ATTI Volume I

12ª Conferenza Nazionale ASITA

Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali

21-24 ottobre 2008, L'Aquila

Guardia di Finanza, Scuola Ispettori e Sovrintendenti

Guardia di Finanza

Comune di L'Aquila

Provincia dell'Aquila

SIFET
SOCIETÀ ITALIANA DI FOTOGRAMMETRIA E TOPOGRAFIA

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI TELERILEVAMENTO

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI CARTOGRAFIA

AM FM INTERNATIONAL EUROPEAN DIVISION SEZIONE ITALIANA
Geographic Information Systems

Main Sponsor ASITA 2008

CGR COMPAGNIA GENERALE RIPRESEAEREE SPA
SUBSIDIARY OF THE BLOM GROUP

Cambiamenti di uso del suolo dal 1853 ad oggi nel territorio della Provincia di Ferrara
E. Campiani, M.L. Garberi *601*

Il GIS open source nella formazione degl'insegnanti di scuola secondaria
A.R. Candura, D.B. Spadavecchia *607*

Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali: un ponte verso l'Europa
E. Cappadozzi, G. Ciasullo, D. Gentili, A. Rotundo *613*

Implementazione delle specifiche nazionali sui database topografici - l'esperienza nell'ambito del progetto Pr5SIT -
E. Cappadozzi, L. Donnaloia, M.P. Bonofiglio, F. Cadoni *619*

Utilizzazione della restituzione tridimensionale stereoscopica in ambiente GIS
M. Caprioli, B. Figorito, A. Scognamiglio, E. Tarantino *625*

Servizi Informativi Integrati per la Gestione del Territorio (Pr5Sit) della Regione Calabria
T. Caracciolo, V. Marra, D. Modaffari; F. Napolitano, A. Pellicanò, C. Russo, G. Scarnati *631*

Convivenza delle popolazioni con la frana di Ancona: monitoraggio topografico di superficie
S. Cardellini, G.B. Crosta, P. Osimani, L. Surace *637*

Rilievo e rappresentazione 3D di un sito archeologico nell'ambito del progetto Urban a Trieste
G. Caroti, R. Cefalo, M. Di Bartolomeo, A. Piemonte *643*

Rilievo, rappresentazione e gestione del patrimonio stradale del Comune di Pisa
G. Caroti, A. Piemonte *649*

Un approccio alla georeferenziazione di una carta antica
D. Carrion, F. Cengarle, F. Somaini, G. Sona *655*

Metodi e modelli per il controllo di qualità di data base topografici multiscala
D. Carrion, A. Maffeis, L. Pinto *661*

Procedura di informatizzazione del Demanio e Patrimonio della Regione del Veneto
G.L. Carrucciu, E. Specchio *669*

Esperienze sulla calibrazione della camera Leica ADS40
V. Casella, M. Franzini *675*

La camera Leica ADS40 di seconda generazione: caratteristiche tecniche e potenzialità metriche
V. Casella, M. Franzini, B. Padova *681*

Gestione delle emergenze da incendi boschivi: un sistema di supporto alle decisioni in ambiente GIS
E. M. Castrogiovanni, G. La Loggia, F. Lo Conti, L.V. Noto, M.T. Noto *687*

Sperimentazione della metodologia laser scanning da elicottero per la gestione del demanio fluviale in Lombardia
N. Cattaneo, A. Cavazzini, F. Di Maria, F. Guzzetti, F. Piemonti *693*

La gestione della banca dati delle aree verdi del comune di Milano attraverso l'aggiornamento continuo dei dati
N. Cattaneo, F. Di Maria, F. Guzzetti, A. Privitera, P. Viskanic *699*

Identificazione di Siti per il Monitoraggio dei Suoli in Lombardia: metodologia e primi risultati
N.E. Cazzaniga, L. Pinto, A. Rocca, S. Brenna, M. Sciaccaluga *705*

Costruzione di una base di conoscenza condivisa a supporto della programmazione e pianificazione del territorio regionale
C. Cella, S. Crotta, L. Garretti *711*

Impiego di aerei ultraleggeri e camere di medio formato per la fotogrammetria aerea a grande scala
F. Chiabrando, M.L. De Bernardi, M. Roggero *717*

Sperimentazioni sull'utilizzo di UAV per il rilievo delle emergenze archeologiche
F. Chiabrando, D. Piatti, F. Rinaudo *719*

RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE 3D DI UN SITO ARCHEOLOGICO NELL'AMBITO DEL PROGETTO URBAN A TRIESTE

G. CAROTI (*), R. CEFALO (**), M. DI BARTOLOMEO (**), A. PIEMONTE (*)

(*) Università di Pisa – Dip.to di Ingegneria Civile – Sede di Topografia e Fotogrammetria, via Diotisalvi 1, 56126 Pisa, tel. 050 2217770, fax: 050 2217779, e-mail: g.caroti@ing.unipi.it - a.piemonte@ing.unipi.it
(*) Università degli Studi di Trieste – Dip.to di Ingegneria Civile, P.le Europa 1, 48127 Trieste, tel. 040 5583578, fax: 040 5583580, e-mail: cefalo@dica.units.it - michele.dibartolomeo@mail.it

Riassunto
La Soprintendenza per i Beni Ambientali, Architettonici, Archeologici, Artistici e Storici della Regione Friuli Venezia Giulia sta gestendo dal 2000, nell'ambito del Programma di Iniziativa Comunitaria Urban -Progetto Tergeste, diversi scavi, il cui obiettivo generale è quello di acquisire, elaborare ed archiviare i dati relativi al patrimonio storico-archeologico della Città Vecchia di Trieste, al fine di predisporre gli strumenti per la tutela e la valorizzazione di tale patrimonio.
Il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Trieste è già stato coinvolto nel 2000 dalla Soprintendenza per un primo rilievo fotogrammetrico di due colonne romane del I sec. a.C.
Nel 2007, assieme al gruppo di Trieste, è stato coinvolto anche il Laboratorio A.S.T.R.O. della Sede di Topografia e Fotogrammetria del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa, per la realizzazione di un rilievo dell'area, che nel frattempo ha subito ulteriori scavi e rinvenimenti, tramite laser a scansione terrestre.
Nel presente lavoro vengono descritte le diverse fasi del lavoro di rilievo ed analizzate le diverse modalità con cui è possibile dare una rappresentazione al rilievo stesso.
Questa differenziazione dei prodotti tiene conto soprattutto delle diverse esigenze dei soggetti che poi devono operare decisioni ed interventi sul bene rilevato.
Se il formato digitale per la visualizzazione e la navigazione tridimensionale risulta idoneo in alcune applicazioni, per altre risulta insoddisfacente e la classica rappresentazione cartacea in forma di tavole a grande scala resta la rappresentazione di maggior praticità. In questi casi, quindi, il rilievo laser è un mezzo per la realizzazione delle immagini ortorettificate, ma la rappresentazione rimane quella tradizionale.

Abstract
The aim of this paper is to report the laser scanner survey of a roman archaeological site located in Trieste, Italy. The excavation of these archaeological finds was realised by "Soprintendenza per I Beni Ambientali, Architettonici, Archeologici, Artistici e Storici" of Friuli Venezia Giulia Region in the framework of the European Community Project called "Urban-Progetto Tergeste".
In 2000 a first photogrammetric survey relative to two roman columns was performed. In 2007 the A.S.T.R.O. Laboratory, Department of Civil Engineering University of Pisa, Italy, was also involved for the laser scanner survey of the area in which further excavations were carried out.
In this paper the various phases of the survey have been described and the different methods used for the representation of the survey itself have been analyzed.
The differentiation in the final products takes into account in particular the different needs of the subjects who have to take decisions and to plan interventions on the surveyed monument.
The digital format is suitable for certain applications for the visualization and the three-dimensional navigation but it is not satisfactory for other ones and the classic paper representation at large scale is the more practical. In these cases the laser scanner survey is a mean for the realization of the orthorectified images but the representation remains the classical one.

Introduzione

La Soprintendenza per i Beni Ambientali, Architettonici, Archeologici, Artistici e Storici (SBAAAAS) del Friuli Venezia Giulia ha realizzato, nell'ambito del Programma di Iniziativa Comunitaria Urban – Progetto Tergeste, un particolare scavo con rinvenimeti di età romana (I a.C.) in via dei Capitelli a Trieste.
Obiettivo generale del progetto di scavi è quello di acquisire, elaborare ed archiviare i dati relativi al patrimonio storico-archeologico della Città Vecchia di Trieste, al fine di predisporre gli strumenti dinamici per la tutela e la valorizzazione di tale patrimonio nell'ambito della pianificazione urbana (Cefalo, 2005).
In tale ottica il gruppo di topografia del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli studi di Trieste ha realizzato nel 2000 assieme al Prof. Gabriele Fangi, Università di Ancona, il rilievo fotogrammetrico delle prime due colonne rinvenute dallo scavo ed è rimasto in continuo contatto e collaborazione con la Soprintendenza.
Nel 2008, essendo ultimati gli scavi, sono stati progettati e realizzati i rilievi laser scanner dell'area archeologica, in collaborazione con il laboratorio A.S.T.R.O. della Sede di Topografia e Fotogrammetria del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Pisa.

Inquadramento storico

Questa area (punti 6 e 7 di figura 1) rivestì nella città romana l'importante ruolo di raccordo tra gli impianti portuali e commerciali dell'arco costiero, lungo il quale si allineava anche il teatro, caposaldo nord-orientale del tessuto urbano, ed i quartieri pubblici e residenziali posti sulla sommità del colle. Il ruolo di snodo urbano è confermato dai ritrovamenti di una porzione di piazza lastricata con grande basamento modanato (ascritto al I sec. d.C.) e di una struttura a pilastri con semicolonne decorati da motivi a girali (metà del I sec. d.C.).

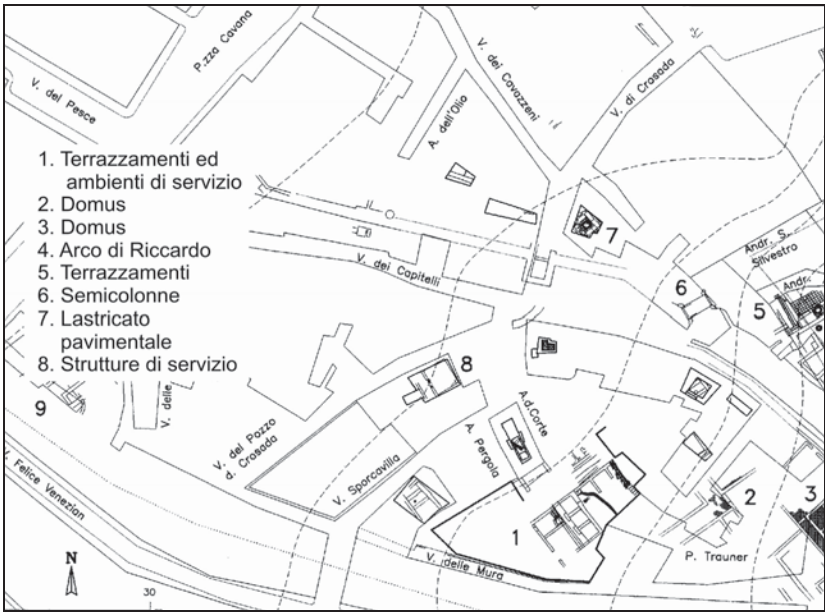

Figura 1 – Carta archeologica dell'area di Crosada

Realizzazione del rilievo

Il rilievo ha interessato un'area di circa 400m^2 di cui solo una parte è caratterizzata da reperti romani già riportati in superficie dagli scavi. La restante parte, composta da muri di contenimento di età successive e terrazzamenti, forma un contesto morfologicamente molto vario su molti livelli e con diversi ordini di quinte (figura 2).

Figura 2 – Veduta d'insieme dell'area di rilievo

L'acquisizione dei dati laser è stata estesa a tutta l'area per poter fornire agli archeologi un dettagliato modello digitale del terreno sul quale pianificare gli eventuali successivi lavori di scavo, mentre le operazioni di elaborazione si sono concentrate principalmente sulla struttura a pilastri e colonne (figura 3), già oggetto dei precedenti rilievi fotogrammetrici parziali.

Figura 3 – Particolare della struttura a pilastri e colonne

Lo strumento utilizzato per il rilievo, in dotazione al Laboratorio A.S.T.R.O., è il Riegl LMS-Z420i, integrato con una fotocamera Nikon D70, solidale al laser stesso, per l'acquisizione dei fotogrammi per la colorazione della nuvola di punti e la successiva texturizzazione del modello.

Per limitare al massimo le zone d'ombra ed ottenere un buon dettaglio delle aree di maggior interesse sono state eseguite tredici scansioni con il laser posto sia in posizione verticale, sia inclinato con l'opportuno supporto, sia in posizione orizzontale.
Nell'area interessata dal rilievo sono stati distribuiti 14 *target* cilindrici e 13 *target* piani. Tutti i *target* sono stati utilizzati per registrare in un unico sistema di riferimento le scansioni ed in particolare quelli piani sono stati rilevati con metodo topografico classico tramite la stazione totale senza prisma Sokkia SET030R. Inoltre i punti di stazione topografica sono stati rilevati tramite strumentazione satellitare GPS. In tal modo il rilievo laser può essere analizzato sia in un sistema locale che in un sistema di riferimento globale e quindi confrontato spazialmente con altri rilievi archeologici e topografici.
La mole dei dati laser raccolta è notevole e per la fase di elaborazione è stata necessaria una razionalizzazione della banca dati. Infatti, come detto in precedenza, l'area di rilievo non è caratterizzata nel suo complesso da oggetti per i quali è di interesse mantenere un dettaglio elevato e, per molta parte, è sufficiente ricostruire con una maglia di trenta centimetri la morfologia del terreno. Si è suddivisa, quindi, l'area in tre sottoinsiemi: l'area 2 comprendente tutto il rilievo, ripulito semplicemente dagli oggetti esterni all'area recintata, l'area 3 comprendente sia la struttura a colonne sia la strada lastricata ed infine l'area 4, che racchiude solo la parte di maggior interesse (figura 4).

Figura 4 – Suddivisione delle aree per l'elaborazione

Creati, quindi, questi sottoinsiemi di dati si è passati alla ripulitura manuale della nuvola di punti dell'area 4 a colori reali, in modo da eliminare alcuni elementi di disturbo, quali impalcature e vegetazione. La nuvola di punti ripulita è stata quindi processata per ottenere il modello triangolato (figura 5 a sinistra). Grazie, infine, ai fotogrammi acquisiti con la fotocamera integrata è stato possibile eseguire la texturizzazione del modello poligonale, ottenendo una rappresentazione tridimensionale del manufatto (figura 5 a destra). Questo tipo di rappresentazione risulta essere notevolmente meno pesante in termini di fruibilità tramite strumenti informatici. Infatti, esportando il modello, ad esempio in formato VRML, può essere navigato ed esaminato anche in rete tramite un qualsiasi browser purchè dotato del necessario, ma gratuito, plugin.
Un modello così realizzato è di sicuro impatto emotivo per chi lo esplora tridimensionalmente e

l'integrazione dello stesso in un motore di navigazione 3D di tipo GIS può permettere di rendere accessibili al "navigante" tutte le informazioni d'archivio dell'oggetto contestualizzate con la loro posizione spaziale.
Dai contatti avuti con la Sovrintendenza, però, si è riscontrata una certa difficoltà ad utilizzare direttamente il modello tridimensionale come prodotto d'archivio e di consultazione da parte dei tecnici e degli archeologi.

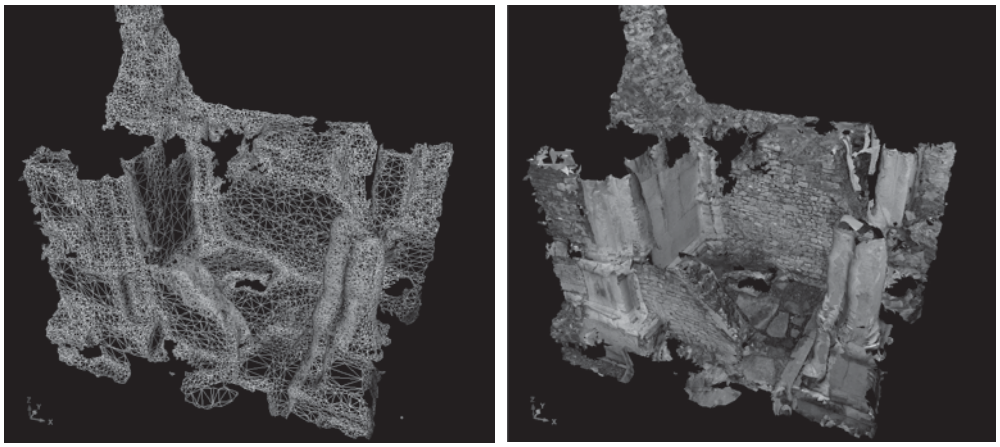

Figura 5 – Modello triangolato wireframe e con poligoni texturizzati

I prodotti presenti negli archivi sono piante, prospetti, fotopiani, rappresentazioni classiche in formato cartaceo.
Il rilievo laser è comunque in grado di soddisfare questa esigenza in quanto, creando il modello digitale delle superfici, permette di eseguire l'ortorettifica dei fotogrammi acquisiti e di produrre quindi le ortofoto dell'oggetto (figura 6). Questo tipo di prodotto trova sicuramente un più immediato riscontro nell'interesse dei tecnici per la valutazione e la salvaguardia del patrimonio archeologico.

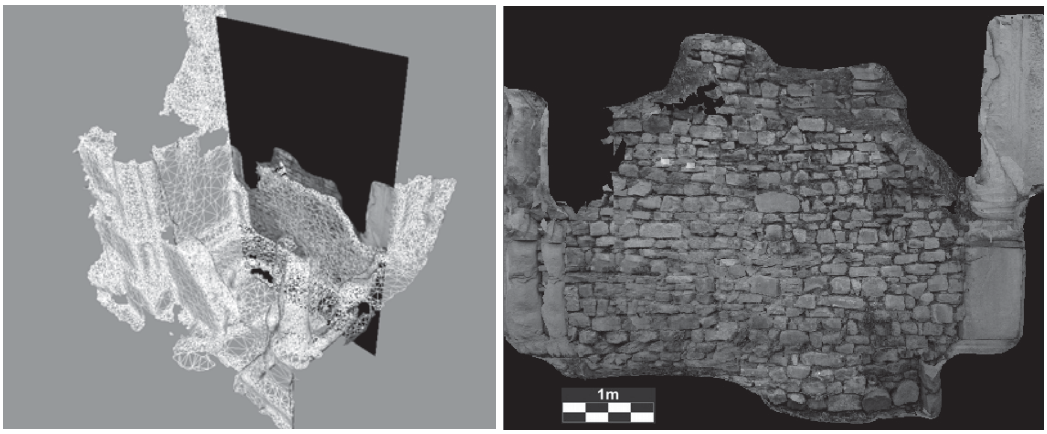

Figura 6 – Digital Surface Model ed ortofoto del lato sud-est

Conclusioni e sviluppi futuri

L'applicazione del laser a scansione ad un bene archeologico sì è rivelata interessante per due aspetti: la produzione di elaborati tradizionali quali ortofoto, piante, prospetti e la produzione di prodotti di "nuova generazione" quali i modelli poligonali tridimensionali. Per quanto riguarda il primo aspetto, il laser scanner costituisce un metodo ormai consolidato per la produzione di *Digital Surface Models* grazie ai quali operare le ortorettifiche dei fotogrammi e trova la sua miglior collocazione nei rilievi di scenari morfologicamente complessi.
Per quanto riguarda il secondo aspetto, è di grande interesse per gli autori continuare gli studi al fine di esportare i modelli tridimensionali in ambienti di tipo GIS in modo da rendere la rappresentazione oltre che "scenicamente" bella, anche ricca dei contenuti d'archivio presenti per il bene rilevato (foto storiche, documenti scritti, mappe, disegni vettoriali, ...). A tal riguardo la ricerca proseguirà con la gestione dei dati rilevati tramite software Visman del CINECA, un frame work basato sulle librerie Open Scene Graph e wx Widgets per la fruizione dei progetti di visualizzazione nell'ambito dei beni culturali.

Ringraziamenti

Si ringraziano la dott.ssa Franca Maselli Scotti della SBAAAAS del Friuli Venezia Giulia e la Prof.ssa Chiara Morselli per il supporto storico e la messa a disposizione dell'area di scavo.

Bibliografia

Iansig M. (2005), *La Fotogrammetria per l'Archeologia – Il caso Urban – Tergeste*, Tesi di Laurea in Ingegneria Edile, Università degli Studi di Trieste.
Cefalo R., Iansig M. (2005), *Rilievo fotogrammetrico delle colonne romane dello scavo Urban – Tergeste*, Atti della 9ª Conferenza Nazionale ASITA, pp. 665-670, Catania.
Caroti G., Orlandini S., Piemonte A., (2006). "Rilievi laser scanner e fotogrammetrici del Camposanto Monumentale di Piazza del Duomo, Pisa." Atti 10 Conferenza Nazionale ASITA, 14-17 novembre, Bolzano, pp. 557-562. ISBN/ISSN: 88-900943-0-3.
Caroti G., Piemonte A., (2007). "Laser Scanner and Photogrammetry for the Survey of Monumental Cemetery in Piazza del Duomo, Pisa (Italy)". International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. vol. XXXVI-5/C53, pp. 201-206. ISSN: 1682-1750.
Caroti G., Piemonte A., (2008). "An Integrated Survey for Knowledge and Preservation of a Cultural Heritage: The Albanian Fortified Citadel of Elbasan". XXI International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 3-11 July BEIJING, CHINA, pp. 373-378. ISSN: 1682-1777.