

# DOCUMENTARE L'ARCHEOLOGIA 3.0

fotogrammetria e laser scanner  
di nuova generazione

**Martedì 23 aprile 2013, ore 10.00-18.00**

Aula Prodi

Dipartimento di Storia Culture Civiltà (DiSCi)

Università di Bologna

Piazza S. Giovanni in Monte, 2

40124 Bologna

Dal rilievo archeologico alle soluzioni di realtà aumentata



**Documentare l'Archeologia 3.0: fotogrammetria e laser scanner di nuova generazione.  
Dal rilievo archeologico alle soluzioni di realtà aumentata.**

Workshop dedicato alla documentazione archeologica tramite gli strumenti avanzati di rilievo: il laser scanner di nuova generazione (più piccolo e leggero, simile a una stazione totale) e la fotogrammetria tridimensionale (da prese parallele o convergenti). L'obiettivo principale dell'evento è lo scambio di informazioni tecniche e metodologiche sull'impiego di questi strumenti in campo archeologico: dal semplice rilievo alla creazione di modelli tridimensionali da utilizzare in ambienti di realtà aumentata.

Dipartimento di Storia Culture Civiltà (DiSCi), Università di Bologna  
Sede di Bologna  
Piazza S. Giovanni in Monte, 2 40124 – Bologna (BO) – Italia

**Organizzazione:** Antonio Curci e Andrea Fiorini (DiSCi)

Per informazioni

[www.storia-culture-civiltà.unibo.it/it](http://www.storia-culture-civiltà.unibo.it/it)

[disci.info@unibo.it](mailto:disci.info@unibo.it)

[andrea.fiorini6@unibo.it](mailto:andrea.fiorini6@unibo.it)



## Programma

*In apertura intervengono:*

*Giuseppe Sassatelli (Direttore del Dipartimento di Storia Culture Civiltà)*

*Andrea Augenti (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)*

### Sezione I – **Aspetti di carattere generale**

*Introduce e coordina: Marco Dubbini (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)*

#### **1. Tecniche e sensori digitali di rilievo e modellazione 3D – stato dell’arte e criticità**

Fabio Remondino, Fabio Menna, Erica Nocerino (3D Optical Metrology unit, Fondazione Bruno Kessler, Trento)

#### **2. Laser scanning e 3D photo-scanning. Metodi di rilevamento per la documentazione 3D di beni architettonici ed archeologici**

Roberto Gabrielli, Andrea Angelini (Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali, CNR, Roma)

### Sezione II – **Scanner laser di nuova generazione**

*Introduce e coordina: Andrea Fiorini (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)*

#### **3. Esperienze di applicazione del laser scanner 3D per il rilievo e la conoscenza delle aree e dei siti archeologici**

Antonella Versaci (Facoltà di Ingegneria, Architettura e delle Scienze motorie, Università di Enna “Kore”)

Alessio Cardaci (Facoltà di Ingegneria, Università di Bergamo)

#### **4. Dal laser scanner alla realtà aumentata: studio, tutela e valorizzazione dei resti della Basilica forense di Burnum (Dalmazia)**

Alessandro Campedelli, Marco Dubbini, Enrico Giorgi (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

Pier Carlo Ricci (Dipartimento di Architettura, Università di Bologna)

Isabella Toschi (Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia)

## Dibattito

---

## Programma

### Sezione III – **Fotogrammetria**

*Introduce e coordina: Maurizio Cattani, Antonio Curci (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)*

#### **5. Nuove possibilità della fotogrammetria. La documentazione archeologica del nuraghe di Tanca Manna (Nuoro)**

Andrea Fiorini (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

#### **6. Un sistema d'informazione per l'archeologia medievale: dal rilievo fotogrammetrico all'analisi dei dati. Il progetto "Castello di Shawbak"**

Pierre Drap, Djamel Merad, Julien Seinturier, Jean-Marc Boi, Daniela Peloso (Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes, UMR CNRS 6168, Marseille, France)

Guido Vannini, Michele Nucciotti, Elisa Pruno (Dipartimento di Studi Storici e Geografici, Università degli Studi di Firenze)

#### **7. La modellazione tridimensionale nell'ambito dei beni culturali: applicazioni e confronti di metodologie low-cost**

Isabella Toschi, Riccardo Rivola, Alessandro Capra (Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia)

Marco Dubbini, Giacomo Vianini (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

#### **8. Il rilievo delle superfici tramite fotogrammetria 3D: dal microscavo dei complessi tombali agli scavi in *open area***

Cristiano Putzolu, David Vicenzutto (Dipartimento dei Beni Culturali, Università di Padova)

#### **9. Metodi "Image-based" ad integrazione del dato "Range-based": l'utilizzo di sistemi UAV nell'ambito dei beni culturali**

Marco Dubbini (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

Isabella Toschi, Riccardo Rivola, Alessandro Capra (Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia)

Mario Gattelli (Sea Air Land engineering, Maranello)

#### **10. Cloud computing e fotomodellazione come integrazione della modellazione 3D per l'architettura storica**

Simone Zambruno, Antonino Vazzana, Laura Buti (Dipartimento di Beni Culturali, Università di Bologna)

Marco Orlandi (Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale – Edilizia e Costruzioni, Università di Bologna)

## Dibattito

## Tecniche e sensori digitali di rilievo e modellazione 3D – stato dell'arte e criticità

Fabio Remondino<sup>1</sup>, Fabio Menna<sup>2</sup>, Erica Nocerino<sup>3</sup> (3D Optical Metrology unit, Fondazione Bruno Kessler, Trento)

### Abstract

Le recenti evoluzioni delle tecniche di rilievo e modellazione 3D e il continuo sviluppo di sistemi e sensori per la raccolta dati sono ormai un valore aggiunto e imprescindibile nell'ambito architettonico e archeologico. In particolare appare sempre più chiaro il contributo attivo che tali tecnologie digitali possono fornire nella fase interpretativa, nella conservazione e archiviazione dei dati e nella valorizzazione del bene rilevato, ad esempio attraverso il web. Tutti questi aspetti portano verso un miglioramento generale dell'informazione e alla crescita della ricerca e rappresentazione archeologica e architettonica. La corretta conoscenza di questi sviluppi tecnologici, dei limiti e delle potenzialità offerte, non implica di snaturare dal punto di vista culturale le figure più umanistiche e meno ingegneristiche, né le obbliga ad orientarsi verso una specializzazione estremamente verticale e tecnologica. Ma all'interno dei processi di analisi, rappresentazione e interpretazione di manufatti e siti culturali, è oggi sempre più importante essere consapevoli dell'importanza che stanno assumendo le tecniche digitali e l'impatto che hanno nel processo di analisi ed interpretazione. Questa conoscenza e consapevolezza deve però essere accompagnata da un lavoro interdisciplinare al fianco degli specialisti del rilievo, per poter impiegare al meglio le tecnologie e i prodotti derivati.

La presentazione rivedrà gli ultimi sviluppi nel settore sensoristico (camere digitali, laser scanner, etc.) e algoritmico.

Sensori passivi e attivi, metodologie automatiche di processamento e tecniche di visualizzazione saranno criticamente presentate, con esempi pratici nel settore dei beni culturali.

<sup>1</sup>remondino@fbk.eu <sup>2</sup>fmenna@fbk.eu <sup>3</sup>nocerino@fbk.eu

## **Laser scanning e 3D photo-scanning. Metodi di rilevamento per la documentazione 3D di beni architettonici ed archeologici**

Roberto Gabrielli<sup>1</sup>, Andrea Angelini<sup>2</sup> (Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali, CNR, Roma)

### Abstract

Nel panorama delle metodologie di rilevamento dei Beni Culturali, oggi, le tecniche di laser scanning e di 3D photo-scanning (fotogrammetria a nuvola di punti) stanno assumendo un aspetto fondamentale e caratterizzante nell'azione più complessa del rilievo dei monumenti. L'azione integrata di entrambi i sistemi permette di ottenere una serie di dati relativi alla documentazione 3D, finalizzata da un lato allo studio scientifico del monumento indagato, mentre dall'altro all'analisi del degrado allo scopo di conservarlo e valorizzarlo nel tempo.

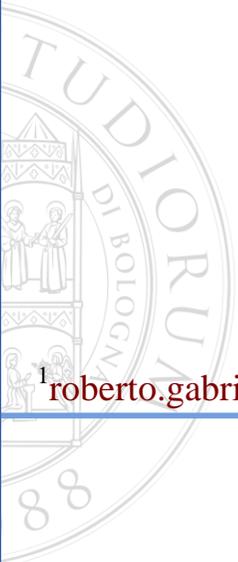
Il presente intervento mira ad evidenziare analogie e differenze di intervento relative alle due tecniche di rilevamento applicate però a due contesti distinti, ma per certi aspetti complementari, di cui il primo finalizzato alla conservazione dei monumenti e all'analisi del degrado (*Antica rete idrologica di Petra: studio e restauro nell'ottica della conservazione dei Beni architettonici*, finanziato dal MAE, Petra, Giordania) mentre il secondo all'innovativa documentazione grafica degli scavi di archeologia preventiva relativi alla costruzione delle future stazioni metropolitane di Roma e Napoli (Metro C – Stazione San Giovanni, Metropolitana di Napoli – Stazione Piazza Municipio).

Nel primo caso l'area oggetto di indagine è la valle di Petra in Giordania, luogo di immensa ricchezza del patrimonio archeologico e dichiarata Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO nel 1985. L'area monumentale di Petra è inserita in un contesto geologico che presenta prevalentemente rocce di arenaria e proprio queste rocce hanno fornito la materia prima per scolpire e costruire i famosi monumenti di epoca nabatea (bordo sinistro della Rift Valley nella Giordania centro-meridionale). Le rocce che hanno permesso a Petra di diventare una delle più grandi città carovaniere del vicino oriente antico, oggi rappresentano insieme all'acqua l'elemento principale del degrado della stessa città. Per tale motivo l'uso integrato del laser scanner e della fotogrammetria in un simile contesto (Tomba Palazzo e Tomba del Tesoro) è stato finalizzato all'analisi del degrado e alla conservazione dei monumenti per leggere sulle superfici le azioni che la natura e l'uomo hanno costruito nel tempo.

Nel secondo caso invece sono stati oggetto di indagine e sperimentazione due siti archeologici relativi ai cantieri della metropolitana per la costruzione delle future stazioni di scambio di Roma e di Napoli. La struttura e la logistica →

dei cantieri hanno contraddistinto determinate scelte sulle tecniche di rilevamento al fine di ottimizzare i tempi pur mantenendo affidabile l'opera di documentazione innovativa proposta. La documentazione si è basata sull'acquisizione di dati fotogrammetrici digitali di tutte le unità stratigrafiche e delle strutture annesse. Gli output sono stati dei modelli 3D e delle orto-foto metriche ad alta risoluzione per avere una documentazione comprensibile a tutti ed omogenea nella sua globalità.

L'obiettivo è dunque quello di evidenziare a seconda degli scopi progettuali le caratteristiche dei due metodi di rilevamento tenendo comunque in considerazione l'aspetto temporale e logistico dei luoghi dove si è operato.



## Esperienze di applicazione del laser scanner 3D per il rilievo e la conoscenza delle aree e dei siti archeologici

Antonella Versaci<sup>1</sup> (Facoltà di Ingegneria, Architettura e delle Scienze motorie, Università di Enna "Kore")

Alessio Cardaci<sup>2</sup> (Facoltà di Ingegneria, Università di Bergamo)

### Abstract

L'utilizzo dei nuovi sensori ottici attivi ha profondamente modificato le metodologie del rilievo per i beni culturali, considerati nella loro accezione più ampia. La conservazione e la valorizzazione del patrimonio richiedono un'approfondita documentazione sia in termini di forma, colore e geometria sia di caratteristiche più propriamente storico-costruttive e l'avanzamento incessante della ricerca scientifica garantisce, oggi, nuove possibilità e nuove tecnologie di cui appare indispensabile potersi (e sapersi) avvalere, in un'ottica di sperimentazione responsabile e cosciente. In ambito archeologico, al rilievo automatico 3D è ormai riconosciuto un "valore aggiunto" rispetto alle prassi operative tradizionali e *"in particolare appare sempre più chiaro il contributo attivo che tali tecnologie possono fornire nella fase interpretativa, nella conservazione e archiviazione dei dati e nella valorizzazione del bene attraverso il web"*. Tutti aspetti che concorrono certamente a un miglioramento generale dell'informazione e alla crescita della ricerca in tale settore.

D'altra parte, pur considerando la rapidità del procedimento, l'accuratezza della misura e il contenuto informativo dei dati registrati, non sono mancati gli inviti a riflettere sul ruolo che il laser scanning può rivestire nel mondo dell'archeologia, poiché, in particolare nel caso degli scavi archeologici, *"alla luce delle sperimentazioni fino ad ora conosciute, crediamo non sia ancora ben delineato il ruolo di questi nuovi sistemi"*. Ruolo che, invece, sia per il rigore scientifico che lo informa così come per la flessibilità di cui la scansione laser 3D beneficia, appare opportuno chiarire e positivamente consolidare, anche attraverso la conduzione di nuovi studi e approfondimenti.

In tale ottica, sono state portate avanti le attività di sperimentazione che qui si riassumono e che concernono aree e siti archeologici classici e medievali in Italia, Balcani e Caucaso. Esse hanno inteso fornire, attraverso metodologie innovative e in tempi estremamente ridotti, quell'apporto in termini di conoscenza storica, geometrica, costruttiva e stratigrafica, che appare sostanziale per le successive operazioni di conservazione, catalogazione e valorizzazione. Le esperienze hanno permesso la realizzazione dei modelli tridimensionali completamente misurabili delle emergenze archeologiche e monumentali rilevate, altrimenti non ottenibili (o per lo meno, molto difficilmente e con precisioni →

inferiori) con le metodologie tradizionali. È stato possibile verificare in quali aspetti il rilievo effettuato con laser scanner “produca” informazioni utili all’interpretazione archeologica e alla prassi conservativa. Sono stati quindi analizzati i vantaggi offerti dall’uso delle scansioni laser 3D in contesti complessi e sotto punti di vista diversi, ovvero: la globalità del rilievo, una maggiore precisione, una indiscutibile facilità nell’elaborazione di proiezioni ortografiche, la possibilità di sovrapporre in trasparenza i rilievi degli esterni e degli interni, la creazione di vasti archivi digitali per gli studiosi.

Accanto a tali molteplici aspetti positivi, è opportuno porre l’accento, però, su alcuni aspetti del rilievo a scansione laser che presentano ancora delle criticità, legate in particolar modo al costo dell’attrezzatura (sia della strumentazione che dell’hardware necessario all’elaborazione della grande quantità di dati), alle necessarie competenze nell’uso dei software per l’elaborazione e alle difficoltà di importazione e utilizzo dei modelli (point clouds o poligonal) nei normali applicativi CAD e di grafica.

<sup>1</sup> [antonella.versaci@unikore.it](mailto:antonella.versaci@unikore.it) <sup>2</sup> [alessio.cardaci@unibg.it](mailto:alessio.cardaci@unibg.it)



## **Dal laser scanner alla realtà aumentata: studio, tutela e valorizzazione dei resti della Basilica forense di Burnum (Dalmazia)**

Alessandro Campedelli<sup>1</sup>, Marco Dubbini<sup>2</sup>, Enrico Giorgi<sup>3</sup> (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

Pier Carlo Ricci<sup>4</sup> (Dipartimento di Architettura, Università di Bologna)

Isabella Toschi<sup>5</sup> (Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia)

### Abstract

Grazie ad una collaborazione scientifica nata nel 2005 tra Croazia e Italia, l'antico insediamento di Burnum, *castrum* romano successivamente trasformato in municipio (II secolo d.C.), è oggetto ogni anno di ricerche archeologiche sperimentali e innovative. Il progetto di ricerca (Burnum Project) è un'iniziativa promossa dai ricercatori e studiosi del Dipartimento di Storia Culture e Civiltà (dir. Enrico Giorgi e Giuseppe Lepore; coor. Alessandro Campedelli), in sinergia con i colleghi croati del Museo Civico di Drniš (dir. Josko Zaninović) e del Dipartimento di Archeologia dell'Università di Zara (accad. Nenad Cambi), sotto l'egida internazionale del Centro Studi per l'Archeologia dell'Adriatico (dir. Giuseppe Sassatelli). Obiettivi del progetto sono una migliore conoscenza e conservazione del sito romano di Burnum attraverso l'implementazione di metodologie di indagine integrata, in grado di fornire dati affidabili sul deposito archeologico con il minimo ricorso possibile allo scavo, in modo da costituire un'esperienza pilota di archeologia preventiva, attraverso un costante e continuo dialogo con le istituzioni di tutela e valorizzazione della regione. Vengono e sono state sperimentate tecniche geofisiche atte all'indagine del sottosuolo integrandole con dati riproducenti la geometria del territorio acquisiti mediante tecniche topografiche classiche, satellitari, fotogrammetriche e laser scanner. Il tutto confluisce nella mappatura archeologica del sottosuolo inserita nell'attuale conformazione morfologica del territorio. Attenzione particolare è stata data alla documentazione dell'unico monumento attualmente in essere: i due monumentali archi facenti parte della basilica civile del municipio romano. Rilevati sia con tecniche fotogrammetriche che mediante laser scanner in tempi successivi, ne sono stati ricreati i modelli tridimensionali multitemporali, con lo scopo di utilizzare i risultati per diversi aspetti. Uno per individuare eventuali movimenti in atto che comporterebbero deformazioni ed eventuali stati tensionali, un altro per analizzare il dato di risposta radiometrica al fine di individuare zone di degrado e, altresì, di utilizzare l'informazione geometrica accurata come base per la ricostruzione tridimensionale dell'intera basilica. Sulla base delle fonti e di lavori progressi, è stato →

possibile ricostruire virtualmente il modello tridimensionale ed inserirlo all'interno del contesto territoriale. Il passo successivo che si sta intraprendendo e che sta costituendo le basi di un ulteriore progetto di ricerca, è quello di contestualizzare il modello virtuale nel campo della realtà aumentata. La nuova forma di percezione del contesto archeologico che si sta cercando di sviluppare è quella di una musealizzazione basata sull'utilizzo da parte dell'utente di sistemi tablet, smartphone, google-glass, che prevede dunque di assistere l'utente/turista nel percepire come fosse la realtà del luogo all'epoca predefinita (in questo caso specifico il II secolo d.C.), sia da un punto di vista architettonico che di organizzazione spaziale, creando un sistema basato sulla completa immersività dell'utente all'interno del contesto.

<sup>1</sup> [campedelli.alessandro@gmail.com](mailto:campedelli.alessandro@gmail.com) <sup>2</sup> [marco.dubbini@unibo.it](mailto:marco.dubbini@unibo.it) <sup>3</sup> [enrico.giorgi@unibo.it](mailto:enrico.giorgi@unibo.it)

<sup>4</sup> [piercarlo.ricci@unibo.it](mailto:piercarlo.ricci@unibo.it)

<sup>5</sup> [isabella.toschi@unimore.it](mailto:isabella.toschi@unimore.it)



## Nuove possibilità della fotogrammetria. La documentazione archeologica del nuraghe di Tanca Manna (Nuoro)

Andrea Fiorini<sup>1</sup> (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

### Abstract

Con questo lavoro si vuole dimostrare come l'acquisizione, la gestione e l'analisi della componente tridimensionale del dato archeologico possa migliorare la comprensione della formazione dei diversi contesti ed in particolare della storia costruttiva di un edificio storico. L'introduzione sul mercato di una nuova generazione di laser scanner 3D (più leggeri ed economici) e la diffusione di *web service*, software *open-source* (e *low-cost*) per la fotogrammetria digitale ha innescato un dibattito sul loro corretto impiego in archeologia. Le ricerche precedenti hanno lasciato aperti diversi problemi e le soluzioni proposte non si possono ritenere ancora pienamente soddisfacenti.

Nella prima parte dell'articolo si evidenzieranno i limiti degli attuali standard di documentazione archeologica e le possibilità d'integrazione nella prassi operativa di questi nuovi strumenti, con particolare attenzione alla fotogrammetria. Nella seconda parte si proporrà un esempio di analisi archeologica dell'elevato (il nuraghe di Tanca Manna, Nuoro) tramite strumenti e metodi non convenzionali: un sistema di ripresa fotografica su asta telescopica (caratterizzato da un controllo a distanza della fotocamera e *preview* a terra dell'inquadratura); l'uso combinato di un servizio gratuito di *cloud computing* e di software commerciali per la modellazione automatica delle superfici architettoniche; una procedura informatica per documentare sul modello 3D la stratigrafia muraria e la forma degli elementi strutturali; la gestione dei dati in ambiente GIS; l'impiego del PDF3D come formato standard per lo scambio e la fruizione di contenuti tridimensionali. In conclusione si tenterà di dimostrare il valore aggiunto di questo *workflow* rispetto alla normale prassi operativa, sottolineandone la versatilità, la rapidità di esecuzione e il maggiore contenuto informativo degli elaborati finali.

<sup>1</sup> [andrea.fiorini6@unibo.it](mailto:andrea.fiorini6@unibo.it)

## Un sistema d'informazione per l'archeologia medievale: dal rilievo fotogrammetrico all'analisi dei dati. Il progetto "Castello di Shawbak"

Pierre Drap<sup>1</sup>, Djamel Merad<sup>2</sup>, Julien Seinturier<sup>3</sup>, Jean-Marc Boi<sup>4</sup>, Daniela Peloso<sup>5</sup> (Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes, UMR CNRS 6168, Marseille, France)

Guido Vannini<sup>6</sup>, Michele Nucciotti<sup>7</sup>, Elisa Pruno<sup>8</sup> (Dipartimento di Studi Storici e Geografici, Università degli Studi di Firenze)

### Abstract

In questo intervento viene presentato un progetto interdisciplinare in corso, che mira alla realizzazione di un sistema di informazione geografica (GIS) 3D dedicato ai Beni Culturali, focalizzato sul Castello di Shawbak, uno degli insediamenti rurali medioevali meglio conservato in tutto il Medio Oriente. Il Progetto Shawbak è un progetto specifico e integrato tra ricerca archeologica medievale e computer vision, che si sta sviluppando grazie ad una lunga collaborazione tra l'Università di Firenze e il *Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes* (CNRS) di Marsiglia. Il principale campo di indagine considerato è l'analisi stratigrafica degli elevati, per la quale agli archeologi viene fornita una pipeline con due fasi. La prima fase prevede il processo di rilievo, ottenuto tramite la fotogrammetria, sia quella tradizionale (con annotazioni aggiuntive) che quella più avanzata per ottenere mappe dense, mentre nella seconda fase si dotano gli archeologi di uno strumento per l'analisi statistica. Qui si intende proporre all'attenzione due applicazioni principali, cioè l'analisi stratigrafica con il matrix di Harris, realizzato *on the fly* dal visualizzatore 3D e poi alcuni strumenti statistici, soprattutto la *cluster analysis* applicata alle dimensioni dei conci messi in opera, al fine di mettere in evidenza alcune possibili nuove relazioni tra i manufatti misurati. Tutti questi sviluppi sono stati scritti in Java all'interno di Arpenteur, piattaforma di fotogrammetria sviluppata al LSIS.

<sup>1</sup>[Pierre.Drap@univ-amu.fr](mailto:Pierre.Drap@univ-amu.fr) <sup>2</sup>[Djamel.Merad@univ-amu.fr](mailto:Djamel.Merad@univ-amu.fr) <sup>3</sup>[Julien.Seinturier@univ-amu.fr](mailto:Julien.Seinturier@univ-amu.fr) <sup>4</sup>[Jean-Marc.Boi@univ-amu.fr](mailto:Jean-Marc.Boi@univ-amu.fr)  
<sup>5</sup>[Daniela.Peloso@univ-amu.fr](mailto:Daniela.Peloso@univ-amu.fr) <sup>6</sup>[guido.vannini@unifi.it](mailto:guido.vannini@unifi.it) <sup>7</sup>[nucciotti@unifi.it](mailto:nucciotti@unifi.it) <sup>8</sup>[elisa.pruno@unifi.it](mailto:elisa.pruno@unifi.it)

## La modellazione tridimensionale nell'ambito dei beni culturali: applicazioni e confronti di metodologie low-cost

Isabella Toschi<sup>1</sup>, Riccardo Rivola<sup>2</sup>, Alessandro Capra<sup>3</sup> (Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia)

Marco Dubbini<sup>4</sup>, Giacomo Vianini<sup>5</sup> (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

### Abstract

La conservazione e la valorizzazione del patrimonio culturale, per il suo valore storico ed estetico, necessitano di un'approfondita fase di documentazione: il campo dei Beni Culturali richiede, infatti, un'adeguata rappresentazione per definire sia lo stato di fatto che il proprio divenire. Tra i differenti approcci possibili, la digitalizzazione tridimensionale dell'oggetto indagato, sia esso un edificio storico, un elemento scultoreo o un reperto archeologico, si configura oggi come la più adatta soluzione metodologica, soprattutto se arricchita dalla resa foto-realistica. La disponibilità di un modello tridimensionale ove il dato metrico sia adeguatamente integrato con quello semantico-qualitativo dell'immagine fotografica permette infatti una più completa e intuitiva percezione dello oggetto rappresentato. Se tali sono gli obiettivi, probabilmente l'estrazione di nuvole di punti direttamente da immagini digitali rappresenta oggi lo strumento più innovativo e promettente, in quanto in grado di rispondere a due esigenze di base: il basso costo e l'elevato livello di automazione della procedura. Lo studio presentato si propone di valutare l'applicabilità degli algoritmi di *image matching* e *range-based* implementati in software *open source* nell'ambito dei Beni Culturali, analizzando i risultati ottenuti non solo in termini di accuratezza, ma anche dal punto di vista dei costi (economici e computazionali) richiesti per ottenerli. A tale scopo è stato scelto un caso di studio riguardante un elemento scultoreo di pregio acquisito sia con immagini digitali ad alta risoluzione che mediante un sistema *range-based* a basso costo (*Kinect*). I diversi modelli tridimensionali ottenuti sono stati analizzati anche a partire dal confronto con dati acquisiti da sensori attivi (*laser scanner* triangolatore).

<sup>1</sup>[isabella.toschi@unimore.it](mailto:isabella.toschi@unimore.it) <sup>2</sup>[riccardo.rivola@unimore.it](mailto:riccardo.rivola@unimore.it) <sup>3</sup>[alessandro.capra@unimore.it](mailto:alessandro.capra@unimore.it)

<sup>4</sup>[marco.dubbini@unibo.it](mailto:marco.dubbini@unibo.it) <sup>5</sup>[giacomo.vianini@studio.unibo.it](mailto:giacomo.vianini@studio.unibo.it)

## **Il rilievo delle superfici tramite fotogrammetria 3D: dal microscavo dei complessi tombali agli scavi in *open area***

Cristiano Putzolu<sup>1</sup>, David Vicenzutto<sup>2</sup> (Dipartimento dei Beni Culturali, Università di Padova)

### Abstract

La necessità di un metodo speditivo di documentazione tridimensionale delle superfici, in linea con le tempistiche di cantiere, a basso costo, e applicabile dal microcontesto al macrocontesto, ha indotto gli scriventi alla ricerca e allo sviluppo di una procedura standard adatta ai propositi sopra elencati.

A partire dall'acquisizione fotografica di una superficie di interesse, secondo parametri precisi di sovrapposizione della scena acquisita nelle diverse foto, e con accorgimenti sulle prese della fotocamera, è possibile ottenere un rilievo tridimensionale della superficie nella forma di una nuvola di punti. Il software utilizzato per generare la nuvola di punti è Photomodeler Scanner, scelto in primo luogo poiché dotato di un modulo interno di calibrazione della fotocamera e di un algoritmo di correzione della distorsione radiale, e inoltre per la possibilità al suo interno di verificare la posizione delle diverse prese, e di roto-traslare la nuvola di punti in un sistema di riferimento noto.

La vera potenzialità della procedura sta nel passaggio successivo, ovvero nell'inserimento della nuvola di punti all'interno di un ambiente GIS, dove, in primo luogo, da essa viene creato un DEM con un algoritmo di interpolazione.

La superficie ottenuta è così all'interno di un ambiente GIS, ed è pertanto integrabile con i tematismi vettoriali propri della documentazione GIS da scavo.

Sono stati scelti due casi studio di applicazione della procedura, l'abitato dell'età del bronzo di Gradiscje di Codroipo e una tomba a incinerazione dell'età del ferro (UFC 10) proveniente dalla necropoli del Piovego. I due complessi campione, diversificati per scala di grandezza e problematiche, sono stati analizzati in parallelo.

L'abitato dell'età del bronzo di Gradiscje di Codroipo è oggetto a partire dal 2004 di regolari campagne di scavo, organizzate dal Museo Civico archeologico di Codroipo in collaborazione con la Società Friulana di Archeologia e dirette da Costanza Brancolini e Giovanni Tasca. Negli ultimi anni le procedure di rilievo, completamente basate sul rilievo indiretto fino alla campagna 2008, sono state oggetto di un ripensamento critico e hanno visto inizialmente (campagna 2009) il ricorso alla fotogrammetria monoscopica e al microrilievo a stazione totale per poi approdare (campagna 2011 e 2012) alla fotomodellazione 3D.

L'intento che ci si è prefissati è quello di elaborare delle procedure di rilievo il più possibile speditive per



minimizzare i tempi di fermo cantiere ma allo stesso tempo cercando di valorizzare l'aspetto della ricostruzione in ambiente digitale dei contesti indagati.

Oltre all'aspetto legato alle procedure di rilievo è appena iniziata l'implementazione di un GIS nel quale si stanno vettorializzando le piante delle campagne 2004-2008 e normalizzando secondo una medesima tabella degli attributi quelle delle campagne 2009, 2011 e 2012 (nel 2010 non si è scavato).

La necropoli del CUS-Piovego (Padova) è stata indagata a più riprese tra 1975-1977 e 1986-1989 dall'allora Istituto di Archeologia dell'Università di Padova. La tomba in dolio UFC 10 è stata prelevata in blocco dal cantiere di scavo nel 1989, ed è stata oggetto di microscavo presso i laboratori di Archeologia del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università di Padova nel corso del 2011. Lo studio della tomba rientra nell'ambito del Progetto di Eccellenza Cariparo "PATAVNOS", diretto da Giovanni Leonardi.

La necessità di effettuare dei rilievi in grado di poter ricostruire con precisione la posizione e le dinamiche di collasso interno degli elementi di corredo delle tombe, ha spinto il gruppo di lavoro, in anni recenti, a sostituire il rilievo cartaceo tradizionale con il rilievo digitale attraverso tecniche fotogrammetriche e di fotomodellazione 3D. Questa nuova stagione sperimentale, inaugurata nel 2004 da L. Bezzi con lo studio di due complessi tombali attraverso una tesi di laurea, si è protratta negli anni successivi con lo scavo delle ultime tombe della necropoli.

## Metodi “Image-based” ad integrazione del dato “Range-based”: l’utilizzo di sistemi UAV nell’ambito dei beni culturali

Marco Dubbini<sup>1</sup> (Dipartimento di Storia Culture Civiltà, Università di Bologna)

Isabella Toschi<sup>2</sup>, Riccardo Rivola<sup>3</sup>, Alessandro Capra<sup>4</sup> (Dipartimento di Ingegneria Enzo Ferrari, Università di Modena e Reggio Emilia)

Mario Gattelli<sup>5</sup> (Sea Air Land engineering, Maranello)

### Abstract

Nell’ambito della documentazione del patrimonio artistico-culturale finalizzata alla conservazione, alla preservazione, alla fruizione da parte dell’utenza, la realizzazione di modelli tridimensionali di elevati contenuti qualitativi (e quantitativi) risultano essere attualmente di fondamentale importanza sia per quanto riguarda gli addetti ai lavori sia per quanto riguarda l’utente che ne vuole apprezzare le peculiarità. La creazione di modelli tridimensionali immersi in un contesto ambientale ricreato virtualmente, ad esempio, propone al visitatore una forma comunicativa che risulta essere sempre più utilizzata e accattivante. Uno degli aspetti che si è voluto analizzare è quello legato all’acquisizione dei dati per la creazione di modelli 3D a basso costo per quanto riguarda oggetti o porzioni di strutture difficilmente raggiungibili senza l’ausilio di costose o improponibili attrezzature. Basti pensare a oggetti di pregio posti sulla sommità di cupole o in elevato all’interno di grandi basiliche o palazzi, a coperture di grandi edifici storici, alla sommità di campanili, torri e quant’altro. L’utilizzo di sistemi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) adeguati allo scopo e assolutamente performanti, sono risultati di fondamentale utilità. Predisponendo un accurato piano di volo e pilotando il mezzo in modalità totalmente manuale, sono state acquisite immagini digitali ad alta risoluzione mediante fotocamera reflex calibrata della porzione superiore del campanile della basilica di Santo Stefano a Bologna allo scopo di creare il modello tridimensionale della sommità per mezzo di algoritmi *Image-based*. Il risultato, ottenuto dopo accurato processamento del dato, è stato successivamente integrato al modello 3D del campanile stesso, i cui dati sono stati bensì ottenuti mediante acquisizioni multiple utilizzando laser scanner (*range-based*) a tempo di volo.

<sup>1</sup>[marco.dubbini@unibo.it](mailto:marco.dubbini@unibo.it)

<sup>2</sup>[isabella.toschi@unimore.it](mailto:isabella.toschi@unimore.it) <sup>3</sup>[riccardo.rivola@unimore.it](mailto:riccardo.rivola@unimore.it) <sup>4</sup>[alessandro.capra@unimore.it](mailto:alessandro.capra@unimore.it)

<sup>5</sup>[mgattelli@gattelli.com](mailto:mgattelli@gattelli.com)

## Cloud computing e fotomodellazione come integrazione della modellazione 3D per l'architettura storica

Simone Zambruno<sup>1</sup>, Antonino Vazzana<sup>2</sup>, Laura Buti<sup>3</sup> (Dipartimento di Beni Culturali, Università di Bologna)

Marco Orlandi<sup>4</sup> (Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale – Edilizia e Costruzioni, Università di Bologna)

### Abstract

L'architettura storica presenta spesso particolari estremamente dettagliati quali capitelli, portali, fregi o decorazioni; le tradizionali tecniche di modellazione tridimensionale via software di elementi così elaborati possono rappresentare un'operazione estremamente lunga e complessa, che spesso richiede una notevole manualità tecnico-artistica da parte dell'operatore.

Il lavoro presentato vuole proporre un caso di studio all'interno del quale la modellazione 3D via software di un edificio religioso storico è stata integrata con un processo di generazione semi-automatica di modelli tridimensionali mediante fotomodellazione e *cloud computing*.

Il caso di studio è rappresentato dalla ricostruzione virtuale delle principali modificazioni strutturali subite dalla chiesa di San Giovanni Evangelista in Ravenna, edificata per volontà dell'imperatrice Galla Placidia nel V secolo d.C. Per le operazioni di modellazione ci si è avvalsi di software opensource: Blender per la modellazione delle strutture principali (come le murature, le absidi o il narcece), e Autodesk 123D Catch per la generazione dei modelli virtuali dei capitelli, dei pulvini e delle colonne. La tecnica utilizzata dimostra come tale metodologia ibrida permetta di semplificare la creazione di forme complesse e incrementare allo stesso tempo il livello dettaglio e la fedeltà all'oggetto originale riducendo i tempi dell'intero processo di modellazione virtuale.

<sup>1</sup>[simone.zambruno@studio.unibo.it](mailto:simone.zambruno@studio.unibo.it) <sup>2</sup>[antonino.vazzana@studio.unibo.it](mailto:antonino.vazzana@studio.unibo.it) <sup>3</sup>[xlaura.but@libero.it](mailto:xlaura.but@libero.it)

<sup>4</sup>[marco.orlandi5@unibo.it](mailto:marco.orlandi5@unibo.it)