Metodi innovativi per la documentazione e valorizzazione di siti archeologici

G. Fangi, E.S. Malinverni, E.d'Annibale, A.N. Tassetti, C.A. Bozzi

DICEA, Università Politecnica delle Marche, Facoltà di Ingegneria
Via Brecce Bianche, 60131 Ancona
{g.fangi, e.s.malinverni, e.dannibale, n.tassetti }@univpm.it, carloalbertobozzi@gmail.com

Riassunto
Il gruppo di Geomatica del dipartimento DICEA (Università Politecnica delle Marche) da tempo si occupa di rilievo, documentazione e valorizzazione di siti archeologici con collaborazioni a livello internazionale.
La ricerca punta allo sviluppo di metodi innovativi di rilievo architettonico e alla loro integrazione in una soluzione organica che parte dall'acquisizione dei dati fino alla divulgazione, pubblicazione e musealizzazione del bene archeologico/architettonico. Le tecniche oggetto di ricerca vanno dal rilievo speditivo (tramite topografia, fotogrammetria terrestre e laser scanning), alla produzione di informazioni geografiche e modelli foto realistici fino alla divulgazione tramite tecniche di navigazione virtuale interattiva, multi-proiezione in ambienti immersivi e pubblicazione WEB GIS in ambiente open source. I dati e i contenuti prodotti e potenzialmente producibili vanno strutturati in un modello di dati condiviso definendo regole che permettano l'integrazione, la gestione, l'interrogazione e la condivisione delle informazioni in un ambiente GIS e/o museale. L'obiettivo è definire l'architettura di un sistema che consenta di fornire soluzioni e servizi innovativi e di forte impatto comunicativo ai responsabili dei siti archeologici e ai visitatori reali/virtuali degli stessi.

Abstract
The geomatic research group (DICEA, Università Politecnica delle Marche) is devoted to geo-referenced and geospatial data mapping and surveying, sensor and data integrations, man-made structures digital reconstruction, GIS and cartography applications, cultural heritage documentation and digital preservation. A consolidate know-how has been acquired in the experience and development of different methodologies based on terrestrial, aerial and satellite photogrammetry as well as on 3D modeling systems based on triangulation and time-of-flight range sensors (laser scanners). The research group is working on the optimization and development of methods and tools for virtual reconstruction and visualization of natural and man-made sites or objects, the fusion of 3D models acquired with different techniques (at different point densities and measurement accuracies) and the development of new data processing pipelines. The focus is to define the architecture of a system suitable for the management of survey acquisition data and the provision of innovative services to the visitors and the responsibles for archeological sites: reality-based 3D surveying, modeling and visualization applied to architectures and cultural heritage.

Introduzione

I beni culturali costituiscono una risorsa strategica per lo sviluppo sociale ed economico.
Il mondo dei beni culturali sta vivendo una fase di promozione e valorizzazione del proprio patrimonio anche per l'accessibilità di diverse tecniche di documentazione e rilievo e l'innovativo utilizzo di strumenti di conoscenza, promozione e comunicazione di tipo multimediale.
Le problematiche della tutela, conservazione e valorizzazione di queste risorse coinvolgono un ampio spettro di discipline e di tecniche.

Dal guppo di geomatica nasce quindi l'idea di integrare e finalizzare le diverse professionalità sviluppate in anni di lavoro in un unico progetto di documentazione, tutela e valorizzazione dei beni storico-artistici.
Punto di forza è la integrazione sinergica di diversi ambiti di ricerca, essenziale per la definizione e l'implementazione di nuove metodologie di indagine e valorizzazione dei manufatti e del territorio: dall'analisi e conoscenza storica e architettonica del bene, alla progettazione e ottimizzazione del rilievo fino alla fase di divulgazione e valorizzazione attraverso i più attuali strumenti di documentazione multimediale.
Il progetto di ricerca proposto ben si allinea con le intenzioni e linee guida proposte dalle organizzazioni scientifiche/culturali internazionali operanti nel settore .
L'idea chiave è che un bene culturale è protetto solo se totalmente rilevato, documentato, continuamente monitorato con il massimo rispetto dell'Ambiente circostante e percepito dal destinatario (cittadino, turista o Ente). La valorizzazione del bene diventa completa quando la descrizione metrica è affidabile ed esaustiva e tutte le informazioni rilevate sono standardizzate e catalogate in sistemi informativi che ne garantiscono l'interazione e la frubilità a diversi livelli.
Le esperienze fatte in diversi anni di ricerca ci permettono di progettare e proporre soluzioni di rilievo e comunicazione che ben si adattano alle caratteristiche ed esigenze dei beni culturali.
I beni culturali:

- scompaiono ad una velocità superiore a quella con cui si riescono a documentare.
  Eventi naturali, catastrofici e guerre mettono infatti continuamente a rischio i beni archeologici con modalità e conseguenze non prevedibili. Il rilievo del bene deve essere perciò speditivo, spesso d'emergenza e in casi estremi (beni non più accessibili o scomparsi) possibile anche da materiale già disponibile (foto turistiche, documentazione panoramica).
- sono spesso difficili da raggiungere per motivi morfologici e politici.
  Il rilievo acquisisce potenzialità se realizzabile con strumentazione leggera, in casi estremi con una semplice macchina fotografica.
- non sono spesso inseriti in contesti socio-economici tali da catalizzare l'interesse e garantirne efficienti strumenti di tutela.
  In questi contesti soprattutto si evidenzia la necessità di una documentazione completa, *low-cost* e di qualità tale da promuovere la conoscenza e la sensibilizzazione al bene stesso.
- devono poter essere inseriti in contesti di salvaguardia, di promozione e protocolli di monitoraggio/intervento per la tutela e la gestione.
  Qui nasce la necessità di definire standard di rilievo/ricostruzione al fine di produrre modelli confrontabili, accessibili e adattabili a diversi tipi di esigenze (turistiche, didattiche, conservazione, restauro).
- devono essere fruibili in modo partecipato e ponderato, raggiungere e sensibilizzare diversificate fasce di utenti senza limiti spazio-temporali.
  I canali mediatici stessi diventano oggetto di ricerca e vanno diversificati per proporre più soluzioni di divulgazione che vanno dall'interrogazione GIS/WebGIS all'istallazione multimediale di forte impatto comunicativo (virtuale ed immersiva).
  La comunicazione infatti, pur non essendo il rimedio per sciogliere le criticità legate alla salvaguardia dei beni archeologici, ha un ruolo importantissimo nella promozione del patrimonio artistico e culturale e determina il modo in cui il patrimonio stesso viene percepito, reso pienamente fruibile e sentito come bene da salvaguardare.

Temi di ricerca:
Nel campo del rilievo l'esperienza sviluppata copre un'estesa casistica di contenuti che vanno dalla scala urbana, alle architetture più o meno complesse fino ai manufatti scultorei e di design.
Le diverse esperienze di rilievo consentono di valutare in maniera preventiva il migliore approccio (in termini di risoluzione e precisione) all'oggetto in relazione alle diverse applicazioni e finalità.

La ricerca fin qui sviluppata si articola in 2 fasi principali: Rilievo/Ricostruzione 3D digitale (fotografie panoramiche, fotogrammetria sferica, scansioni *laser*, tecniche di *Structure for Motion e Image-based modeling* per riscostruzioni virtuali fotorealistiche) e Rappresentazione (navigazione interattiva, sistemi di *tracking*, multiproiezione, sistemi di visione stereoscopica, pubblicazione GIS/WebGIS).

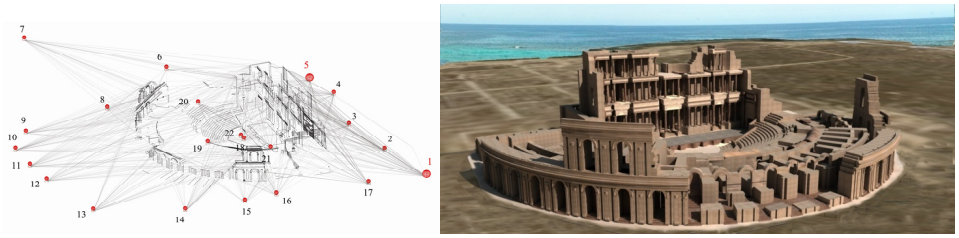


Figura 1 – Teatro di Sabratha: Rilievo (a), Rappresentazione (b) (restituzione Cecilia Pisa).

La prima fase di rilievo e ricostruzione mira ad ottimizzare una metodologia di lavoro che vede il contenuto architettonico/archeologico al centro di un processo di ricostruzione virtuale con caratteristiche di precisione, affidabilità, speditezza, accessibilità e integrabilità.
La seconda si propone invece di sviluppare linguaggi innovativi attraverso l'utilizzo di strumenti evoluti che garantiscono un forte impatto comunicativo.
In particolare, accanto alle ormai conosciute ed accessibili tecniche di rilievo, una soluzione speditiva, unica ed innovativa è quella della fotogrammetria sferica ideata e sviluppata dal Prof. G.Fangi che consente di integrare le esigenze metriche con quelle di una documentazione fotografica esaustiva.
La fotografia è essenzialmente di tipo panoramico. La strumentazione fotografica necessaria (camera, cavalletto e testa panoramica) permette agli operatori un buon grado di mobilità ed indipendenza e grazie alla consolidata esperienza si riesce in tempi brevi ad ottenere un numero elevato di panoramiche per aree piuttosto estese e in luoghi difficilmente accessibili con strumentazioni ingombranti.
Il vantaggio più evidente di questa metodologia è che, con la medesima speditezza delle operazioni, si esegue una campagna di acquisizione di informazioni fotografiche e fotogrammetriche che garantisce completezza del dato e precisione in fase di restituzione.
L'utilizzo integrato di tecniche fotogrammetriche e di *computer vision* e l'attenzione al livello di dettaglio in base alla scale di rappresentazione danno agli elaborati digitali elevato valore scientifico e ne consentono la visualizzazione su diverse piattaforme.
La possibilità di disporre di tecnologie sviluppate in dipartimento e la possibilità di utilizzare strumentazioni *low cost* abbatte inoltre l'onere per il finanziamento di una missione.
La possibiltà di approciarsi ad una documentazione multimediale attraverso collaudati strumenti di rilievo ed affinate tecnologie di elaborazione grafica ci permette di raggiungere alti livelli di precisione e fotorealismo nella ricostruzione tridimensionale.
I modelli realizzati con queste tecniche digitali di rilievo possono poi essere utilizzati per diversi scopi: documentazione, monitoraggio, conservazione digitale, repliche fisiche, realizzazione di animazioni per i musei (installazioni multimediali interattive e immersive) oppure per la pianificazione al computer di operazioni di restauro.
Di seguito vengono riportate alcune esperienze di ricerca e cooperazione come esempi di metodologie collaudate e integrabili in un processo generale di documentazione/comunicazione del patrimonio culturale.

ESPERIENZE E COLLABORAZIONI

Documentazione, Rilievo e Ricostruzione virtuale

Il tipo di documentazione esaustiva e il trattamento appropriato del materiale digitale permette l'elaborazione e l'integrazione dello stesso nei più evoluti sistemi di rilievo, rappresentazione e comunicazione legata all'architettura e all'archeologia. Grazie a metodologie di lavoro ormai collaudate si è in grado di produrre elaborati digitali in linea con i più moderni standard di qualità dell'immagine panoramica, di precisione del rilievo e di fotorealismo del modello.

- **L'Aquila, Italia**

A seguito del terremoto che ha colpito la città dell'Aquila nell'Aprile del 2009, abitazioni ed edifici di rilevanza architettonica hanno subito danni più o meno gravi evidenziando l'esigenza di una documentazione rapida e precisa a supporto del necessario processo di ricostruzione.

Oggetto di questa esperienza è la chiesa di S.Maria del Suffragio o popolarmente detta delle Anime Sante, edificata nel XVIII sec in Piazza del Duomo. Consapevoli della precisione necessaria, si è proceduto con il confronto e l'integrazione di diverse tecniche di rilievo: stazione totale, laser scanner, fotogrammetria sferica. Inoltre si sono sperimentati nuovi sistemi di restituzione automatizzata con foto ad alta risoluzione.

La metodologia proposta mira ad interventi sul territorio con strumentazione leggera, velocità di acquisizione e completezza del dato.

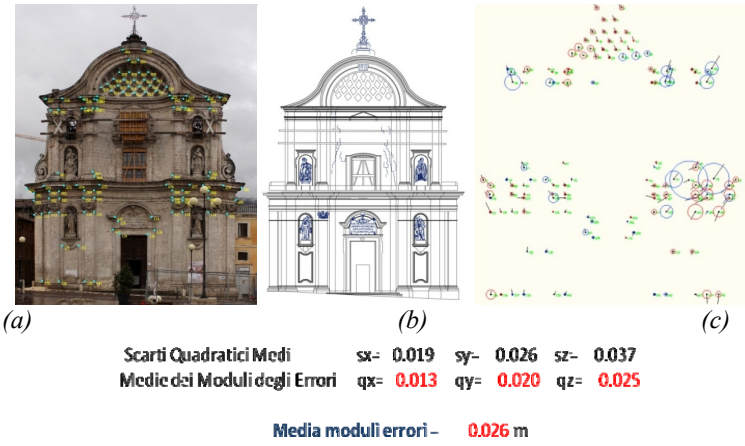


Figura 2 – Rilievo tramite stazione totale dei punti scelti per il confronto di precisione (a), Restituzione tramite fotogrammetria sferica (b), Ellissi di errore (c).

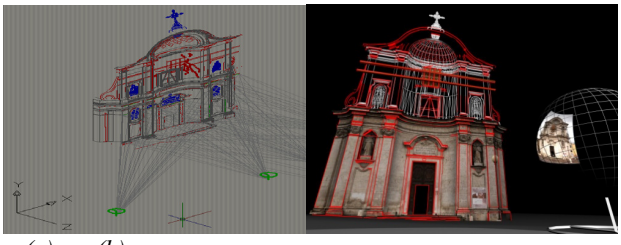


Figura 3 – Restituzione di primitive tramite fotogrammetria sferica (a), Creazione del modello con texture muraria ad alta risoluzione (b).

(a) (b)

Figura 4 – Formazione di immagini ad alta risoluzione per restituzione automatizzata di punti (a), Nuvole di punti tramite procedure di Structure for Motion (b).

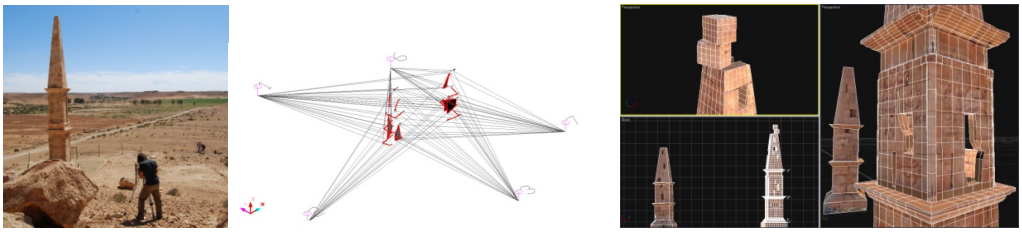
- **Siti archeologici di Sabratha, Leptis Magna, Cyrene e Gadames Libia**

Il progetto nasce da una collaborazione finalizzata all'allestimento del Museo della Libia, Tripoli. Il gruppo di lavoro ha seguito una metodologia sperimentale di documentazione per la musealizzazione delle architetture e dei beni archeologici. In particolare sono state ricostruite statue di rilevanza mondiale e architetture tipiche del luogo (aghi del deserto).
La missione è durata 2 settimane ed ha coinvolto un team di diverse professionalità (archeologi, videomakers, fotografi e topografi). La mobilità permessa dalla metodologia di rilievo scelta ha consentito di coprire ampie aree di indagine con tempi ristretti e garantendo un'acquisizione di alta qualità sia dal punto di vista fotografico che metrico.

(a) (b) (c) (d)

Figura 5 – Acquisizione panorami (a)Panoramiche del Teatro di Sabrata (b), Fotografia ad alta risoluzione di colonna con bassorilievi della basilica di Leptis Magna (c) e relativo dettaglio (d).

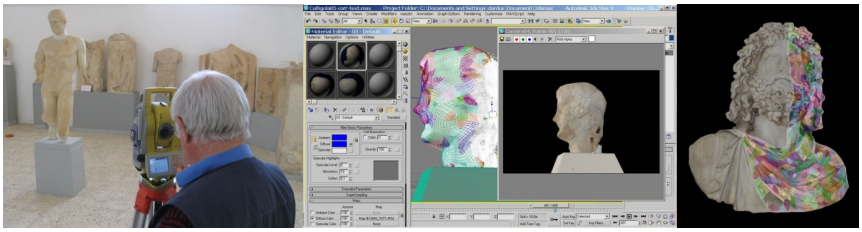
Le architetture sono state rilevate con metodi di fotogrammetria sferica e ricostruite nei singoli elementi tramite tecniche di *Image-based modelling*, garantendo precisione e fotorealismo.



(a) (b) (c)

Figura 6 – Campagna di rilievo fotogrammetrico (a), Restituzione fotogrammetrica delle architetture (b), Modello 3D fotorealistico (c).

Per le statue invece sono stati riprodotti fedeli modelli tramite acquisizione laser e conseguente creazione delle superfici e testurizzazione. I modelli 3D delle statue e degli aghi sono stati utilizzati per produrre elaborati video da proiettare su pannelli olografici.



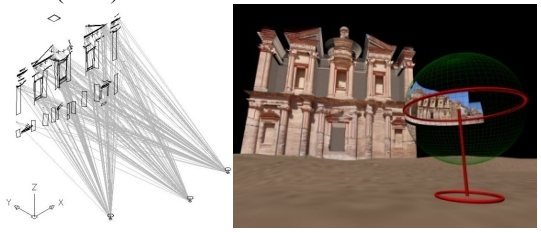
(a) *(b)* *(c)*

Figura 7 – Campagna di rilievo laser scanner (a,) Nuvola di punti (b), Modello 3D (c).

Relativamente ai siti archeologici *tools* appositi sono stati creati per consentirne la navigazione interattiva su supporti multimediali. E' stato così possibile creare una rete di percorsi esplorativi virtuali che permettono al turista di raggiungere con facilità i più caratteristici e affascinanti punti di osservazione. Alla luce degli ultimi eventi storici il lavoro fatto diventa una documentazione metrica e fotografica preziosa per future analisi o ricostruzioni storiche.

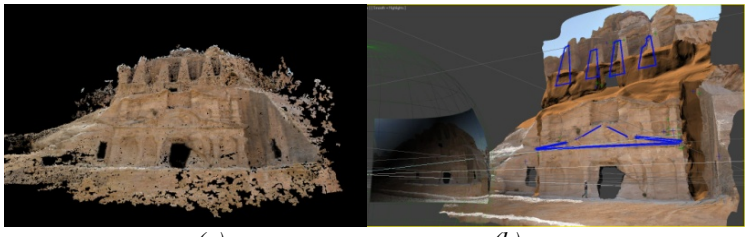
- **Petra, Giordania**

Petra è un sito archeologico dichiarato nel 2007 una delle 7 meraviglie del mondo moderno. Tutelato dall'UNESCO dal 1985 è famoso per le numerose facciate intagliate nella roccia, uniche per materiale e colore. Per lungo tempo abbandonate ed esposte ad agenti atmosferici, i reperti archeologici si sono deteriorati molto velocemente e sono necessari programmi di monitoraggio continui. Le architetture presentano un grado di degrado più o meno grave con geometrie più o meno definite. Diventa per questo necessario affiancare ai classici metodi fotogrammetrici (basati sul riconoscimento manuale di punti omologhi) tecniche di restituzione automatizzata (SfM).
Oltre al dato geometrico si è posta particolare attenzione al livello di dettaglio delle *textures* per rendere la lettura del materiale il più possibile coerente e dettagliata. Della valle di Petra sono stati ricostruiti 3 dei più importanti monumenti utilizzando tecniche di fotogrammetria sferica unite a quelle di Structure for Motion (SfM).



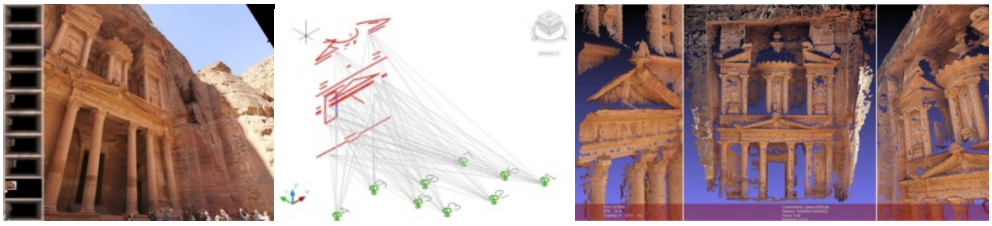
(a) *(b)*

Figura 8 – Ad Deir, Il Monastero: Restituzione fotogrammetrica (a), Image Based Modeling (b).



(a) *(b)*

Figura 8 – Tomba dell'Obelisco e Triclinio di Bab As Siq:
Restituzione con SfM (a) e Image Based Rendering (b) (restituzione Sabino Massa).

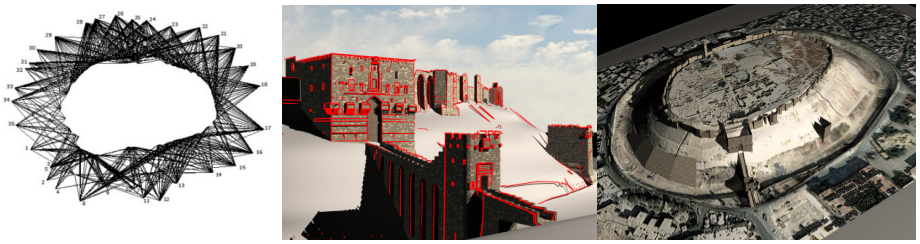


(a) *(b)* *(c)*

Figura 9 – El Khasneh, noto come "Il Tesoro" (I secolo a.C.): VR tool (a), Orientamento Panorami(b), Nuvola di punti ottenuta con SfM (c).

- **Cittadella di Aleppo, Siria**

La cittadella di Aleppo, uno dei più notevoli esempi di architettura militare in Medio Oriente, è Patrimonio Mondiale dell'Umanità dell'UNESCO dal 1986.
La realizzazione di 35 panoramiche, scattate in occasione di una visita turistica, ha permesso una visione globale di tutto il complesso militare della Cittadella di Aleppo. Tramite le tecniche di fotogrammetria sferica è stato possibile costruire il modello 3D dell'intera cinta muraria, studiarne le dimensioni e georeferenziarlo in Google Earth.
L'esperienza di ricerca dimostra come la fotogrammetria sferica sia un strumento adatto anche al rilievo di beni archeologici di dimensioni notevoli (una "città) e forme complesse. La cittadella si trova infatti su una collina naturale e ha una pianta ellittica di 350-550 m di diametro; l'ellisse superiore invece ha dimensioni di 160m e 280m.



(a) *(b)* *(c)*

Figura 10 – Rete delle panoramiche (a), Restituzione e modellazione (b), Georeferenziazione (c) (restituzione Livia Piermattei).

- **Sito archeologico di Angkor Wat, Cambogia**

Il sito archeologico, incluso dal 1992 fra i Patrimoni dell'Umanità dall'UNESCO ed esempio di architettura Chmer, è stato a lungo tempo incustodito e soggettto all'azione devastante della foresta. Gran parte dei monumenti sono stati restaurati con le tecniche dell'anastilosi che evidenziano l'esigenza di una ricostruzione fedele del manufatto fino alla possibilità di numerare e classificare i singoli elementi.
In questa esperienza si sviluppa una metodologia a supporto del restauro del monumento tramite l'integrazione della fotogrammetria sferica con tecniche di restituzione automatizzata, più pratiche per la modellazione di superfici complesse come bassorilievi.

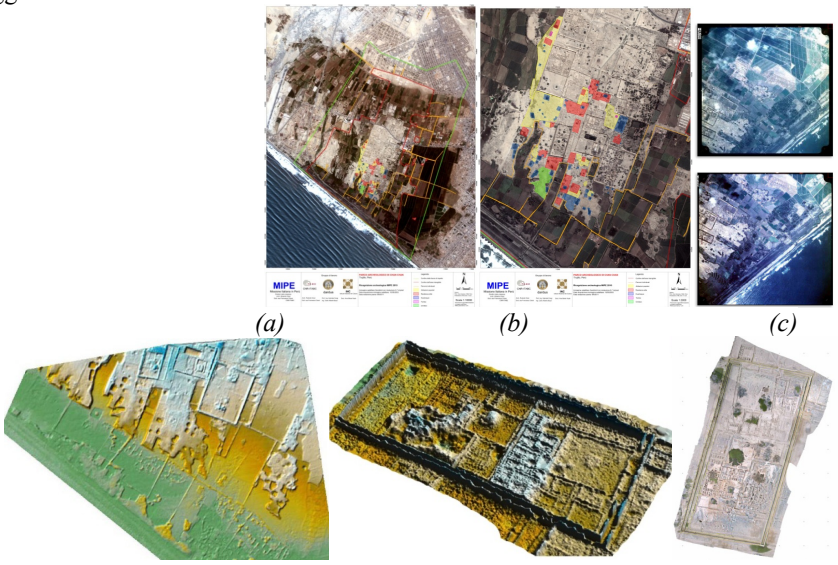
(a) (b) (c) (d)

Figura 11 – Biblioteca del Tempio di Banteay Srei(a), Ricostruzione dell'intero Tempio di Banteay Srei (b), Modello 3D fotorealistico (c) Applicazioni per l'anastilosi: scomposizione, dimensionamento e numerazione degli elementi (d) (rilievo e restituzione Giorgia Clerico).

- **Complesso archeologico di Chan Chan, Trujillo, Perù**

Il complesso archeologico del Chan Chan appartiene alla lista UNESCO del Patrimonio Mondiale e rappresenta il più vasto insediamento dell'America Latina costruito in adobe (si estende su una superficie di 14 km²). In collaborazione con l'Istituto per le Tecnologie applicate ai Beni Culturali del CNR, la missione porta avanti un'opera di documentazione e valorizzazione turistica del complesso archeologico e dell'intera regione attraverso la progettazione e realizzazione di un Parco Archeologico e di tutte le infrastrutture ad esso collegate.

L'esperienza scvolta ha permesso di collaudare diverse tecniche di rilievo: telerilevamento da immagini satellitari, fotogrammetria aerea (con prese nadirali e camera fotogrammetrica e prese oblique a bassa quota), rilievi topografici diretti con gps, stazione totale e laser scanner. Il tutto è stato organizzato in un GIS che ha permesso, in accordo con le autorità Peruviane, la redazione di un piano di salvaguardia dell'intero sito archeologico che rischia la scomparsa a causa della forte aggressione urbana.



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Figura 12 – Sito archeologico di Chan Chan: Aree di salvaguardia (a), Zonizzazione parziale (b), Prese aerofotogrammetriche eseguite dalla NASA nel 1970 (c), DSM fotogrammetrico della parte sud del sito (d),DSM (e) e Ortofoto (e) di Palazzo Rivero.

- **Castelli di Elmina e Cape Coast, Ghana**

I castelli, eretti dai mercanti europei e tristemente noti per essere stati avamposti della tratta degli schiavi, sono testimonianze molto significative a livello storico e di progettazione architettonica. In particolare il Castello di Elmina, costruito nel 1482, è il primo punto di approdo dei portoghesi per l'esplorazione della Costa d'Oro e la più vecchia testimonianza in Africa della presenza europea. Insieme alle altre fortificazioni di simile origine è tutelata dall'UNESCO dal 1979.
In collaborazione con l' Università Irvine in California (prof. Magda El Zarchi) e l'Università di Mines and Tecnology del Ghana è stata eseguita una campagna di acquisizione fotografica di tipo panoramico finalizzata alla ricostruzione 3D con *texture* foto-realistica e alla navigazione virtuale dei castelli stessi. Anche in questa esperienza l'estrema flessibilità del metodo utilizzato e la strumentazione leggera (camera, testa panoramica e treppiede) ha consentito in pochi giorni e con soli 2 operatori un'acquisizione esaustiva e dettagliata delle estese strutture:200 panorami sferici ad alta risoluzione.

(a) *(b)* *(c)*

Figura 13 – Strumentazione di acquisizione (a), Anteprime delle panoramiche (b), fotografia panoramica del Castello di Elmina (c).

Valorizzazione e Comunicazione

L'interattività fornisce promettenti piattaforme attraverso cui far transitare attività di apprendimento, esperienza e comunicazione del bene culturale.
La collaborazione in vari progetti museali legati all'architettura e varie ricerche in corso mirano alla progettazione di apparati complessi di visualizzazione del modello su diversi tipi di supporti: dal semplice video/monitor fino a grandi spazi di proiezione e stanze immersive. Le soluzioni oggetto di studio sono composte da moduli software e servizi confezionati su misura per realtà culturali diverse e per le varie tipologie di beni conservati siano essi collezioni esistenti o "nascoste"(archivi, documenti e opere non accessibili perché dispersi o situati in altre sedio di difficile leggibilità).

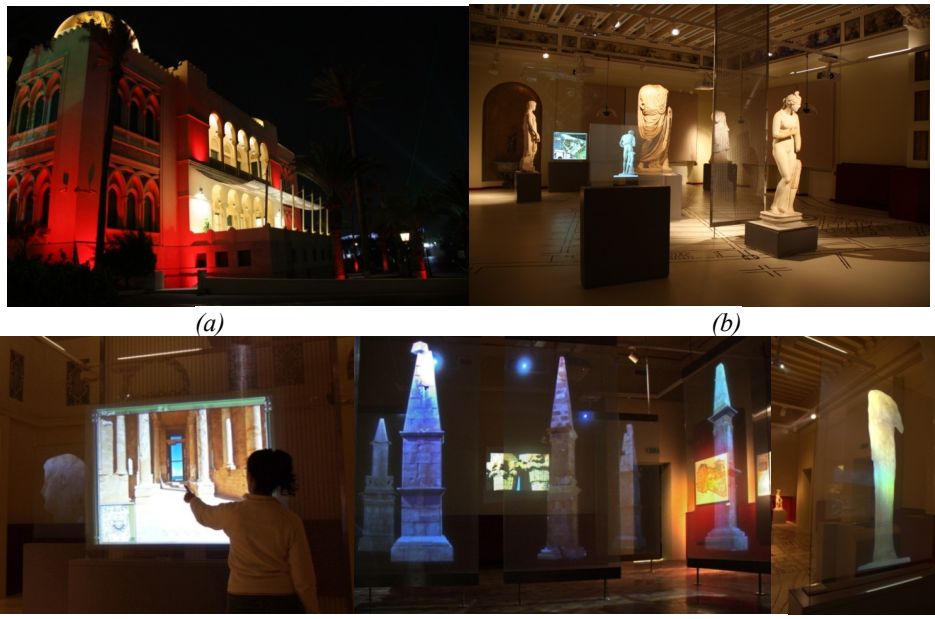
(a) *(b)*

Figura 14 – Vitruvio e il De Architettura nella Cultura Classica, Fano, 2010: Allestimento multimediale con punti per la navigazione interattiva dei siti (a), proiezione olografica (b).

L'integrazione dei contenuti multimediali all'interno di un unico ambiente di rappresentazione consente il controllo completo dei parametri che regolano la qualità dell'elaborato e il coinvolgimento dell'utente o di più utenti.

- **Museo della Libia, Palazzo del Popolo, Tripoli**

Il Museo della Libia, purtroppo coinvolto negli ultimi eventi storici, è un progetto dello Studio di Architettura Crachi di Roma. L'installazione delle tecnologie di interazione e proiezione è invece a cura di TouchWindow ®- Pixart s.r.l.
A seguito di una convenzione universitaria con la società Touch Window ® – Pixart S.r.l., il gruppo di lavoro si è occupato della realizzazione degli elaborati digitali dedicati alla navigazione interattiva ed alla rappresentazione olografica e in particolare:
- realizzazione di un *tool* tecnologico da utilizzare come framework di sviluppo
- realizzazione di panoramiche VR
- produzione di modelli visuali per proiezioni olografiche dei manufatti architettonici denominati "aghi del deserto"
- produzione di modelli visuali per proiezioni olografiche di statue



(a) *(b)* *(c)* *(d)* *(e)*

Figura 15 – Ex Palazzo del Popolo (a), Allestimento museale (b), Soluzione Touch Window per la navigazione interattiva (c), Stanza degli aghi con rappresentazioni fotorealistiche su grandi pannelli olografici (d), Rappresentazione olografica di elementi scultorei (e).

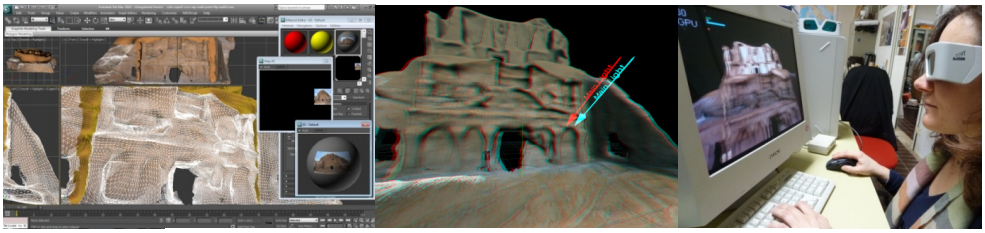
- **Navigazione delle fotografie panoramiche e dei modelli 3D**

L'idea è di proporre nuove forme di comunicazione legate ai beni culturali per visualizzare fotografie panoramiche e ricostruzioni 3D fotorealistiche senza perdite di qualità geometriche e texturali, mantenendo inalterate le caratteristiche di estrema fluidità e controllo.
La ricerca si pone l'obiettivo di sviluppare strumenti innovativi ben adattabili a diverse esigenze: dalla didattica ai musei, dalla documentazione fotografica a quella fotogrammetrica.
Punto chiave della soluzione VR proposta è l'ambiente di programmazione visuale VVVV che rende possibile la gestione e l'interazione in tempo reale con una grande quantità di contenuti multimediali testuali, audio e video. In aggiunta lo stesso ambiente di programmazione permette una forte personalizzazione delle interazioni con l'utente e delle configurazioni di output video. Diverse interazioni con l'utente sono state testate: *mouse*, tavoletta grafica, *joystick*, *touchscreen* e

sistemi di *video/laser object detection*. Inoltre è possibile la navigazione sia di fotografie panoramiche che di modelli virtuali anche in modalità stereoscopica.

(a) *(b)* *(c)*

Figura 16 – Installazione su touchscreen olografico - SIB Rimini 2008 (a), Configurazione di periferiche user friendly (b), Sistemi di Tracking (Object Detection) e multiproezioni su grandi superfici (c).

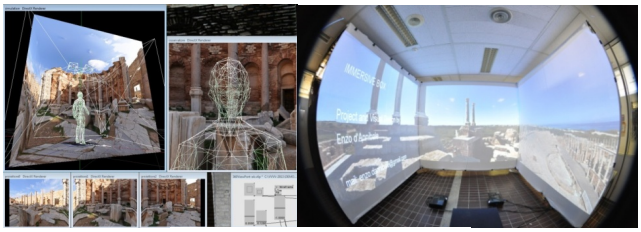


(a) *(b)* *(c)*

Figura 17 – Modello low poly con texture fotorealistica in un software di modellazione 3D (a), Navigazione interattiva stereoscopica con occhiali3D anaglifi (b) e occhiali LCD attivi (c).

- **BOX immersivo**

Una configurazione evoluta del VR sperimentata all'interno del laboratorio universitario è il box per la navigazione immersiva che coinvolge l'utente, in un'esperienza virtuale plurisensoriale.

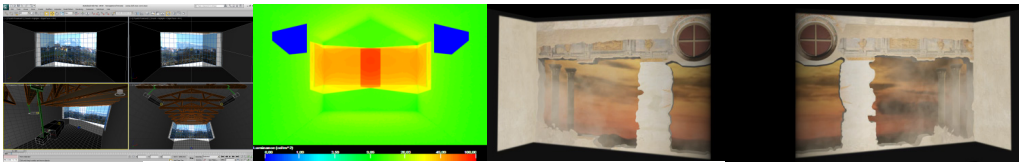


(a) *(b)*

Figura 18 – Simulazione di una stanza con proiezioni immersive (a), Installazione del box (b).

- **TAMO, Chiesa di S. Nicolò, Ravenna**

In occasione dell'allestimento museale TAMO (Tutta l'Avventura del Mosaico) si è sviluppato un sistema per multiproiezioni su superfici di geometria complessa. All'interno di una vasta gamma di tecnologie multimediali per la "comunicazione" e valorizzazione dell'arte del mosaico, il lavoro è consistito nella ricostruzione virtuale del modello per permettere una serie di simulazioni utili sia in fase di progettazione che di allestimento degli apparati di proiezione. Attraverso *tool* appositi sono stati inoltre prodotti video ad altissima risoluzione e strumenti di calibrazione delle proiezioni.



(a) (b) (c)

(d)

Figura 19 – Modello e simulazioni di progetto (a), Simulazione fotometrica (b), Elaborato video ad alta risoluzione con correzione della deformazione e softedge (c), Allestimento museale (d).

Conclusioni

L'innovazione tecnologica, se posta al servizio della ricerca scientifica, può fornire strumenti utili per l'approfondimento e la divulgazione della conoscenza dei beni storico-artistici.
Punto di forza del gruppo di ricerca è la possibilità di integrare tali strumenti in progetti di valorizzazione organici attraverso la messa in campo di competenze multidisciplinari che vanno dal progetto della missione alla comunicazione multimediale del bene.

Ringraziamenti:

Si ringraziano il prof. P. Clini, responsabile della convenzione universitaria per la realizzazione del museo della Libia; C.Pisa, S. Massa, G.Clerico e L. Piermattei per il lavoro messo a disposizione.

Bibliografia

E.d'Annibale, G.Fangi (2009) – *Interactive modelling by projection of oriented spherical panorama* – 3D-Arc'2009, 3D Virtual Reconstruction and Visualisation of complex Architectures – Trento 25-29 February 2009- ISPRS Archives - Vol XXXVIII-5/W1 : 1682-1777 on cd.
E.d'Annibale, S.Massa, G.Fangi (2010) - *Photomodeling and point clouds from spherical panorama* - Nabatean Architecture in Petra, Jordan - C.I.P.A. Workshop, Petra 4-8 November 2010.
G.Fangi (2007) – *The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey* - XXI International CIPA Symposium, 1-6 October 2007, Atene, ISPRS International Archive – vol. XXXVI-5/C53 – ISSN 1682-1750 – CIPA Archives vol. XXI – 2007, ISSN 0256-1840 - pg.311-316.
G.Fangi (2009) – *Further Developments of the Spherical Photogrammetry for Cultural Heritage* – XXII Cipa Symposium, Kyoto, 11-15 Ottobre 2009.
Noah Snavely, Steven M. Seitz, Richard Szeliski, (2007). *Modeling the World from Internet Photo Collections.* International Journal of Computer Vision.
L.Barazzetti, G.Fangi, F.Remondino, M.Scaioni, (2010) *Automation in Multi-Image Spherical Photogrammetry for 3D Architectural Reconstructions* - The 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST
E.d'Annibale (2010) – New *VR system for navigation and documentation of Cultural Heritage* – C.I.P.A. Workshop, Petra 4-8 November 2010.
P. Crachi (2011), *Il nuovo Museo della Libia nel Palazzo del Popolo di Tripoli*, Gangemi Editore, Roma, 2011, ISBN: 8849220340
G.Fangi, E.S.Malinverni, A.Schiavoni (2005), *Integrated Surveying techniques for the archaeological park of Chan Chan in Perù,* CIPA 2005 XX International Symposium, 2005, Torino, Italy
http://www.touchwindow.it/it/index.html