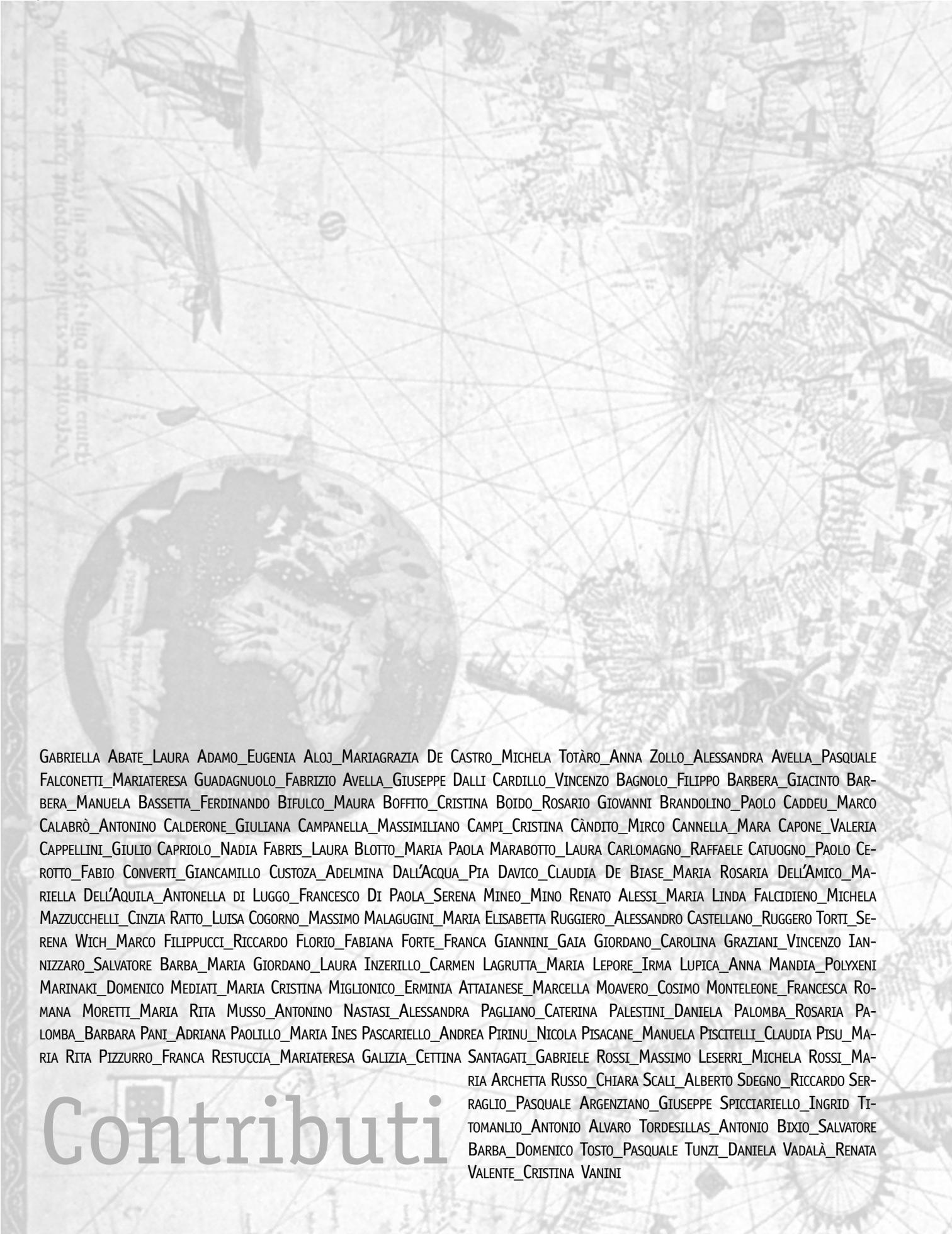


## **Fabbrica della Conoscenza**

Collana diretta da Carmine Gambardella



GABRIELLA ABATE\_LAURA ADAMO\_EUGENIA ALOJ\_MARIAGRAZIA DE CASTRO\_MICHELA TOTÀRO\_ANNA ZOLLO\_ALESSANDRA AVELLA\_PASQUALE FALCONETTI\_MARIATERESA GUADAGNUOLO\_FABRIZIO AVELLA\_GIUSEPPE DALLI CARDILLO\_VINCENZO BAGNOLO\_FILIPPO BARBERA\_GIACINTO BARBERA\_MANUELA BASSETTA\_FERDINANDO BIFULCO MAURA BOFFITO\_CRISTINA BOIDO\_ROSARIO GIOVANNI BRANDOLINO\_PAOLO CADDEU\_MARCO CALABRÒ\_ANTONINO CALDERONE\_GIULIANA CAMPANELLA\_MASSIMILIANO CAMPI\_CRISTINA CÀNDITO\_MIRCO CANNELLA\_MARA CAPONE\_VALERIA CAPPPELLINI\_GIULIO CAPRIOLO\_NADIA FABRIS\_LAURA BLOTTO\_MARIA PAOLA MARABOTTO\_LAURA CARLOMAGNO\_RAFFAELE CATUOGNO\_PAOLO CEROTTO\_FABIO CONVERTI\_GIANCAMILLO CUSTOZA\_ADELMINA DALL'ACQUA\_PIA DAVICO\_CLAUDIA DE BIASE\_MARIA ROSARIA DELL'AMICO\_MARIELLA DELL'AQUILA\_ANTONELLA DI LUGGO\_FRANCESCO DI PAOLA\_SERENA MINEO\_MINO RENATO ALESSI\_MARIA LINDA FALCIDIENO\_MICHELA MAZZUCHELLI\_CINZIA RAITO\_LUISA COGORNO\_MASSIMO MALAGUGINI\_MARIA ELISABETTA RUGGIERO\_ALESSANDRO CASTELLANO\_RUGGERO TORTI\_SERENA WICH\_MARCO FILIPPUCCI\_RICCARDO FLORIO\_FABIANA FORTE\_FRANCA GIANNINI\_GAIA GIORDANO\_CAROLINA GRAZIANI\_VINCENZO IANNIZZARO\_SALVATORE BARBA\_MARIA GIORDANO\_LAURA INZERILLO\_CARMEN LAGRUTTA\_MARIA LEPORE\_IRMA LUPICA\_ANNA MANDIA\_POLYXENI MARINAKI\_DOMENICO MEDIATI\_MARIA CRISTINA MIGLIONICO\_ERMINIA ATTAIANESE\_MARCELLA MOAVERO\_COSIMO MONTELEONE\_FRANCESCA ROMANA MORETTI\_MARIA RITA MUSSO\_ANTONINO NASTASI\_ALESSANDRA PAGLIANO\_CATERINA PALESTINI\_DANIELA PALOMBA\_ROSARIA PALOMBA\_BARBARA PANI\_ADRIANA PAOLILLO\_MARIA INES PASCARIELLO\_ANDREA PIRINU\_NICOLA PISACANE\_MANUELA PISCITELLI\_CLAUDIA PISU\_MARIA RITA PIZZURRO\_FRANCA RESTUCCIA\_MARIATERESA GALIZIA\_CETTINA SANTAGATI\_GABRIELE ROSSI\_MASSIMO LESERRI\_MICHELA ROSSI\_MARIA ARCHETTA RUSSO\_CHIARA SCALI\_ALBERTO SDEGNO\_RICCARDO SERAGLIO\_PASQUALE ARGENZIANO\_GIUSEPPE SPICCIARIELLO\_INGRID TITOMANLIO\_ANTONIO ALVARO TORDESILLAS\_ANTONIO BIXIO\_SALVATORE BARBA\_DOMENICO TOSTO\_PASQUALE TUNZI\_DANIELA VADALÀ\_RENATA VALENTE\_CRISTINA VANINI

# Contributi

# NUVOLE DI PUNTI VS NUVOLE DI PIXEL

di VINCENZO IANNIZZARO, SALVATORE BARBA, MARIA GIORDANO

Le applicazioni di sistemi di acquisizione tridimensionali, nel corso degli ultimi anni, sono diventate sempre più frequenti, affidabili e precise, con restituzione di modelli tridimensionali ad alta densità di informazioni non solo strettamente geometrico/morfologiche, ma, con il modello tridimensionale che si veste della relativa texture, anche cromatiche.

Con riferimento a questo tema, si sta sviluppando una nuova metodologia, per l'acquisizione di nuvole di punti RGB, basata sull'utilizzo di una camera fotografica reflex digitale ad alta risoluzione, ottica fissa calibrata, una base fotogrammetrica e un software progettato su un algoritmo di analisi multifocale dell'immagine. Le informazioni relative alle caratteristiche del colore sono, così, ottenute contemporaneamente alle coordinate 3D dei punti ed automaticamente associate ad esse.

La procedura metodologica da implementare si articola nelle seguenti fasi principali: progetto delle prese fotografiche, acquisizione, post-processamento (pulizia primaria delle scansioni, registrazione e fusione delle singole nuvole di punti, editing del modello poligonale, ecc.). Un momento saliente risulta la scelta del punto di ripresa, che varia in funzione dell'ottica utilizzata, del livello di dettaglio che si vuole ottenere e delle dimensioni dell'architettura da rilevare. Per ogni stazione, fissata opportunamente l'inclinazione dell'asse principale della camera fotografica, devono essere effettuate tre prese rispettivamente ordinate da sinistra verso destra, simmetriche rispetto al punto di mezzo della base fotogrammetrica.

L'algoritmo di base del programma ZScan della MenciSoftware, a cui si è fatto ricorso per la richiamata tecnica di rilievo, elabora soltanto porzioni di immagini presenti simultaneamente nei tre fotogrammi; risulta pertanto fondamentale, per ovviare a problemi di disparità eccessiva o di insufficiente informazione spaziale, che la distanza tra la prima e la terza presa venga scelta in modo da assicurare una zona di sovrapposizione di



1 Fotogramma centrale, sarcofago del quadriportico del Duomo di Salerno.

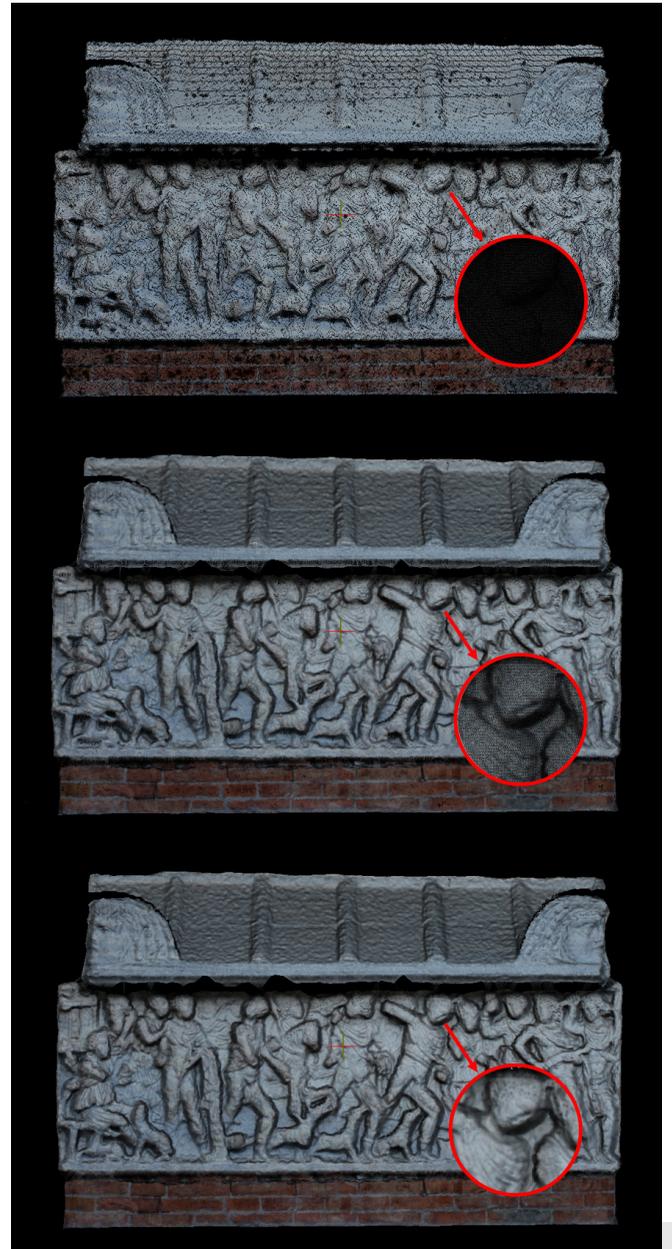
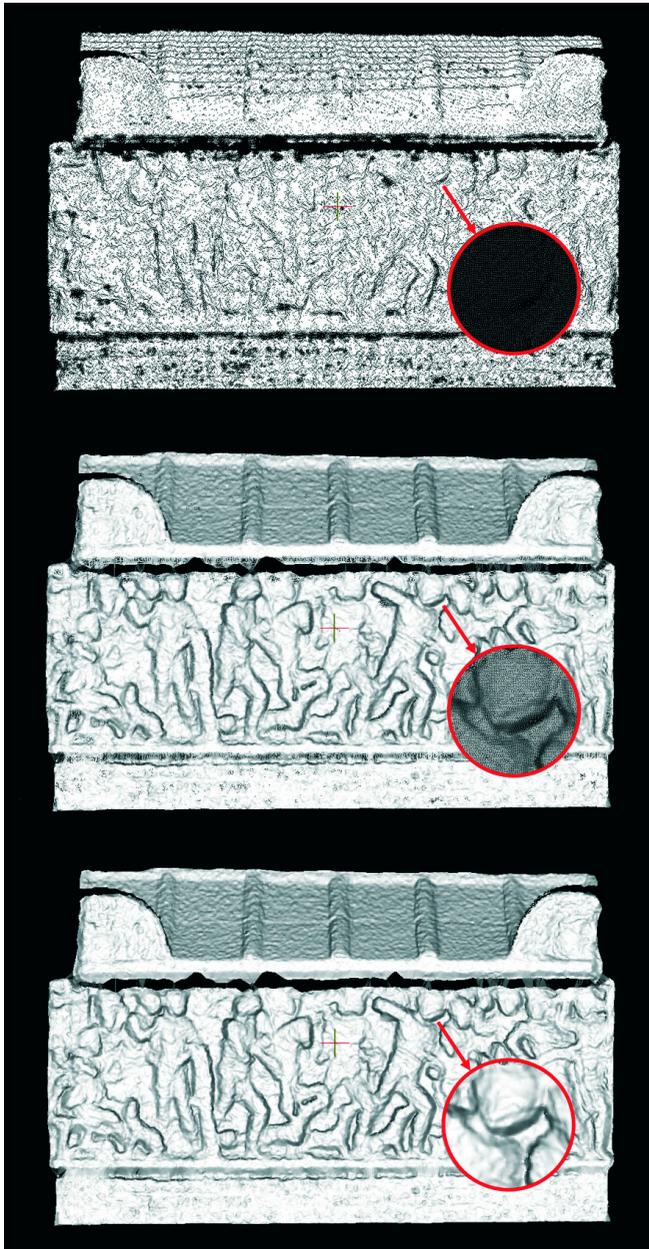
circa il 60%. È ovvio che a distanze minori, creandosi ampie aree di sovrapposizione, si ottiene un maggior livello di dettaglio, ma anche la necessità di realizzare più terne fotografiche per coprire l'intera superficie da rilevare.

I principali limiti nell'applicazione della strumentazione sono dovuti alla distanza di messa a fuoco (che definisce la "distanza minima" da cui è possibile operare), alla focale e quindi al campo visivo della camera (che stabilisce la "distanza teorica ottimale" delle stazioni di presa) e alla lunghezza della barra che determina la "distanza massima" da cui si potrà rilevare (è ritenuto accettabile un valore di 10-12 m). Noti questi limiti e le altre variabili in gioco, quali l'area della superficie da acquisire, la forma, i materiali, la risoluzione richiesta per la restituzione finale, è anche possibile eseguire una stima dell'accuratezza ottenibile al variare delle distanze di presa.

Sebbene tale tecnica non necessiti -in linea teorica- di alcun punto di controllo o misurazione preliminare, un rilievo topografico di appoggio, utilizzando target naturali o artificiali, può facilitare le successive operazioni di registrazione e di mosaicatura oltre che essere un utile strumento di supporto e di verifica geometrica del modello. Infatti, operando con marche è stato possibile spingere l'impiego di questa strumentazione fino a 16 m (anche 20 m, soprattutto quando le prese sono effettuate con asse quasi orizzontale).

Una volta acquisiti i fotogrammi, l'elaborazione dei dati viene attuata utilizzando un algoritmo di rettifica multifocale mediante il quale le immagini vengono ricampionate, secondo piani a profondità variabili e identificate da un numero di *feature* tali da interessare omogeneamente l'intero fotogramma e la cui disposizione influenza le fasi successive del calcolo. La rettifica è seguita da un processo di image-matching multi oculare, mediante metodi di programmazione dinamica: un algoritmo di ricerca della *feature* omologhe, agendo simultaneamente sulle tre immagini, sfrutta le componenti cromatiche RGB e conduce alla ricostruzione degli orientamenti dei fotogrammi.

Il sistema di presa consente di ottenere una buona qualità ricostruttiva, sia della forma sia del colore, ma come avviene anche con i più tradizionali laser scanner, molteplici fattori, quali la distanza di presa dell'operatore, la tipologia di superficie, l'illuminazione, l'errore sistematico della strumentazione, possono determinare la presenza di



2 Visualizzazione del modello tridimensionale XYZ: *points, wire-frame, surface.*

3 Visualizzazione del modello tridimensionale RGB: *points, wire-frame, surface.*

punti con un'errata elevazione (rumore). Tuttavia, se la superficie rilevata presenta una certa continuità e regolarità, è ragionevole ipotizzare che punti con coordinate 2D pressoché corrispondenti presenteranno anche quote alquanto simili. Ipotizzando, quindi, che le coordinate 3D di un generico punto siano fortemente correlate ai valori dei punti limitrofi, è possibile ridurre il rumore, ovvero eliminare questi dati sporchi, stabilendo l'ampiezza dell'intorno con cui ogni punto deve relazionarsi nella generazione del modello tridimensionale. Tale range dovrà essere piccolo, in presenza di superfici irregolari, per favorire la modellazione dei particolari e delle modanature (rilievo di dettaglio), oppure elevato, in caso di superfici piane, per privilegiare l'uniformità e la pulizia del modello (rilievo generale).

È possibile, in funzione dell'area di interesse selezionata, assegnare un diverso passo di risoluzione (*Step*), che rappresenta il numero di pixel sufficiente a generare un punto tridimensionale sul modello digitale. Al diminuire di tale valore, il *GSD- Ground Sample Distance*, ovvero la distanza media dei punti 3D sul modello generato, si riduce e la nuvola di punti colorati risulterà più fitta e definita, anche se risulterà pesante da gestire in termini di dimensione dei file generati, nonché di capacità di elaborazione hardware. È comunque preferibile generare modelli 3D molto densi, per garantire, anche in assenza di texture, la comprensibilità, la verosimiglianza e un grado di definizione adeguato alle scale di dettaglio richieste.

Nella determinazione del modello poligonale sarà necessario definire un valore di soglia rispetto al quale solo i punti più vicini a tale limite andranno a costituire un triangolo della mesh: un valore molto piccolo determinerà una mesh fitta con presenza di vuoti in superficie; viceversa, un limite troppo alto può generare triangoli scorretti con vertici appartenenti a piani differenti, anche se con pochi fori in superficie. Il modello così ottenuto può essere esportato per le successive fasi di editing con la possibilità di creare, anche con procedure totalmente automatizzate, piante, sezioni, profili, curve di livello, fino ai *DEM-Digital Elevation Model*. Ricorrendo a Z-Map Laser, programma della stessa software-house, si può procedere con le operazioni di allineamento delle varie nuvole, correzione degli errori, generazione delle ortofoto e successiva eventuale vettorializzazione.

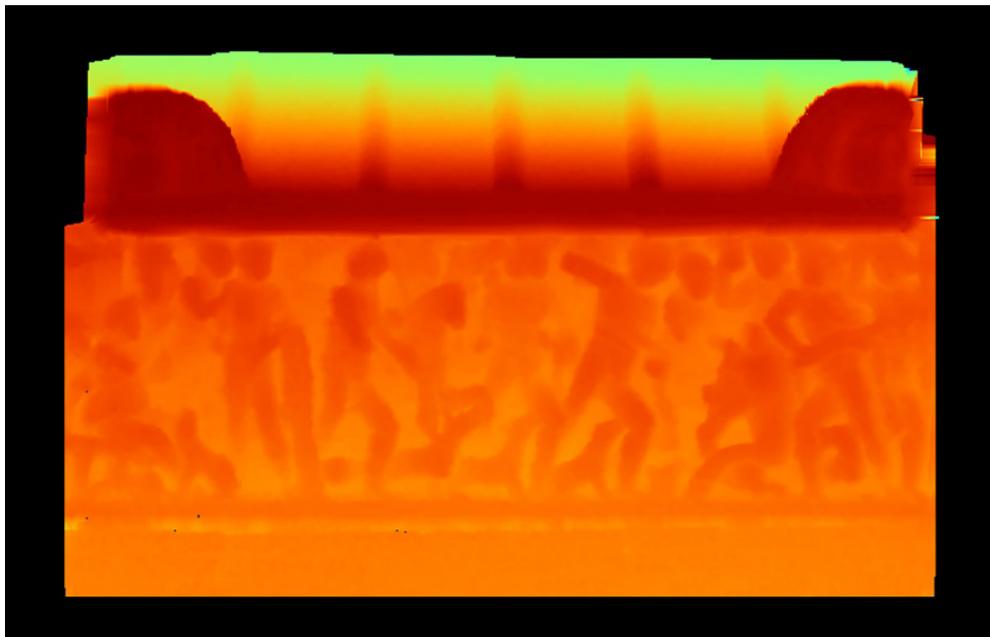
In particolare il *DEM* è una rappresentazione raster dell'altimetria di una superficie

relativamente all'UCS corrente, dove ad ogni pixel viene associato un colore che ne individua la distanza dal piano che definisce il sistema di riferimento. Si tratta di una visualizzazione a 2,5D: una rappresentazione bidimensionale di particolare efficacia, dove tutte le entità sebbene si trovino proiettate sullo stesso piano infografico, conservano informazioni di quota.

Agendo su di esso, si possono manipolare, in modo più veloce ed immediato, i risultati ottenuti dalla nuvola di pixel, correggendo gli errori generati nella fase di scansione/acquisizione del modello. Per sopperire ad eventuali vuoti di informazioni, risulta opportuno intervenire sul *DEM*, sia per la minore complessità e pesantezza dei dati, sia soprattutto per la chiarezza della rappresentazione. Infatti, su un'immagine raster potranno essere applicate svariati tool correttivi tipici dell'informatica grafica (copia/incolla, riempi, taglia, clona, ecc.) che ne consentiranno una facile pulizia e rifinitura.

La successiva fase di registrazione dei fotogrammi avviene mediante collimazioni, manuali ed automatiche, di punti omologhi. Dal terzo punto omologico in poi, l'algoritmo utilizzato proverà a pre-determinare automaticamente il punto di collimazione, con una precisione che cresce in modo direttamente proporzionale al numero di punti precedentemente collimati. Le informazioni che si ottengono sulla texture possono agevolare la fase di registrazione delle singole scansioni, risultando molto efficaci soprattutto per gli oggetti che presentano particolarità cromatiche piuttosto che geometriche. Con la versione 3.6.5.0 del software Z-Map Laser, la fase di registrazione non prevede automaticamente la fusione delle singole nuvole di punti in un unico modello tridimensionale, contrariamente a quanto si verifica ricorrendo ad altri programmi.

Inoltre il formato di esportazione previsto per il modello tridimensionale, ottenuto quale fusione delle singole scansioni, non è valido in altri ambienti software. Si è valutata, dunque, l'opportunità e la convenienza di eseguire le ope-



razioni di editing con software specifici -e a volte più complessi- di *reverse engineering*, come Polyworks (capace di gestire una gran mole di dati e di raggiungere risultati di notevole precisione in fase di registrazione), Geomagic (per rilievi di contatto), RapidForm (che mostra un'interfaccia molto semplice, sebbene risulti problematica la gestione delle texture provenienti da immagini per la creazione di superfici), o applicativi open source come MeshLab (capace di leggere svariati formati e di importare i file .obj).

Di questa tecnica, detta di photo scanning, che vede le immagini come input di informazioni non solo metricamente valide, ma cariche anche di indicazioni cromatiche, si riportano le immagini relative alle prime applicazioni, conseguite a valle dei rilievi svolti a partire dall'anno 2008 sull'atrio del quadriportico del Duomo di Salerno.

La generazione di modelli 3D-RGB, ottenuta da più immagini digitali del modello reale, si mostra una procedura di rilevamento particolarmente efficace, in quanto permette di collegare in maniera speditiva, ma senza rinunciare ad un elevato livello di attendibilità, il rilievo di un particolare nel contesto di riferimento e di acquisire dati non solo geometrici, ma più in generale tematici.

L'esperienza condotta, nata con l'intento di testare tale metodologia, ed i relativi software, sia come alternativa sia in associazione alle già consolidate tecniche di rilevamento con laser scanner, ci ha spinto così a confrontare diversi saperi: nuvole di punti XYZ e nuvole di punti RGB, conoscenze in bianco e nero e conoscenze a colori.

## Bibliografia

BARBA S., *Tecniche digitali per il rilievo di contatto*, Cues, Salerno 2008.

CECCARONI F., *ZScan: generazione di modelli 3D per la ricognizione metrica e radiometrica dei beni culturali tramite immagini*, in "TECHA - Technologies exploitation for the cultural heritage advancement", Cangemi Editore, Marzo 2008, pp 88-89, [www.menci.com](http://www.menci.com).

IANNIZZARO V., *I beni culturali e le nuove metodiche del rilevamento digitale*, in "L'ingegneria per i beni culturali", I Farella, Napoli 2007.



# *ABSTRACTS*

## Point clouds vs pixel clouds\_VINCENZO IANNIZZARO, SALVATORE BARBA, MARIA GIORDANO

*Due to digital technology evolution, the architectural photogrammetry has ran up and diffused so quickly to increase its application as a very often used survey methodology.*

*With reference to this subject, it's been testing a recent survey method that works on coloured point clouds, acquired by a short number of photo taken, through an high resolution digital reflex camera. The 3D-RGB model generation, achieved by some digital images of real model, has turned out as a very powerful survey, examination and documentation procedure, because it makes possible to link easily, but very reliably too, the survey of a detail to its entire context and makes possible to acquire not only metrical, but chromatic and thematic data too.*

*The testing goal is to verify the effectiveness of this methodology in some particular situations, also as an alternative, or in association with the well-established survey methods based on laser scanner. In fact, the difference between the point cloud acquired by laser scanner (with resolution is due to pre-fixed taken distance) and the "coloured point cloud" (successively processed to a "pixel cloud") is that the results of last one are independent from the taken distance. On the same photo taken it will be able, time by time, to define the respective graphic rendering accuracies: from wide ones to big sized detail rendering.*

*The interactive comparison between these two kinds of 3D-capture methods, but also between simple points (XYZ) representation and RGB points representation, sets up a comparison between different knowledges: black and white cognitions versus coloured cognitions. So, the pixel, as suggested in painting by Mondrian, becomes much more the elementary unit of the infographic representation.*

# Le Vie dei Mercanti

RAPPRESENTARE LA CONOSCENZA

ISBN 978-88-6542-014-0



9 788865 420140