

LA MODELLAZIONE 3D

APPLICATA AI BENI CULTURALI:

LA PIEVE DI SAN GIOVANNI BATTISTA A CAVRIGLIA

di Elisa Rizzo

Sperimentazione ed applicazione integrata di due metodologie di rilievo, il laser scanning terrestre ed i sistemi fotogrammetrici *Image-based*, al fine di ottenere un modello tridimensionale fotorealistico, utile per l'estrazione di informazioni metriche, l'analisi e la divulgazione di beni architettonici.

Le moderne tecnologie di rilevamento nell'ambito dei Beni Culturali offrono nuove prospettive di applicazione sia per quanto riguarda l'acquisizione del dato metrico, sia per quanto concerne l'elaborazione e la successiva rappresentazione di oggetti di interesse archeologico e storico-artistico. In tale ambito disciplinare il rilevamento costituisce il momento primario e imprescindibile per la conoscenza metrica del bene monumentale, svolgendo altresì un ruolo fondamentale nella lettura, interpretazione e conseguente divulgazione del complesso architettonico. In tal senso un approccio metodologico che preveda l'integrazione di differenti tecniche geomatiche consente l'ottenimento di un prodotto tridimensionale dalle elevate caratteristiche qualitative senza mai compromettere l'accuratezza e l'affidabilità delle misure.

Il presente lavoro intende tracciare un percorso di sperimentazione ed integrazione di due metodologie di rilievo, il laser scanning terrestre e la fotomodellazione per applicazioni di *reverse engineering* nell'ambito dei Beni Culturali. L'intento è quello di definire la mutua comparazione ed i reciproci benefici tra i due diversi sistemi di documentazione tridimensionale. L'integrazione delle due metodologie, in grado di fornire in modo indipendente gli elementi necessari alla modellazione tridimensionale, è stata qui utile a risolvere talune problematiche che si riscontrano nell'utilizzo univoco delle due procedure: nella fattispecie l'impossibilità di acquisire immagini da più punti di vista (soprattutto senza l'ausilio di UAV) per la fotomodellazione e la difficoltosa gestione della strumentazione in spazi angusti o con innumerevoli occlusioni, per il laser scanner *medium range*



FIG. 1 - LA PIEVE DI SAN GIOVANNI BATTISTA (RETRO).

qui impiegato, al fine di registrare quei minuti particolari architettonici altrimenti esclusi, o poco caratterizzati, nelle superfici scansionate. I notevoli progressi legati alla *Computer Vision* ed in particolare agli algoritmi di *Structure From Motion*, in virtù dell'economicità degli strumenti e dell'elevato livello di automazione, hanno aperto nuove prospettive nel settore archeologico e storico-artistico. La carica di rinnovamento di siffatto strumento di modellazione tridimensionale infatti si esplicita nello sviluppo di *software low cost* (come Photoscan) e addirittura *open source*. Gli algoritmi SfM, tuttavia, non garantiscono l'accuratezza propria dei sistemi di rilevamento strumentale indiretto; cionondimeno le tecniche proiettive della CV, lungi dall'essere unicamente soluzioni *push-button*, possono essere efficacemente affiancate ad approcci più tradizionali al fine di ottenere, soprattutto nell'ambito dei Beni Culturali, ricostruzioni tridimensionali più che soddisfacenti.

La ricerca è stata in particolare condotta su un monumento di notevoli dimensioni e di pregevole fattura architettonica: la Pieve di San Giovanni Battista a Caviglia (AR), edificata intorno all'XI secolo. Il metodo laser scanner è stato utilizzato per acquisire l'intero corpo di fabbrica della chiesa plebana; si è invece ricorso alla fotomodellazione per la registrazione di particolari minuti o di articolata conformazione. Le fasi di lavoro successive hanno comportato la pulizia delle *range maps*, l'allineamento delle scansioni, una lunga fase di *editing*, al fine di rimuovere il gran numero di elementi di disturbo e ricostruire le superfici obliterate, ed infine la fase concernente il *texture mapping*.

LA PIEVE DI SAN GIOVANNI BATTISTA A CAVRIGLIA

La Pieve di San Giovanni Battista (Fig. 1), ricordata per la prima volta in documenti risalenti all'XI secolo, svolse un ruolo di primo piano nell'organizzazione ecclesiastica medievale valdarnese, detenendo la giurisdizione sul vasto territorio compreso tra la sponda sinistra dell'Arno e i Monti del Chianti (Repetti 1933-46). L'attuale conformazione strutturale della pieve è il risultato di numerosi e radicali rimaneggiamenti avvenuti soprattutto nel 1779. Tracce del primitivo impianto romanico sono ravvisabili solo nelle strutture perimetrali, nei pilastri e nell'abside sul cui paramento murario esterno si alternano fasce di alberese e di arenaria. Recentemente ripristinata, la chiesa presenta un moderno prospetto a doppio spiovente ed un portale coronato da una lunetta, in terracotta policroma e invetriata, riferita a Benedetto Buglioni e raffigurante *San Giovannino nel deserto* (databile intorno al 1500). Una torre campanaria, di moderna edificazione, è addossata al fianco destro dell'edificio (Moretti-Stopani 1974). La pieve presenta una pianta a tre navate divise da cinque valichi su pilastri a sezione rettangolare, concluse da un'unica abside e coperte da volte a crociera; le trasformazioni apportate internamente tra il 1749 ed il 1815 da Francesco Burzagli da Moncioni denotano un ricco decorativismo di gusto tardo barocco, enfatizzato da stucchi e finti marmi.

FASI DI LAVORO

Le fasi della *pipeline* di scansione 3D (Fig. 2), integrate a quelle della tecnica fotogrammetrica, possono essere così sintetizzate:

- ▶ Rilievo Laser Scanning
- ▶ Rilievo fotografico e fotogrammetrico
- ▶ Elaborazione dei dati

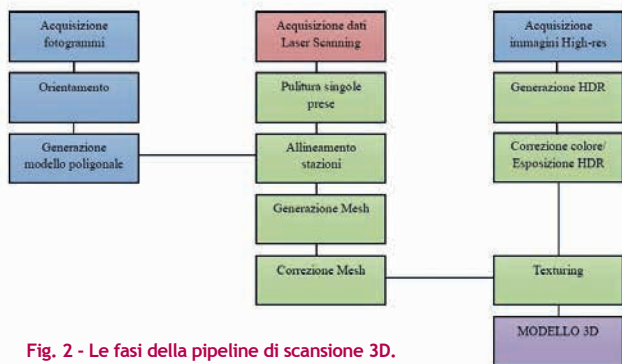


Fig. 2 - Le fasi della pipeline di scansione 3D.

RILIEVO LASER SCANNING

La campagna di rilievo della Pieve di San Giovanni Battista si è svolta in due giornate di attività sul campo ed è stata effettuata con lo scanner terrestre a tempo di volo ScanStation 1 della Leica Geosystems. Si tratta di uno strumento ad alta velocità con accuratezza di tipo topografico, con un campo di visibilità (FOV- *Field of View*) di 360° sull'asse orizzontale e 270° sull'asse verticale. La portata massima del dispositivo è di circa 300 m su superfici altamente riflettenti; l'accuratezza strumentale nominale nella determinazione delle coordinate spaziali dei punti rilevati varia, alla distanza di 50 m dall'oggetto, dai 4 ai 6 mm. Tra le prestazioni operative, la Leica Geosystems dichiara una densità massima di scansione pari a 1,2 mm, con la possibilità di selezionare una griglia di scansione definibile in senso orizzontale e verticale, e una frequenza di acquisizione pari a 4000 punti/sec.

Le scansioni sono state effettuate da dieci stazioni posizionate intorno all'edificio ad una distanza media di circa 10 m (Fig. 3); la progettazione della campagna di acquisizioni è stata realizzata in funzione del metodo scelto per l'allineamento, l'*Iterative Closest Point*, un algoritmo iterativo che richiede una parziale sovrapposizione delle nuvole di punti. Le scansioni sono state impostate ad una risoluzione di 5 mm e, laddove la sovrapposizione risultava molto ampia rispetto a quella precedente, si è ritenuta sufficiente una più bassa risoluzione spaziale (1 cm), in modo da ottenere una maglia di informazioni densa ma al contempo facilmente gestibile. In particolare è stata effettuata una postazione frontale nella facciata della pieve (S1), due davanti al muro perimetrale a nord (S3-S4), una scansione dell'angolo tra la facciata e la parete nord (S2), due, ad una distanza di circa 5 m, per meglio cogliere i particolari dell'abside (S9-S10) ed una dello spigolo posto tra la parete nord e quella est (S8), ove è ubicato l'attuale Oratorio della Pieve. Si è difatti ritenuto opportuno inglobare nel modello tridimensionale siffatto edificio, benché moderno, al fine di fornire una lettura architettonica più chiara e meglio inserita nel contesto urbano odierno. Le tre scansioni rimanenti (S5-S6-S7) sono invece state eseguite ad una distanza di circa 20 metri in modo da garantire una raccolta quanto più completa dei punti ricadenti sull'intera parete est ed inglobare il piano superiore dell'oratorio, la parte sommitale della chiesa e due lati del campanile.

Sfortunatamente non è stato possibile l'ottenimento di una totale mappatura delle superfici, in quanto la visione della facciata dell'edificio risultava ostruita, alla base, da imponenti vasi da fiori, mentre all'abside quasi si addossava un rigoglioso albero di ulivo. Per quanto concerne il campanile poi, l'elevata altezza dello stesso non ha consentito di rilevarne le svariate zone d'ombra, determinate dalle parti aggettanti della costruzione.

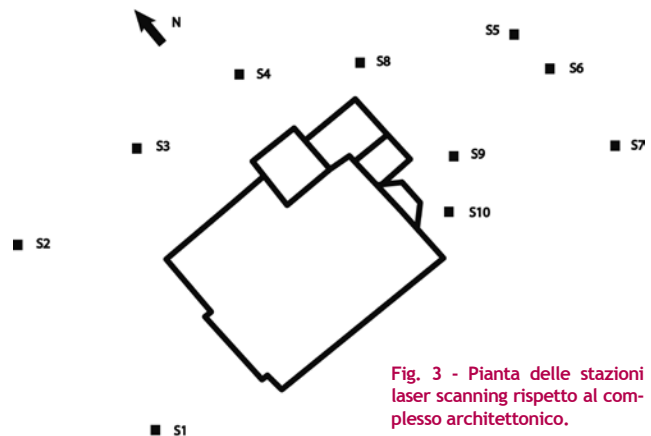


Fig. 3 - Pianta delle stazioni laser scanning rispetto al complesso architettonico.

RILIEVO FOTOGRAFICO E FOTOGRAMMETRICO

La campagna di rilevamento fotografico ha riguardato sia l'acquisizione di immagini *High Dynamic Range*, per il *texture mapping*, sia la registrazione di fotogrammi per l'esecuzione del rilievo fotogrammetrico.

Il rilievo fotografico è stato effettuato mediante fotocamera digitale Canon EOS 50D da 15 Megapixel con obiettivi 17-40 e 28-135 mm. Per ciascuna delle ventitré postazioni sono state eseguite cinque prese fotografiche a differenti esposizioni al fine di ottenere immagini nitide per ogni singola condizione di luminosità. A tal fine è indispensabile avere a disposizione un treppiede, per evitare che anche piccole vibrazioni compromettano l'acquisizione del fotogramma; risulta inoltre preferibile l'utilizzo di un obiettivo grandangolare che assicuri un'ampia superficie di abbracciamento, in modo da ottenere un numero ridotto di immagini ed agevolare così la fase di *post-processing*.

In questo frangente è stato difatti adoperato un obiettivo 17-40 mm per la ripresa dell'intero complesso architettonico, mentre per la lunetta raffigurante *San Giovannino nel deserto*, posta al di sopra del portale dell'edificio, si è ritenuto più vantaggioso l'utilizzo dell'obiettivo 28-135 mm. Il rilievo fotogrammetrico è stato eseguito su taluni particolari della pieve la cui visione risultava ostruita rispetto alla postazione del dispositivo laser o che apparivano scarsamente particolareggiati per la complessa ed articolata conformazione delle superfici. Mi riferisco in particolare alla lunetta la cui acquisizione, a causa della forte riflettività del materiale impiegato (terracotta invetriata) e per i limiti di risoluzione dello strumento che non scendono al di sotto dei 5 mm, risultava affetta da disturbi e quindi poco accurata. Sono stati poi rilevati dettagli riferibili alla facciata, come i lati dei pilastri modanati, e la parte inferiore di entrambe le porte bugnate che scandiscono il prospetto. È stata altresì eseguita l'acquisizione di parte della parete nord, laddove si addossano, alla chiesa plebana, i locali de "La Cantinetta" e l'Oratorio della Pieve, ove le registrazioni laser scanning sono state effettuate con una accuratezza spaziale di 1 cm in virtù del fatto che si trattava di edifici di moderna edificazione.

La fase di acquisizione delle prese è stata condotta con l'ausilio della macchina digitale summenzionata, mantenendo il diaframma con una apertura media in modo da mettere bene a fuoco l'intera scena, evitando gli effetti di diffrazione, ma senza diminuire eccessivamente la profondità di campo. Le superfici di interesse sono state quindi riprese con una serie di fotografie sovrapponibili, ottenute posizionando la camera intorno alla superficie da rilevare. I fotogrammi acquisiti sono stati elaborati con il software di fotomodellazione Agisoft Photoscan (Fig. 4); la procedura prevede le seguenti fasi:

- ▶ Calibrazione della macchina fotografica
- ▶ Allineamento dei fotogrammi
- ▶ Generazione della *mesh*
- ▶ Proiezione della *texture*

Le strategie per l'orientamento automatico che sfruttano gli applicativi della *Computer Vision* sono denominate *Structure From Motion* o *Structure And Motion*; tali algoritmi consentono di stimare simultaneamente i parametri di orientamento interno ed esterno e le coordinate dei punti oggetto. Per ottenere una ricostruzione ottimale della geometria dell'oggetto, è necessario effettuare una procedura di auto-calibrazione della camera utilizzata mediante un sistema risolvibile ai minimi quadrati (*bundle adjustment*), in cui possono essere inserite informazioni aggiuntive sul blocco (punti di appoggio, interdistanze note, ecc.); taluni software consentono pure l'esecuzione di una calibrazione *on-the-job*, ovvero nel corso e nelle condizioni effettive del rilievo. A questo scopo è stato qui utilizzato il reticolo di calibrazione, dalla conformazione a scacchiera, implementato all'interno del *software*.

Agisoft Photoscan, implementa l'algoritmo di *Feature Matching* in grado di estrarre informazioni invarianti rispetto a rotazioni, variazioni di scala e distorsioni radiometriche. Viene eseguita primariamente una selezione di entità distinte in tutti i fotogrammi (*feature detection*); si passa poi alla costruzione di una lista preliminare di coppie, corrispondenti sulla base di misure di similarità fra le entità, nella quale è presente una percentuale significativa di accoppiamenti errati; si giunge infine all'elaborazione di una

lista definitiva delle coppie, selezionate in base alla loro coerenza con un modello dell'oggetto. Gli elementi puntuali vengono selezionati dai cosiddetti *interest operators*, mentre quelli lineari dagli *edge detectors*. Perché la soluzione non sia deviata da false corrispondenze ed *outlier*, l'ultima fase di elaborazione richiede un algoritmo di calcolo sufficientemente robusto. Agisoft Photoscan utilizza in questo frangente un algoritmo simile al ben noto SIFT, ma che permette di ottenere un orientamento dei fotogrammi lievemente più accurato. Per quanto concerne la risoluzione dei parametri di orientamento interno ed esterno, il *software* utilizza un algoritmo *greedy* al fine di definire spazialmente le varie prese fotografiche e affina l'operazione mediante un algoritmo di *bundle adjustment* (REMONDINO-FRASER 2006). La generazione del modello poligonale infine può avvenire mediante differenti algoritmi di processamento; il metodo più veloce utilizza un approccio *multi-view*. In maniera analogamente automatica si è passati all'esecuzione delle ultime due fasi della consueta procedura di fotomodellazione: la generazione della *mesh* e la proiezione della *texture*.

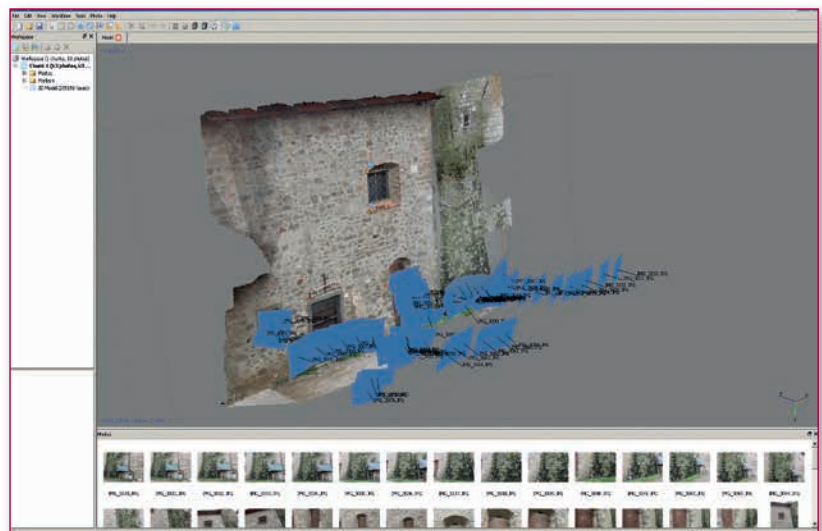


Fig. 4 - Screenshot del software Agisoft Photoscan.

ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione delle nuvole di punti acquisite è stata eseguita dapprima su Cyclone 6.0, software proprietario della Leica Geosystems, eliminando il rumore dovuto essenzialmente alla divergenza del fascio laser in presenza di angoli retti; durante la medesima fase è stata effettuata la pulitura di tutti gli elementi spuri o legati a disturbo come vegetazione, cavi elettrici, impianti di illuminazione ecc. Durante la fase successiva si è proceduto all'allineamento delle singole scansioni, mediante il software Polyworks Innovmetric, al fine di ottenere un'unica nuvola di punti (Fig. 5). Tale procedura è stata attuata mediante un algoritmo di *surface matching*, in particolare l'*Iterative Closest Point* (ICP), in grado di allineare le parti comuni delle scansioni adiacenti attraverso la minimizzazione delle distanze tra esse. Tale algoritmo, implementato nel modulo IMAlign del software, parte dall'allineamento approssimato di una coppia di scansioni effettuata mediante la rototraslazione per punti omologhi dell'una rispetto all'altra, per poi passare alla stazione successiva. La fusione delle porzioni scansionate è stata poi ottimizzata mediante la compensazione automatica del software attuata dal summenzionato algoritmo iterativo.

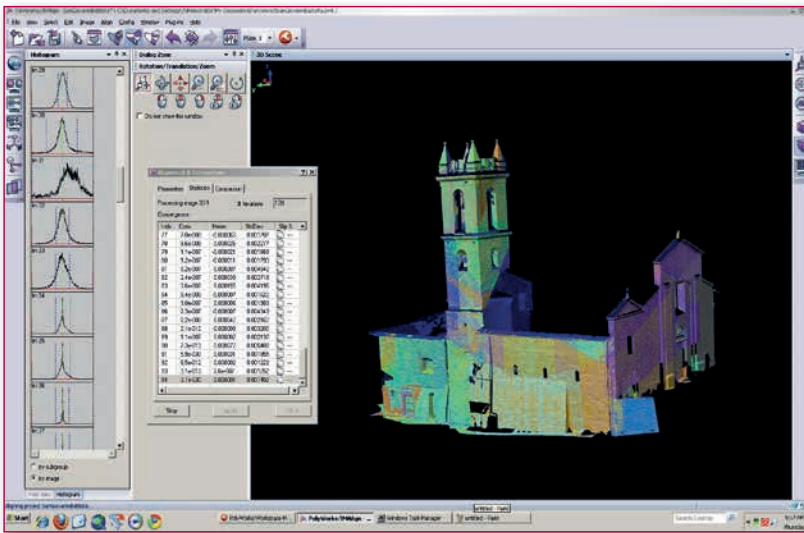


Fig. 5 - Allineamento delle scansioni laser e dei modelli derivanti dal rilievo fotogrammetrico in Polyworks Innovmetric.

L'allineamento dei modelli ottenuti tramite tecnica fotogrammetrica è stato similmente condotto sulle scansioni laser precedentemente orientate.

Dopo aver ridotto la sovrapposizione tra le *range maps*, sono stati impostati i parametri di interpolazione per la generazione della *mesh* poligonale, concernenti la massima distanza tra due punti da interpolare e la risoluzione. Il risultato prodotto è stata una superficie triangolata ad alta risoluzione che necessitava nondimeno di una accurata fase di *editing*; il modello ottenuto presentava infatti occlusioni medio-grandi, determinate da svariati elementi di disturbo, e vaste zone d'ombra originate dalla mancata registrazio-

ne, per ovvi motivi logistici, di talune superfici durante le fasi di acquisizione del monumento. Le porzioni lacunose sono state in tal modo ricostruite e corrette mediante i *tools* di estrusione, riempimento, creazione di nuovi triangoli e suddivisione degli stessi; la procedura ha comportato l'impiego di circa un mese di lavoro (Fig. 6). Contemporaneamente è stata attuata, in modo pressoché automatico, la procedura di fusione dei fotogrammi precedentemente acquisiti con la susseguente creazione di immagini HDR, mediante il *software* fotografico Photomatix Pro. Per ottenere un modello tridimensionale fotorealistico è stato necessario applicare le immagini ad alta risoluzione, ottenute mediante il *merge* HDR, ai vari frammenti del modello poligonale. Il processo di *texture mapping* è stato eseguito attraverso 3DReshaper, un *software* in grado di riconoscere e conseguentemente associare i punti omologhi presenti sul fotogramma e sul modello tridimensionale.

è stato necessario dunque individuare e selezionare almeno quattro punti omologhi, omogeneamente distribuiti, sulla superficie di ciascuno dei blocchi generati. Indispensabile è risultata pure la procedura di bilanciamento dei valori di esposizione dei singoli fotogrammi, a causa delle dissimili condizioni di luminosità durante le riprese. Il problema è risultato infatti ben evidente nella presenza di cuciture delle giunzioni dei singoli sottoinsiemi: la correzione radiometrica è avvenuta mediante l'utilizzo di appositi *software* grafici, quali Adobe Photoshop, impiegato pure per l'eliminazione sui fotogrammi degli elementi spuri e per la ricostruzione delle porzioni mancanti.

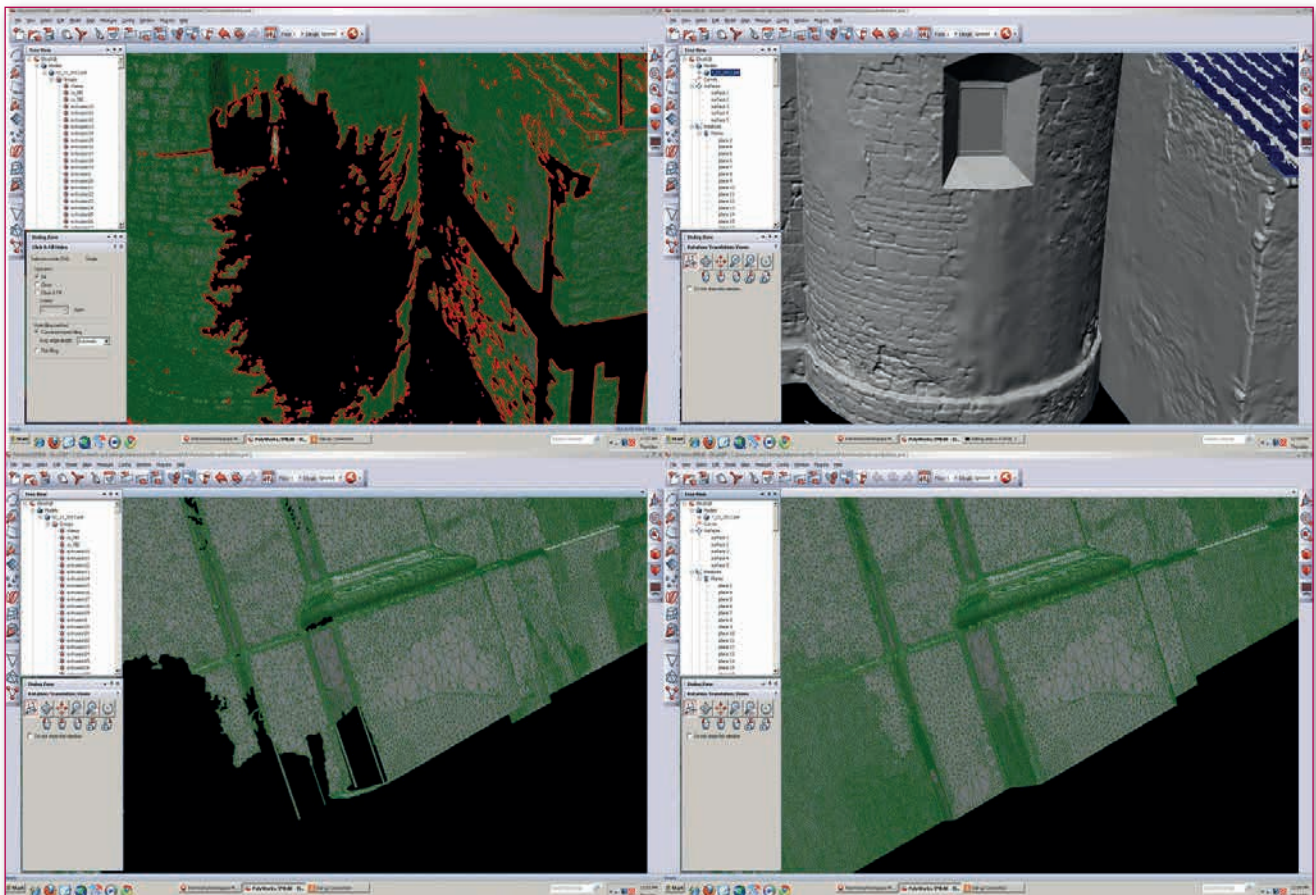


Fig. 6 - Occlusione dei buchi e correzione della mesh.



Fig. 7 - Il modello 3D fotorealistico della Pieve di San Giovanni Battista (facciata).



Fig. 8 - Particolare del modello 3D texturizzato (lunetta raffigurante San Giovannino nel deserto).

CONCLUSIONI

Il lavoro condotto ha consentito l'ottenimento di un modello tridimensionale fotorealistico e notevolmente accurato (Figg. 7-8), utile per l'estrazione di informazioni metriche. L'apporto della fotomodellazione è stato a tal fine soddisfacente, sebbene l'affidabilità di tali applicazioni sia considerata generalmente limitata. È stato infatti verificato come, alla fine del processo di allineamento, le nuvole di punti ottenute mediante acquisizione laser scanning e rilievo fotogrammetrico siano risultate perfettamente coincidenti.

In virtù dei risultati ottenuti è dunque possibile affermare che, nell'ambito dei Beni Culturali, l'impiego delle tecniche di fotomodellazione, a complemento dei sistemi di rilevamento strumentale diretto, offre innumerevoli vantaggi in termini di contenuto informativo della registrazione, rapidità di esecuzione, economicità degli strumenti e finanche di accuratezza della misura.

RINGRAZIAMENTI

IL PROGETTO È STATO SVOLTO PRESSO ATS - ARCHAEOLANDSCAPES TECH & SURVEY, SOCIETÀ SPIN OFF DELL'UNIVERSITÀ DI SIENA. RINGRAZIO IL PROF. CAMPANA PER AVERMI DATO LA POSSIBILITÀ DI SVOLGERE IL PROGETTO E PER AVER MESSO A DISPOSIZIONE LA STRUMENTAZIONE NECESSARIA. UN RINGRAZIAMENTO PARTICOLARE VA AL DOTT. MATTEO SORDINI CHE, CON PAZIENZA E DEDIZIONE, MI HA SOSTENUTA DURANTE TUTTO IL PERCORSO.

ABSTRACT

THIS PAPER AIMS TO TRACE A PATH OF EXPERIMENTATION AND INTEGRATION OF TWO SURVEY METHODS, TERRESTRIAL LASER SCANNING AND PHOTO-MODELING IN THE FIELD OF CULTURAL HERITAGE. THE AIM IS TO DEFINE THE MUTUAL COMPARISON AND RECIPROCAL BENEFITS BETWEEN THE TWO DIFFERENT SYSTEMS OF THREE-DIMENSIONAL DOCUMENTATION. THE RESEARCH WAS CARRIED OUT ON THE CHURCH OF SAN GIOVANNI BATTISTA IN CAVRIGLIA (AR), BUILT AROUND THE XI CENTURY. THE LASER SCANNING METHOD WAS USED TO SCAN THE ENTIREBODY OF THE BUILDING OF THE CHURCH; PHOTO-MODELING HAS BEEN USED INSTEAD FOR RECORDING OF SMALL PARTS OR ARTICULATED SHAPE.

PAROLE CHIAVE

BENI ARCHITETTONICI; LASER SCANNING TERRESTRE; SISTEMI FOTOGRAMMETRICI IMAGE-BASED

AUTORE

ELISA RIZZO - ELISA.RIZZO@ALICE.IT - ATS - UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA

BIBLIOGRAFIA

- Campana S., Sordini M., Rizzi A. & Remondino F. (2010) *Geomatics techniques for the 3D documentation and visualization of archaeological building*, Space, Time, Place, Third International Conference on Remote Sensing in Archaeology 17th-21st August 2009 Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India, BAR International Series 2118
- Cavada E. & Rapanà M. (2010) *Ruderi riletti: approccio e problemi di modellazione tridimensionale nel sito archeologico di Monte San Marino (Progetto Small-Trentino Sudoccidentale)*, *Archeologia e Calcolatori* 21, 145-165
- Fiani M., Menna F. & Troisi S. (2008) *Integrazione di Tecniche di Fotogrammetria e Laser Scanning per la modellazione 3D della carena di una imbarcazione*, Bollettino SIFET 1/2008
- Girardi S., Cavulli F., Voltolini F., Rizzi A., Remondino F., Pedrotti A. & Gonzo L. (2007) *Laser scanner e fotografia digitale per la modellazione e l'analisi di siti archeologici: il caso studio del riparo Gaban*, *Atti della 11ª conferenza nazionale della Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA)*, Torino 6-9 novembre 2007
- Lo Brutto M. & Spera M. G. (2011) *Sperimentazione di procedure automatiche in fotogrammetria close-range per il rilievo di Beni Culturali*, *Atti 15a Conferenza Nazionale ASITA*, Reggio di Calabria 15-18 novembre 2011
- Moretti I. & Stopani R. (1974) *Architettura romanica religiosa nel contado fiorentino*, Firenze
- Remondino F. & Fraser C. (2006) *Digital camera calibration methods: considerations and comparisons*, *IAPRS Volume XXXVI*, Part 5, Dresden 25-27 September 2006
- Remondino F. & El-Hakim S. (2006) *Image-Based 3d Modelling: A Review*, *The Photogrammetric Record* 21(115), 269-291
- Repetti E. (1833-1846) *Dizionario geografico fisico storico della Toscana*, Firenze

sjm Tech
3D Technologies & Multimedia

Soluzioni 3D
per la valorizzazione
dei **Beni Culturali**

- Trattamento dati cartografici e laser scanner
- Modellazione 3D fotorealistica
- Visualizzazione 3D real-time, tour virtuali
- Sviluppo applicazioni 3D interattive multiplatforma



www.sjotech3d.com | info@sjotech3d.com



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE



MicroGeo
www.microgeo.it



Fondazione per la ricerca
e l'innovazione
promossa dall'Università degli Studi di Firenze



Corso di perfezionamento in “Geomatica per la conservazione”

Il corso, diretto dalla professoressa **Grazia Tucci**, che all'Università di Firenze coordina il Laboratorio di Geomatica per la conservazione e la comunicazione dei beni culturali, propone un ciclo di incontri su argomenti legati al mondo della **geomatica**, delle **nuove tecnologie per il rilievo 3D**, della **gestione dei dati** e della loro **rappresentazione tridimensionale**, delle **tecniche di indagine diagnostica** come la **termografia**.

L'obiettivo è di fornire a laureati e professionisti, operanti all'interno di strutture pubbliche e private, **conoscenze teoriche e pratiche**, abilità e competenze necessarie ad affrontare il tema della misura 3D intesa come **scelta critica** e quindi come risultato di un processo interpretativo del fenomeno da modellare, base imprescindibile per ogni intervento sul costruito.

Ai partecipanti non sono richieste particolari competenze preliminari. Le lezioni presenteranno un **inquadramento teorico**, **casì applicativi significativi**, **esercitazioni pratiche**. I docenti sono stati individuati, sia in ambito accademico che professionale, tra i principali esperti nazionali nei vari argomenti affrontati.



Il corso è costituito da 7 moduli teorici, della durata di 12 ore e da un workshop applicativo, della durata di 36 ore:

- 01 - Rilievo topografico per l'architettura e l'archeologia - (12 ore)
- 02 - Sistemi a scansione per il rilievo architettonico e urbano - (12 ore)
- 03 - Sistemi "image-based" per la generazione di modelli 3D - (12 ore)
- 04 - Digitalizzazione di reperti archeologici e di opere di arte plastica con scanner a triangolazione - (12 ore)
- 05 - Tecniche termografiche per la diagnostica dei beni culturali - (12 ore)
- 06 - Mobile mapping e sistemi UAV - (12 ore)
- 07 - Strumenti e tecniche di monitoraggio - (12 ore)
- 08 - Workshop "3D digital heritage" - (36 ore)

I moduli didattici sono strutturati su una giornata e mezza: le lezioni si tengono il venerdì ed il sabato mattina, dal 28 febbraio al 12 aprile, il workshop applicativo nei giorni di venerdì e sabato, dal 9 al 24 maggio. Gli 8 moduli possono essere frequentati complessivamente o singolarmente.



Docenti

Prof.ssa Grazia Tucci - UniFI
Dott.ssa Valentina Bonora - UniFI
Prof. Alessandro Capra - UniMoRe
Dott.ssa Daniela Cini - UniFI
Prof. Francesco Guerra - IUAV
Dott. Fabio Remondino - FBK
Prof.ssa Elisabetta Rosina - PoliMi

Con la partecipazione di Microgeo S.r.l.,
Leica Geosystems S.p.A., Metrologia S.p.A.

Costo

Il costo dei singoli moduli teorici è di 150 €; il costo del workshop finale è di 400 €; è possibile iscriversi all'intero corso al costo di 1.200 €. Sono previste riduzioni per giovani laureati e iscritti al Collegio dei Geometri.

Proposta di riconoscimento crediti

Alla frequenza al corso sono riconosciuti 20 CFU (Crediti Formativi Universitari). E' stato richiesto il riconoscimento di CFP (Crediti Formativi Professionali) al Consiglio Nazionale degli Architetti.

Termine di iscrizione

22 febbraio 2014

Maggiori informazioni

Lab. GeCo - 055 27 56 570
www.geomaticaeconservazione.it
info@geomaticaeconservazione.it

Il bando e il modulo di iscrizione saranno disponibili, da gennaio, sul sito www.unifi.it seguendo il percorso > **Studenti** > **Corsi di perfezionamento**.