, le radiometria dell'oggetto rilevato, l'eventuale informazione RGB ha consentito di poter avviare il processo di texture mediante i punti omologhi tra l'informazione laser e l'immagine fotografica. Ottenuta la texture di un qualsiasi elemento costituente l'oggetto rilevato è possibile ottenere ortofoto conservanti la metrica e la precisione del rilievo (fig. 9).



Figura 9 – Ortofoto

3. Conclusioni

Sono state analizzate una serie di elementi aventi differenti caratteristiche tra le quali le più significative sono state la cupola di Santa Maria e quella di San Pietro. Osservando la molteplicità di soluzioni che si presentano sul tema delle cupole, a fronte di una scarsa conoscenza geometrica specifica (dettata sino ad oggi dall'impossibilità di eseguire misure così dettagliate) si è potuto constatare come l'utilizzo della tecnica laser con l'ausilio di procedure geometriche e software di modellazione sia di notevole interesse ed applicabilità in questo campo sia per l'analisi che per una classificazione architettonica dei modelli costruttivi.

Bibliografia

- A. Capra, D. Costantino, R. Maggi (2003), *“Applicazioni di fotogrammetria e laser scanner terrestre alle Colonne del Tempio di Poseidone, Taranto”*. Atti della 7^a Conferenza ASITA, I vol., pp. 591-596 – Ed. Artestampa s.a.s., Galliate Lombardo (VA).
- M. G. Angelini, A. Capra, D. Costantino, A. Galeandro, E. Putignano, S. Todaro (2004), *“Metodi di rilievo applicati a Chiese rupestri: Chiesa di Lama D'Antico”*. Atti del Convegno eArcom Tecnologia per comunicare l'architettura – Ancona, pp. 50-55 – CLUA Edizioni (AN).
- D. Costantino, A. Capra, M. G. Angelini (2005), *“Virtual reconstruction of damaged decorative elements”*, Workshop Italy-Canada “3D Digital Imaging and Modeling: Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land” – Padova.
- A. Capra, D. Costantino, G. Rossi, M. G. Angelini, M. Leserri (2005), *“Survey and 3D modelling of Castel del Monte”* - CIPA 2005 - XX International Symposium – International Cooperation to save the World's Cultural Heritage – Torino, pp. 183-188.
- M. G. Angelini, D. Costantino, G. Rossi, M. Leserri (2006), *“Modellizzazione 3D mediante rilievo integrato dell'area urbana “Porta Napoli”*, Convegno SIFET “Le nuove frontiere della modellizzazione 3D”, CD Rom.
- M. G. Angelini, D. Costantino (2006), *“Ricostruzione tridimensionale per l'analisi del restauro della Chiesa di Cristo la Selva nella gravina di Matera”*, Convegno SIFET “Le nuove frontiere della modellizzazione 3D”, CD Rom.
- D. Costantino, M. G. Angelini, G. Caprino (2007), *“Rilievo integrato per ricostruzione 3D e analisi speditiva degli affreschi - Cristo la Selva”*, 11^a Conferenza ASITA, vol. I, pp. 809-816.
- D. Costantino, M. G. Angelini, G. Caprino (2007), *“Rapid approach of integrated survey for the conservative analysis of pictures”*, The ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXVI – 5/C53.
- El-Hakim S. F. (2001), *“Three-dimensional modelling of complex environments”*, SPIE Proc., vol. 4309, Videometrics and optical methods for 3D shape measurements, San Jose.
- Xie W., Zhang Z., Zhang J. (2004), *“Multi-image based camera calibration without control points”* XXth ISPRS Congress - Istanbul, Turkey Commission 5.
- AAVV (2008), *“Spazi e culture del mediterraneo”*, *Architetture e luoghi del mediterraneo- Ricerca PRIN 2005*, Edizioni Kappa - Roma

Ringraziamenti

The Engineering Faculty of Taranto of the Technical University of Bari has financially supported the participation of the authors at the conference, using funds of the Provincia di Taranto for the support of the faculty's didactic and scientific activities.