

IL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO DEL CASTELLO DI MAREDOLCE A PALERMO

MARIA LUISA COSTANZO, SUSANNA GRISTINA, SALVATORE PROVENZANO

INTRODUZIONE

Le tecniche di rilievo fotogrammetrico stanno trovando un sempre più largo impiego nel campo dei BB.CC. Esse consentono una rappresentazione dei manufatti con un'elevata cura del dettaglio geometrico mediante la restituzione vettoriale ed una elevata definizione degli aspetti materici degli oggetti attraverso la realizzazione di fotopiani, che forniscono informazioni sia metriche che qualitative dell'oggetto. Tali tecniche costituiscono, pertanto, un fondamentale strumento di supporto alle attività di diagnostica e restauro dei monumenti antichi.

Il ricorso alle tecniche di rilievo fotogrammetrico si è rivelato particolarmente utile ai fini della rappresentazione e comprensione del Castello di Maredolce di Palermo, caso studio affrontato nell'ambito del Master in "Tecniche avanzate di rilevamento, rappresentazione e diagnostica per la conservazione e la fruizione dei BB.CC." promosso dall'Università degli Studi di Palermo nell'a.a. 2011-2012.

Il presente scritto illustrerà le procedure di rilievo fotogrammetrico relative ai prospetti del Castello esposti a NE, SE e SO: la facciata NO, caratterizzata da problematiche differenti riguardo al rilievo, è stata



Fig. 1 Vista aerea del Castello di Maredolce



Fig. 2 Vista del Castello dall'area a NE lambita dal lago



Fig. 3 Vista aerea del Castello di Maredolce



Fig. 4 Vista del Castello dall'area a SO

invece rilevata da un'altra squadra di lavoro.

Obiettivo finale del lavoro è stata la realizzazione dei fotopiani e la modellazione 3D image-based del Castello a partire da un blocco fotogrammetrico orientato e georiferito.

DESCRIZIONE DELL'AREA DI STUDIO E PROBLEMATICHE DI RILIEVO

Il Castello di Maredolce si erge in un'area immersa nell'aggregato urbano della periferia sud-est di Palermo. Prospetta a SO e SE su un'area a verde agricolo e su un bacino d'acqua (l'antica peschiera); il prospetto NE, caratterizzato da una risega, è invece fronteggiato dai retrospetti di una stecca d'edilizia di borgata.

Pur disponendo di una vasta area libera in cui potere effettuare le prese, le operazioni di rilievo sono state condizionate dalla geometria dell'edificio (presenza di riseghe), dai dislivelli del suolo (dovuti sia alla morfologia del luogo che ai lavori di scavo in corso), dalle condizioni di illuminazione dei prospetti da rilevare (non uniforme nelle varie ore del giorno), dalla presenza del lago e dall'eccessiva prossimità all'edificio di alberature (a ridosso dei fronti SO e SE) e pali della luce (che, con la loro presenza fisica e la proiezione delle ombre sui prospetti, hanno talora inficiato la buona riuscita delle prese fotografiche).

METODOLOGIA E FASI OPERATIVE DEL RILIEVO

Le fasi operative del rilievo sono consistite in:

- Sopralluogo preliminare
- Progetto ed esecuzione delle prese fotografiche
- Progetto ed esecuzione della rete topografica per il rilievo dei punti di appoggio
- Calibrazione della camera
- Calcolo e compensazione della rete di inquadramento
- Elaborazione ed orientamento finalizzato alla produzione del blocco fotogrammetrico
- Elaborazione ed orientamento finalizzato alla produzione dei fotopiani
- Post elaborazione e restituzione dei fotopiani
- Post elaborazione e modellazione tridimensionale texturizzata a partire dal modello fotogrammetrico.

La strumentazione utilizzata è stata una fotocamera Nikon D90, (con sensore da 12.3 megapixel, per una risoluzione massima di 4.288x2.848 pixel) per la realizzazione del blocco fotogrammetrico; ed una camera digitale Nikon D80, (con sensore da 10 megapixel, per un formato massimo di 3.872x2.592 pixel) per la realizzazione dei fotopiani. Entrambe le fotocamere, non essendo metriche, sono state calibrate al fine di ridurre l'entità degli errori sull'immagine, conoscendo i parametri che descrivono la distorsione.

Parametri della camera Nikon D90				
Fotocamera	Nikon D90			
Tipo Sensore	CMOS			
Dimensioni Sensore (mm)	x=	23,6	y=	15,8
Dimensioni Immagine (px)	x=	4288	y=	2848
Dimensione Pixel (mm)	x=	0,0055	y=	0,00
Parametri di presa con Nikon D90				
Distanza Focale	24	mm	0,0	m
Distanza di presa	15	m	15	mm
Scala del fotogramma (N)	625	o	1/6	
GSD	3,44	mm	0,0	m
Abbracciamento longitudinale(x)	14,75	m		
Abbracciamento trasversale(y)	9,80	m		
Ricoprimento longitud.(60-80%)	0,8			
Base di Presa	2,95	m		

Tab. 1 Parametri per la realizzazione del blocco fotogrammetrico



Fig. 5 Schema delle prese per il blocco fotogrammetrico



Fig. 6 Calibrazione della camera

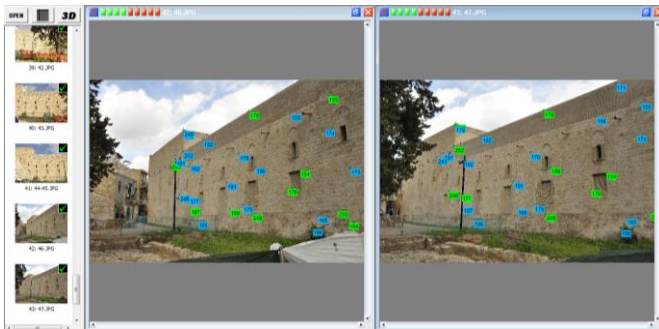


Fig. 7 Collimazione di punti di legame e orientamento relativo tra i fotogrammi

Considerata la conformazione geometrica piuttosto regolare del manufatto e le sue caratteristiche evidenziate nei sopralluoghi, si è proceduto al progetto delle prese, stereoscopiche (lungo i prospetti) e convergenti (sugli spigoli) per il blocco fotogrammetrico, singole per la realizzazione dei fotopiani.

Scelta la scala 1:50 come scala di rappresentazione del manufatto, si è proceduto alla scelta della distanza di presa più opportuna e della distanza focale della camera, e si sono calcolati la base di presa, l'abbracciamento longitudinale e trasversale, la scala media dei fotogrammi, il GSD (*Ground Sample Distance*) e la risoluzione delle immagini.

Nel progettare le prese si è perseguito l'obiettivo di poter riprendere in altezza gli interi prospetti, quando possibile, e di fare in modo che l'oggetto del rilievo sul fotogramma potesse ricadere al centro dello stesso e non sui bordi, dove vi è maggiore distorsione ed aberrazione.

Avendo effettuate le prese secondo gli schemi prestabiliti, si è proceduto all'elaborazione ed all'orientamento dei fotogrammi, mediante il metodo della triangolazione a stelle proiettive (*bundle adjustment*), utilizzando i punti di appoggio delle prese fotografiche rilevati all'interno della rete d'inquadramento topografico progettata e rilevata durante il corso dal gruppo di allievi del Master.

L'orientamento dei fotogrammi ha permesso di ottenere un blocco fotogrammetrico georiferito, dal quale è possibile generare coordinate spaziali di punti

che possano essere esportati o in un CAD o in sistema di modellazione alternativo per ulteriori analisi e per scopi di modellazione: l'output finale del software utilizzato per l'orientamento del blocco fotogrammetrico, infatti, è un file delle coordinate 3D che può essere esportato sia in formato file ASCII (*.txt) come lista di coordinate XYZ ed errori standard (σ_X , σ_Y , σ_Z), sia in formato DXF (*.dxf) - ed in questo caso, oltre alle coordinate, includerà dati di attributo (quali linee, numeri identificatore, colori).

Attraverso il raddrizzamento dei fotogrammi si sono ottenuti invece i fotopiani, elaborati fotografici a valenza metrica.

Tutte le operazioni fotogrammetriche di orientamento e raddrizzamento sono state eseguite mediante *softwares* specifici (iWitness per la realizzazione del blocco fotogrammetrico e Photometric per quella dei fotopiani), mentre le post elaborazioni finalizzate alla restituzione dell'oggetto del rilievo sono state realizzate parte in iWitness, ridisegnando sia in vista 3D che sui fotogrammi in 2D tutte le linee caratteristiche che ricostruiscono l'oggetto, parte con *softwares* CAD bidimensionali, di modellazione tridimensionale e di post-processione fotografica, integrando ai dati del rilievo fotogrammetrico quelli del rilievo topografico, GPS e laserscanner.

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Il rilievo fotogrammetrico ha consentito di ottenere

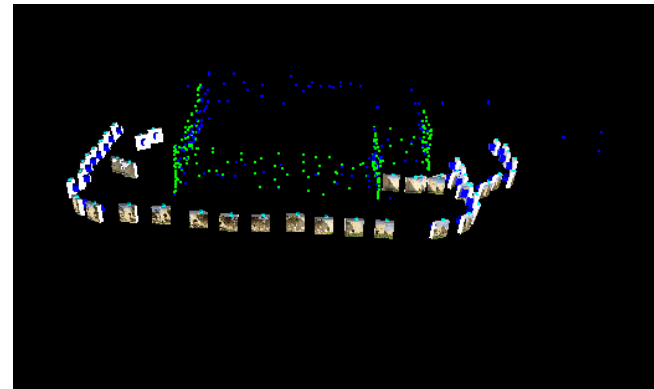


Fig. 8 Modello fotogrammetrico orientato con l'insieme dei punti fotogrammetrici e topografici e la ricostruzione della posizione delle camere



Fig. 9 Restituzione del blocco fotogrammetrico

Parametri della camera Nikon D80				
Fotocamera	Nikon D80			
Tipo Sensore	CMOS			
Dimensioni Sensore (mm)	x=	23,6	y=	15,8
Dimensioni Immagine (px)	x=	3872	y=	2592
Dimensione Pixel (mm)	x=	0,0061	y=	0,0061
Parametri di presa con Nikon D80				
Distanza Focale	24	mm	0,024	m
Distanza di presa	15	m	15000	mm
Scala del fotogramma (N)	625	o	1/625	
GSD	3,81	mm	0,004	m
Abbracciamento longitudinale (x)	14,75	m		
Abbracciamento trasversale (y)	9,87	m		
Ricoprimento longitudinale (60-80%)	0,8			
Base di Presa	2,95	n		

Tab. 2 Parametri per la realizzazione dei fotopiani

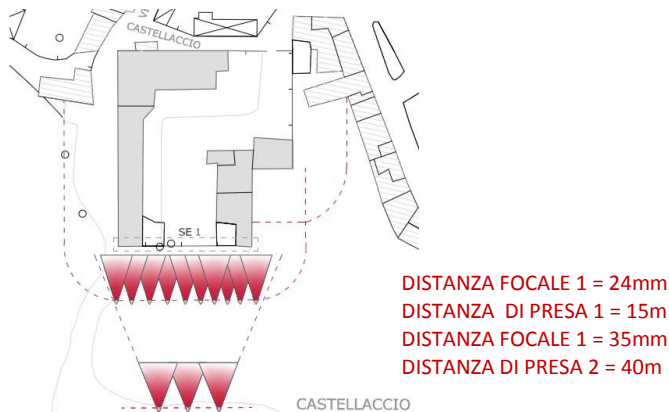


Fig. 10 Schema delle prese per il fotopiano SO

dei fotopiani, ovvero una rappresentazione fotografica metrica in grado di fornire informazioni, sia a livello metrico e geometrico, che a livello qualitativo e materico.

Proprio per questa loro duplice valenza, essi sono stati adoperati per ricavare un elaborato vettoriale che restituisca le informazioni metriche, attraverso un *software* CAD; inoltre, attraverso *software* di post-processione fotografica, essi sono stati ottimizzati nel loro formato raster per utilizzarne le informazioni qualitative e fornirle per ulteriori utilizzi (*texturing* di modellazioni tridimensionali, diagnostica per il restauro, ecc.).

Il rilievo fotogrammetrico ha consentito inoltre di effettuare la modellazione 3D *image-based* del Castello di Mareddo a partire dal blocco fotogrammetrico orientato e georiferito, ottenendo un modello vettoriale, utile per studiare le caratteristiche geometrico-dimensionali del manufatto e texturizzabile con i fotopiani prodotti e con eventuali altre mappe. Ciò si è ottenuto servendosi di procedure di orientamento automatico (*automatic triangulation*) attraverso algoritmi per la ricerca di punti di legame e procedure di auto-correlazione (*Image-Matching*) per il calcolo di superfici.

CONCLUSIONI

Le tecniche di rilievo fotogrammetrico nel campo dei BB.CC. rispondono all'esigenza di rendere

realisticamente la realtà rappresentata attraverso tecniche di mappatura ad elevata risoluzione, le quali costituiscono un utile strumento per la conoscenza degli aspetti legati alle dimensioni, alla morfologia, alle strutture e ai materiali che compongono il bene oggetto di rilievo. La tecnica fotogrammetrica offre notevoli vantaggi rispetto agli altri metodi di rilevamento perchè non richiede il contatto diretto con l'oggetto; consente di eseguire misure con precisioni elevate e in modo uniforme; riduce le operazioni da eseguire *in loco* e, di conseguenza, riduce i tempi e i costi di lavoro; consente di eseguire analisi nel tempo insieme ad una facile ripetitività delle misure.

La applicazione delle suddette tecniche al caso studio di Maredolce ha consentito di verificare la bontà delle procedure utilizzate, con le problematiche riscontrate in fase di progetto ed esecuzione del rilievo, consentendo di pervenire ad un risultato fruibile da diversi punti di vista e integrabile con altre tecniche di rilievo, con il fine di ottenere una conoscenza quanto più possibile oggettiva del manufatto, punto di partenza anche per successive analisi.

BIBLIOGRAFIA

Luhman, T., Robson, S., Kyle, S., Hartley, I, 2007. Close Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications; Whittles: Dunbeath, UK, 2007; p.528.

Mikhail, F., Bethel J., McGlone, J.C., 2001. Introduction to Modern



Sud-Ovest



Sud-Est 1



Sud-Est 2



Nord-Est 1



Nord-Est 2

Fig. 11 Fotopiani dei prospetti del Castello di Maredolce

Photogrammetry, Wiley: New York, NY, USA, 2001, p.496

Remondino, F., El-Hakim S., 2006. Image-based in 3D modelling: A Review, In: *The Photogrammetric Record*, 2006, 21, 269-291.

Remondino, F., 2011. Heritage Recording and 3D Modelling with Photogrammetry and 3D Scanning, In: *Remote Sensing*, 2011, 3, 1104-1138.

Smith, J., 1987b. Economic printing of color orthophotos. Report KRL-01234, Kennedy Research Laboratories, Arlington, VA, USA.

Smith, J., 2000. Remote sensing to predict volcano outbursts. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Kyoto, Japan, Vol. XXVII.