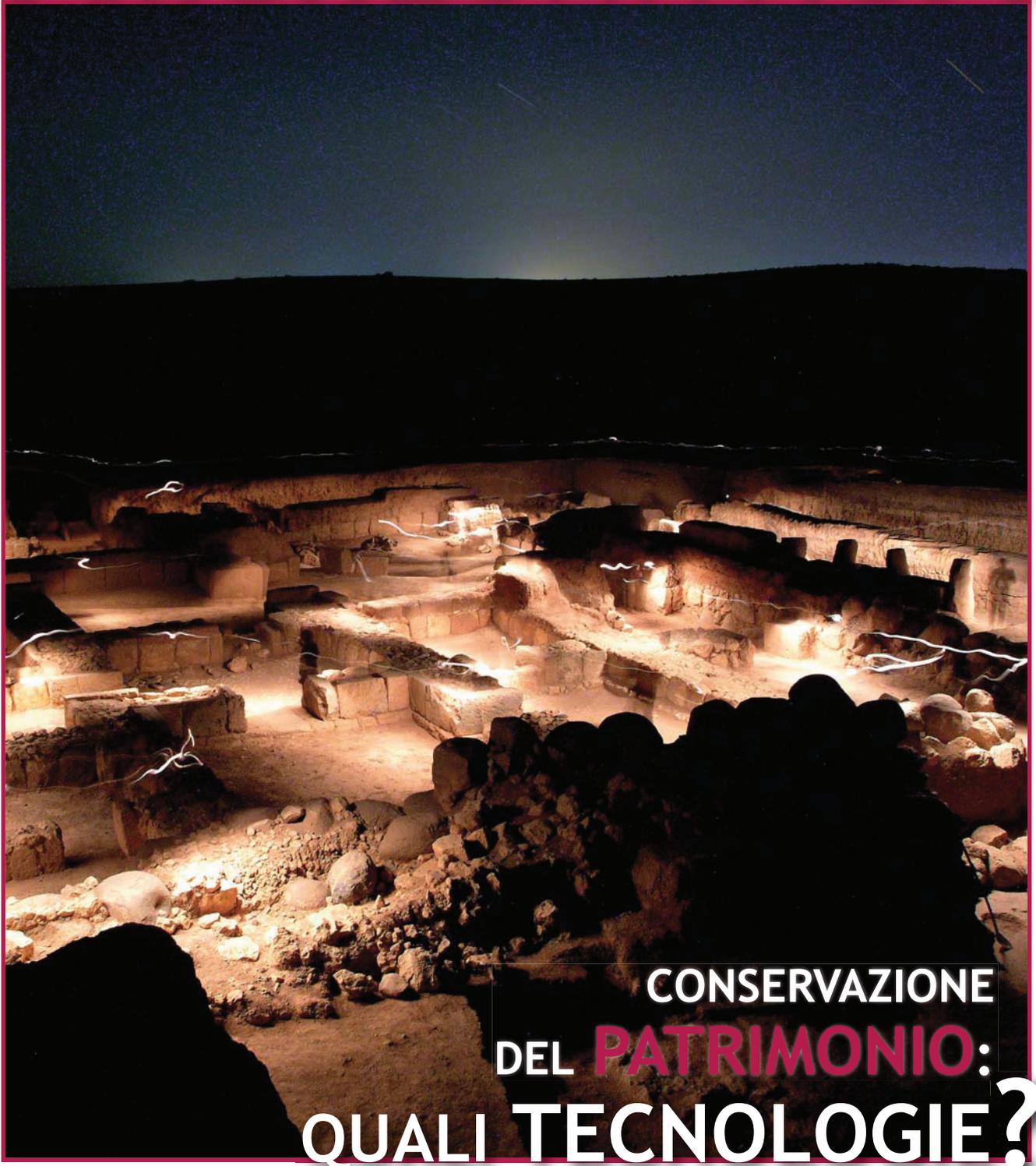


Tecnologie per i beni culturali

ARCHEOMATICA



CONSERVAZIONE
DEL **PATRIMONIO:**
QUALI TECNOLOGIE?

MODELLI FOTOREALISTICI DELL'EDIFICATO

UN'ANOMALIA GEOFISICA PER LA SCOPERTA DEL TEMPIO DELLA ROCCIA DI EBLA

L'EBE DI CANOVA: MODELLO DIGITALE E SVILUPPI APPLICATIVI

SICUREZZA E CONSERVAZIONE DEI BENI CULTURALI

ZSCAN:

SCANSIONE TRIDIMENSIONALE DIGITALE

di Marco Ghezzi,
Domenico Santarsiero



ZScan è uno strumento per l'acquisizione di nuvole di punti mediante l'uso di una camera fotografica digitale, una slitta di precisione e un software basato su un innovativo algoritmo di analisi multifocale dell'immagine. E' caratterizzato dall'accuratezza sia geometrica che cromatica dei risultati, dalla semplicità e praticità d'uso e dalla robustezza dei suoi componenti. Serve per realizzare modelli digitali acquisendo, da immagini fotografiche, delle nuvole di punti che definiscono una copia digitale in 3D dell'oggetto rilevato. Consente il rilievo metrico *indiretto*, quello cioè che si realizza senza "toccare" l'oggetto prescindendo anche dalla necessità di rilievo di punti topografici di appoggio. Non è pertanto necessario alcun altro strumento per completare il rilievo. Il sistema è completamente autonomo: dalle immagini alle misure, sfruttando un software completamente italiano prodotto dalla stessa MenciSoftware. Inizialmente progettato per l'uso da parte di utenti inesperti nel settore del rilievo dei Beni Culturali, è stato successivamente utilizzato anche in altri settori. Il sistema può essere infatti adot-

tato anche a scopo documentario per conoscere con esattezza il bene da rilevare in 3D. L'ausilio delle immagini rende lo strumento particolarmente appetibile per il rilievo dei Beni Culturali, dove la componente informativa dei colori ha una grande importanza. Il risultato è una griglia di punti 3D ad alta precisione con *texture* dell'immagine applicata: ovvero un *raster 3D*. È possibile prendere misure, graficizzare tematismi, fare rappresentazioni 3D in CAD, generare ortofoto e ortomosaici ad alta risoluzione. ZScan opera in condizioni di lavoro che richiedono distanze di presa variabili da pochi centimetri fino ad un massimo di 10 metri, influenzando di conseguenza la precisione dei modelli. Tutte le nuvole di punti hanno colori con fedeltà fotografica, consentendo inoltre di applicare eventualmente la propria texture dopo il



Tra le tecnologie di ultima generazione applicate ai beni culturali, il laser scanner rappresenta senza alcun dubbio una soluzione adeguata e allo stesso tempo innovativa, la dove la necessità impone la documentazione dei beni culturali attraverso la modellistica 3D. Ma le frontiere applicative non hanno limiti, ed ecco che si affaccia nel mercato delle soluzioni per i beni culturali, un nuovo approccio al problema, ovvero la tecnica del photo scanning, basata sull'impiego delle immagini come fonte inesauribile di informazioni non solo metricamente valide, ma ampiamente estensive nel loro carico di informazioni contenute nello strato informativo della cromaticità del bene culturale.



Figura 1 - Fase di presa di una "tripletta" di immagini per un affresco murale.

processo di triangolazione.

Si tratta del primo sistema fotogrammetrico semplificato, di facile trasporto e con una estrema facilità d'uso. Chiunque può operare senza competenze specifiche o specialistiche, realizzando modelli 3D frutto di soli 3 scatti fotografici senza nessun altro intervento, in quanto non è richiesto alcun punto di controllo o misura preliminare. E' comunque possibile avvalersi dei punti di controllo, se disponibili, per facilitare la registrazione dei modelli, il disegno 3D e la generazione di ortofoto.



Figura 2 - Tripletta di immagini.



Figura 3 - Una vista della nuvola di punti che genera il modello 3D.

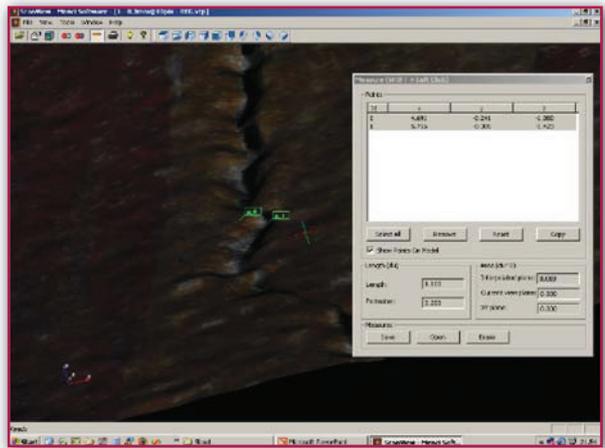
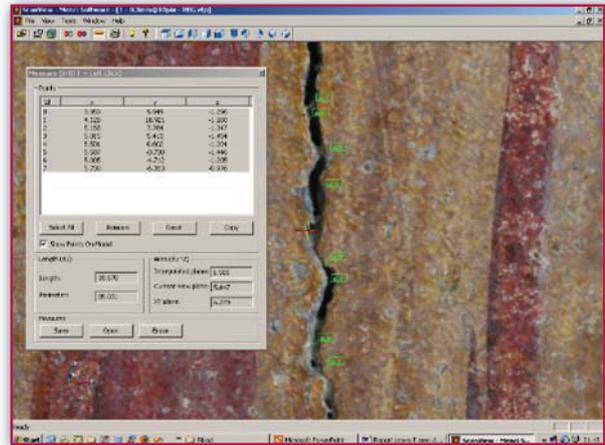


Figura 5 - Modello 3D di dettaglio di affresco - una fase di misurazione l'ampiezza di una fessurazione.

DESCRIZIONE TECNICA

Il sistema richiede una camera fotografica appositamente calibrata. In funzione dell'ottica utilizzata si può ampliare il campo di azione dello strumento. La configurazione proposta prevede una camera digitale Canon o Nikon. Le precisioni sono direttamente relazionate alla distanza di presa e all'ottica utilizzata. Lo strumento può avere più ottiche calibrate. La camera deve essere alloggiata su una slitta di precisione con carrello a ricircolo di sfere (lunghezza 500 o 900 mm) con testa tilt, che consente di conoscere con alta precisione la "base di presa". Il dispositivo di acquisizione dati è

supportato dal software ZScan per la generazione di nuvole di punti. ZScan basa il proprio funzionamento su un sofisticato algoritmo di rettifica multifocale mediante il quale le immagini vengono ricampionate epipolarmente secondo piani variabili in funzione della morfologia dell'oggetto da ricostruire. La rettifica è seguita da un processo di *image matching* multiculare che consente di ottenere un'elevata qualità ricostruttiva sia della forma che del colore della nuvola di punti. Le fasi del processo di elaborazione sono suddivisibili in due grandi categorie: la preparazione della tripletta di immagini (per tripletta si intende lo scatto in successione della

camera digitale sulla barra di precisione) e la successiva ricostruzione tramite il software della superficie rilevata in 3D.

RESTITUZIONE DEL MODELLO 3D: UN SOFTWARE EVOLUTO

La restituzione inizia con l'introduzione dei valori relativi alla distorsione delle immagini, rilevati durante la fase di calibrazione della camera nei laboratori MenciSoftware, per l'eliminazione delle aberrazioni ottiche. Le immagini vengono analizzate mediante un operatore d'interesse per la ricerca di un numero di *features* dipendente dalle loro dimensioni, ma che di solito non è inferiore a 1500.



Figura 4 - Camera da presa sulla slitta

La disposizione delle features influenza le fasi successive del calcolo. È necessario che esse siano distribuite su tutto il fotogramma e che quest'ultimo sia omogeneamente *texturizzato*.

Un algoritmo di ricerca delle features omologhe e del loro filtraggio mediante geometria epipolare, conduce alla ricostruzione degli orientamenti dei tre fotogrammi. I valori angolari ottenuti per l'assetto di presa sono prossimi a zero e la loro entità dipende dalle tolleranze costruttive della slitta, dal posizionamento della camera sul carrello, dall'oscillazione della barra ed eventualmente del supporto che la sostiene. La correttezza dell'orientamento è il presupposto indispensabile per la buona riuscita del processo di ricostruzione.

Noto l'orientamento, si procede alla fase di rettifica trinoculare al fine di annullare simultaneamente la parallasse verticale sui tre fotogrammi. La rettifica è particolarmente complessa in quanto le condizioni di presa sono prossime a quelle di perfetto allineamento, che costituisce una condizione degenerare per il tensore trifocale. A tale scopo è stato messo a punto un algoritmo di rettifica trinoculare senza l'uso del tensore trifocale. La ricostruzione della superficie avviene per *image matching* mediante metodi di programmazione dinamica. Il calcolo della *cross-correlazione* è simultaneo sulle tre immagini e sfrutta le componenti cromatiche RGB.

IMAGE SCAN E LASER SCAN

La tecnica "Image Scan" realizzabile con il sistema ZScan produce un risultato direttamente paragonabile a quello acquisibile con sistemi di "laser scanning" (ove cioè i punti sono rilevati in maniera automatica

e direttamente da unità distanziometriche laser a testa rotante); il *multi-matching* delle 3 immagini è in grado di produrre nuvole di punti che hanno la stessa qualità, in termini di densità e di precisione, delle nuvole di punti acquisite dalle unità di acquisizione laser scanning.

Il risultato è valido sia per le applicazioni terrestri che quelle aeree (LIDAR). Pertanto, l'utilizzazione di sistemi di fotogrammetria o LIDAR per la produzione di una nuvola di punti non è influenzata dalla precisione, dalla densità, né dal tempo necessario per ottenere il prodotto finale. Le misure fotogrammetriche sono completamente automatiche e possono essere eseguite subito dopo la registrazione delle immagini, grazie alle misurazioni dirette dei parametri di orientamento esterno (tramite sistemi GPS/IMU, come per gli strumenti LIDAR). La generazione di una nuvola di punti fotogrammetrica offre un vantaggio particolare rispetto all'approccio laser scanner. Le stesse immagini orientate, usate per generare le nuvole di punti, possono essere utilizzate per favorire e migliorare la successiva fase di segmentazione. Nei laser scanner si richiede un "extra" per l'acquisizione di immagini orientate, al fine di ottenere gli stessi dati ricavabili dalla fotogrammetria. Questa esigenza significa, ovviamente, costi più elevati.



Figura 6 - Zscan versione Micro per analisi di dettaglio e distanze di presa ravvicinate.

ABSTRACT

Zscan: digital 3D scanning - Nowadays, laser scanner represents one of the state-of-the-art technologies, even in the cultural heritage field. Now, more than ever, the need for a three dimension documentation is the goal of most restoration programs. But the development of new techniques and applications is far from slow down: a new technique, called Photo Scanning, is now facing the scene. Developed in Italy by Menci Software, this technique provides a 3D documentation of an artefact taking advantage the chromatic informations kept by images.

AUTORI

MARCO GHEZZI
MARCO.GHEZZI@MENCI.COM
DOMENICO SANTARSIERO



RIFERIMENTI

FOTOGRAMMETRIA, LASER SCANNER, SCANNER 3D, SISTEMI PER CARTOGRAFIA TERRESTRE, AEREA E SATELLITARE
SISTEMI DI MISURA TRIDIMENSIONALE MEDIANTE IMMAGINI E/O SCANSIONI LASER
SISTEMI DI RIPRESA HARDWARE E SOFTWARE PERSONALIZZATI
VIA LUMIERE 19 52100 AREZZO - ITALY
TEL/FAX (0039)0575382051 / (0039)0575383960
WWW.MENCI.COM