



Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014

I contributi presentati al convegno restituiscono un'articolata panoramica di riflessioni e di casi studio, in cui emerge come filo conduttore la capacità di esprimere una visione di lungo periodo e di proporre una virtuosa integrazione fra strategie, spesso innovative, di conservazione e di valorizzazione.

PPC Conference 2014 è una delle attività di comunicazione e divulgazione previste dell'ambito dei Distretti Culturali "Monza e Brianza" e "Le Regge dei Gonzaga", esperienze che testimoniano come il patrimonio storico architettonico costruito possa ricoprire un ruolo nuovo e determinante nelle dinamiche di sviluppo locale.

I volumi:

- 1 La strategia della Conservazione programmata.  
Dalla progettazione delle attività alla valutazione degli impatti.
- 2 Sguardi ed esperienze sulla conservazione del patrimonio storico architettonico.
- 3 Protezione dal rischio sismico.
- 4 Metodi e strumenti per la prevenzione e manutenzione.
- 5 ICT per il miglioramento del processo conservativo.

A cura di **Stefano Della Torre**  
Curatela editoriale **Maria Paola Borgarino**



ICT per il miglioramento del processo conservativo

NARDINI EDITORE



Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014

5

# ICT per il miglioramento del processo conservativo



A cura di **Stefano Della Torre**  
Curatela editoriale **Maria Paola Borgarino**

NARDINI EDITORE

Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014



**POLITECNICO  
DI MILANO**



## ICT per il miglioramento del processo conservativo

Proceedings of the International Conference  
**Preventive and Planned Conservation**  
Monza, Mantova - 5-9 May 2014

### **Comitato scientifico**

Carlo Blasi, *Università di Parma, Italy*  
Federico Bucci, *Politecnico di Milano, Italy*  
Fausto Cardoso Martinez, *University of Cuenca, Ecuador*  
Angelo Ciribini, *Università di Brescia, Italy*  
Nigel Dann, *University of the West of England, United Kingdom*  
Stefano Della Torre, *Politecnico di Milano, Italy*  
Sasa Dobričić, *University of Nova Gorica, Slovenia*  
Xavier Greffe, *Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France*  
Massimo Montella, *Università di Macerata, Italy*  
Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano, Italy*  
Christian Ost, *ICHEC Brussels Management School, Belgium*  
Ana Pereira Roders, *University of Eindhoven, Holland*  
Pietro Petrarola, *Eupolis Lombardia, Italy*  
Mario Santana Quintero, *Carleton University, Canada*  
Koenraad Van Balen, *UNESCO Chair for PRECOMOS, KU Leuven, Belgium*  
Minja Yang, *RLICC, KU Leuven, Belgium*  
Rossella Moioli, *Distretto Culturale Monza e Brianza, Italy (coordinamento)*

### *Segreteria scientifica del convegno:*

Maria Paola Borgarino, Stefania Bossi  
*Politecnico di Milano, Dipartimento ABC - Architecture, Built Environment and Construction Engineering*

### *Atti a cura di Stefano Della Torre*

*Curatela editoriale:* Maria Paola Borgarino  
*Impaginazione e collaborazione alla revisione dei testi:* Cristina Boniotti

Politecnico di Milano - Dipartimento ABC - Architecture, Built Environment and Construction Engineering  
Fondazione Cariplo, progetto Distretti Culturali  
Distretto Culturale Evoluto di Monza e Brianza - Provincia di Monza e della Brianza  
Distretto Culturale Le Regge dei Gonzaga

Con il patrocinio della



**Regione Lombardia**

@ 2014 Politecnico di Milano e Nardini Editore  
Tutti i diritti sono riservati

*Copertina* Ennio Bazzoni

Stampato per Nardini Editore

# ICT per il miglioramento del processo conservativo



A cura di **Stefano Della Torre**  
Curatela editoriale **Maria Paola Borgarino**

# Indice

LA METODOLOGIA BIM A SOSTEGNO DI UN APPROCCIO INTEGRATO AL PROCESSO CONSERVATIVO Angelo Ciribini, Silvia Mastrolembo Ventura, Michela Paneroni . . . . .	pag. 1
PLANET BENI ARCHITETTONICI. UNO STRUMENTO PER LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA DEL PATRIMONIO STORICO-ARCHITETTONICO Elvio Benatti, Maria Paola Borgarino, Stefano Della Torre . . . . .	” 13
SICAR E LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA: ESPERIENZE SUL CAMPO E PROSPETTIVE FUTURE Francesca Fabiani, Cristian Prati, Raffaella Grilli . . . . .	” 31
THE INFORMATION SYSTEM GECOB TO SUPPORT THE PROJECT OF PRESERVATION: THE CASE OF THE MONUMENTAL STAIRCASE OF VILLA DELLA PORTA BOZZOLO AT CASALZUIGNO (VA), ITALY Paola Candiani, Pietro Angelo Invernizzi, Francesca Paola Turati . . . . .	” 41
THE “ALBERGO DEI POVERI” IN GENOVA: CONSERVING AND USING IN THE UNCERTAINTY AND IN THE PROVISIONAL Stefano Francesco Musso, Giovanna Franco . . . . .	” 51
A VALUE-BASED MONITORING SYSTEM TO ENHANCE THE PREVENTIVE AND PLANNED CONSERVATION PROCESS Verónica Heras, Aziliz Vandesande, Fausto Cardoso, Koen Van Balen . . . . .	” 63
TECNOLOGIA GIS PER LA MANUTANZIONE PROGRAMMATA DEI BENI CULTURALI Laura Baratin, Sara Bertozzi, Elvio Moretti . . . . .	” 73
IL BIM PER LA CRONOLOGIA DELLE ARCHITETTURE STORICHE Carlo Argiolas, Donatella R. Fiorino, Caterina Giannattasio, Emanuela Quaquero . . . . .	” 85
SURVEY AND HBIM OF THE BASILICA DI COLLEMAGGIO IN L'AQUILA FOR MANAGING AND PLANNING CONSERVATION ACTIVITIES Raffaella Brumana, Daniela Oreni, Luigi Barazzetti, Fabrizio Banfi, Fabio Roncoroni, Mattia Previtali, Riccardo Valente . . . . .	” 97
AREE ARCHEOLOGICHE E BIM: PROVE DI COMPATIBILITÀ. DOCUMENTAZIONE E PROTEZIONE DELLE AREE ARCHEOLOGICHE Cristiana Achille, Nora Lombardini, Massimo Valentini . . . . .	” 113

segue **Indice**

OPEN STANDARDS FOR CULTURAL HERITAGE. THE TREE-DIMENSIONAL MANAGEMENT Zaira Joanna Peinado Checa, Alberto Peinado Checa .....	” 125
BUILDING INFORMATION MODELLING APPLIED TO BUILT HERITAGE: A STRUCTURAL ANALYSIS PERSPECTIVE BASED ON THE INTEROPERABILITY Giuliana Cardani, Grigor Angjeliu .....	” 135
THE YARDS OF THE MILAN CATHEDRAL: TRADITION AND BIM Cristiana Achille, Francesco Fassi, Alessandro Mandelli, Benigno Moerlin .....	” 147
ONTOLOGIES AS AN INTEGRATION TOOL FOR PREVENTIVE HERITAGE CONSERVATION Olga Zalamea, Verónica Heras, Diederik Tirry, Thérèse Steenberghen .....	” 157
PREVENTIVE AND PLANNING CONSERVATION: THE MULTIDIMENSIONAL DATABASE FROM THE RESTORATION TO AUGMENTED REALITY. THE CASE OF THE MOSAIC PERISTYLE IN CIMITILE Pasquale Argenziano, Saverio Carillo, Ilaria Minini .....	” 167
A DIGITAL PROCESS FOR CONSERVATION TO TRADITIONAL STONE HERITAGE Isabella Bianco, Carlo Caldera, Matteo Del Giudice, Andrea Maria Lingua, Anna Osello, Paolo Piumatti, Pablo Angel Ruffino, Marco Zerbinatti .....	” 179
BIM FOR ARCHAEOLOGY. USE OF BIM PROCESS AND PARAMETRIC MODEL IN A TEMPORARY SHELTER ADAPTABLE TO THE DIVERSE NEEDS OF ARCHAEOLOGICAL SITES Giuseppe Parello, Marco Imperadori, Carmelo Bennardo, Salvator-John A. Liotta, Yuta Ito, Andrea Vanossi	” 191
MIGLIORARE LA CONOSCENZA E LA GESTIONE DEL PATRIMONIO COSTRUITO STORICO ATTRAVERSO BIM E ONTOLOGIE Danilo Di Mascio, Pieter Pauwels .....	” 201
A MULTIDISCIPLINARY APPROACH TO THE CONSERVATION OF AN HISTORICAL BUILDING IN MANTUA Gaia Barbieri, Luigi Biolzi, Massimiliano Bocciarelli, Luigi Fregonese, Laura Taffurelli .....	” 213
ICT IN THE DATA MANAGEMENT. ANALYSIS OF THE WOODEN ROOF OF SANTA MARIA ASSUNTA DELLA PIEVE (NOVI LIGURE) Simonetta Acacia, Marta Casanova, Alessia Dal Bo’ .....	” 223

## THE YARDS OF THE MILAN CATHEDRAL: TRADITION AND BIM

Cristiana Achille\*, Francesco Fassi\*, Alessandro Mandelli\*, Benigno Moerlin\*\*

\* *Politecnico di Milano, Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering*

\*\* *Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano*

### Abstract

The current research, conducted in recent years, has deepened on one hand the issues associated with the acquisition and processing of survey data and on the other the possible ways to use the three-dimensional models. In particular, several tests were conducted to acquire - with laser scanner and photogrammetric methodology - ornaments and statues to verify the applicability of the methods, the signal response and the final product (operational flexibility of the instrument; opportunity to acquire marble and shiny sheet; 3D models for R.E.), with particular attention to data processing mode 'low cost' while always keeping the required accuracy.

All the processing coming from the use of various techniques contributes to form and update different 3D models, which are then managed through a BIM process. Given the amount and complexity of data related to each other (geometric description, the characteristics of each piece, material, images...) it is necessary to provide ways of use that make it possible to simultaneously consider multiple elements. In this sense the prototype of the proposed BIM seems to go in the right direction.

The system is certainly one of the first examples of the use of 3D models for the conservation and management of the maintenance yard and is being used on the various restoration yards of the Milan Cathedral.

### Premessa

Il Duomo di Milano, monumento simbolo del capoluogo lombardo, dalla data della sua costruzione ai giorni nostri è sottoposto a costanti cure. La conservazione del Duomo è un'attività che non si esaurirà mai e che presuppone un continuo intervento sul monumento. La secolare durata della costruzione del Duomo comportò fin dall'inizio problemi di mantenimento delle parti costruite e, da allora, l'attività di manutenzione sulle parti costruite, ma degradate, è continuata cercando di rispettare le strutture preesistenti. Ciò ha comportato non poche problematiche rispetto ai canoni di intervento che progressivamente

nel tempo andavano definendosi. Con il compimento della sua costruzione, il cantiere del Duomo si è trasformato da cantiere di costruzione in cantiere di conservazione. La manutenzione in particolare si rivolge alle opere decorative, agli ornati, alla statuaria e al paramento marmoreo esterno ed interno (Fig.1). Il degrado è attribuibile a cause naturali ed antropiche che alterano gli elementi di marmo e che si possono raggruppare in tre principali categorie: degrado chimico, degrado fisico e degrado biologico. La cultura che sottende il restauro conservativo del Duomo è quella della prevenzione, non quella dell'emergenza e la metodologia d'intervento viene sempre preceduta dal rilievo dello stato conservativo e dall'individuazione delle cause del degrado; le fasi operative sono la pulitura, il consolidamento dei vari materiali, la sostituzione delle parti degradate e la protezione.

Gli interventi attualmente in corso (2014) riguardano diverse parti del monumento, tra cui la Guglia Maggiore, alcune delle guglie minori, le falconature, il rifacimento delle campate di copertura del tetto, la pavimentazione della Cattedrale, l'Altare della Madonna dell'Albero, l'Altare di San Giovanni Bono, per rendere il Monumento interamente fruibile in vista di Expo2015.

### **Tecniche di rilievo**

Sicuramente per tutti i Beni Culturali qualunque ipotesi di conservazione richiede una complessa e programmata operazione conoscitiva. Il ruolo delle tecniche di rilievo e delle tecniche multimediali di fruizione dei dati è quello di offrire modalità più complete (e complesse) di descrizione del manufatto. Oggi è possibile gestire contemporaneamente una grande quantità di dati, provenienti da diversi momenti di indagine, ricavando una visione 'simultanea' delle informazioni, necessaria per una lettura approfondita del bene. Per programmare la conservazione è necessario poter localizzare le informazioni rispetto al luogo e scendere fino al 'dettaglio del pezzo', in questo modo si possono conoscere le caratteristiche dei singoli elementi e leggere le relazioni esistenti tra le parti del monumento. In questo senso la ricerca in corso non si è limitata ad esplorare tutte le problematiche legate all'acquisizione ed elaborazione dei dati di rilievo, ma ha anche proposto forme originali di fruizione del bene 'Duomo'. Per quanto attiene alla prima operazione svolta - il rilievo geometrico - sono state impiegate tutte le tecniche di rilievo oggi disponibili. Si è cercato, nel corso di questi anni, di affinare le modalità di rilievo e trovare 'il modo' migliore per poter lavorare. È stato necessario sperimentare tecnologie di rilievo topografiche-laser scanner e fotogrammetriche per individuare la più accurata (Fassi et al., 2011; Fassi et al., 2013), flessibile e anche economica (in termini di tempi e

costi) da impiegare. Per lo specifico settore dei BC oggi sono presenti sul mercato molti tipi di dispositivi: quelli topografici classici (total-station, gps...); sensori attivi (laser TOF, PS, triangulation-based systems...), sensori passivi (camere digitali), o dispositivi che permettono l'integrazione di più metodi contemporaneamente (Remondino, 2011). Chiaramente poter disporre di tutti i sensori permette di scegliere di volta in volta cosa sia meglio, integrandoli in funzione della precisione richiesta (scala di restituzione), della dimensioni dell'oggetto, della presenza di ostacoli, della localizzazione del sito (che comporta problemi legati all'usabilità e autonomia degli strumenti), dell'esperienza di lavoro di squadra, prodotti finali da restituire, e così via (Fig. 2). È possibile affermare che i mezzi a disposizione oggi permettono di generare modelli 3D realistici ed accurati (Levoy et al., 2000; Gruen et al., 2004) in termini geometrici e radiometrici. Su modelli di questo tipo gli specialisti possono georeferenziare le diverse analisi necessarie: documentazione storica, operazioni di conservazione e conservazione digitale, monitoraggio di forme e colori. Queste simulazioni possono essere fruibili con applicazioni di realtà virtuale, realtà aumentata, sistemi di visualizzazione web-based.... I dati 3D rappresentano una realtà e sono da considerarsi come una modalità condivisa di documentazione del patrimonio. I modelli 3D sono la moderna risposta alla necessità di creare un archivio (oggi digitale) dei Beni Culturali.

### **Rilievo fotogrammetrico**

Le tecnica di rilievo impiegata con maggiore successo nel rilievo del Duomo di Milano è stata la fotogrammetria. La flessibilità (soprattutto operativa) di questo metodo ha permesso di superare alcune delle limitazioni incontrate con gli altri metodi di rilievo. Dal punto di vista operativo le limitazioni maggiori sono legate alla difficoltà di potersi muovere 'liberamente', alla ristrettezza degli spazi da rilevare, alla complessità delle geometrie, che richiedono metodi di rilievo estremamente flessibili che risentano il meno possibile delle condizioni al contorno. Queste limitazioni hanno comunque creato non poche difficoltà sia nella fase di progetto dello schema delle prese che di acquisizione delle immagini, viste le dimensioni degli oggetti da rilevare.

È stato necessario acquisire le immagini organizzandole in settori e parti via via più piccole, in una struttura piramidale che va dall'oggetto generale al singolo elemento; materializzando blocchi fotogrammetrici a differente scala che, concatenati, permettono la ricostruzione dello scheletro generale degli oggetti rilevati e la georeferenziazione degli elementi più piccoli, acquisiti come progetti fotogrammetrici indipendenti. Questo ha permesso una completa ricostruzione

multiscala, ottenuta utilizzando diverse tecniche di modellazione in funzione della complessità degli elementi (Fig. 3). Gli elementi più semplici e lineari della struttura sono stati modellati con tecniche di image modelling, gli elementi più complessi (statue, decori, ornati...) con tecniche di image matching.

La fotogrammetria close range risponde anche alle esigenze 'low cost' tipiche del rilievo dei BC (Remondino et al., 2012) e il grado di accuratezza e di precisione che è possibile raggiungere è in generale sufficiente per le scale di restituzione classiche dell'architettura (dalla scala 1:50 fino alle grandi scale 1:10 o 1:5), sebbene sempre da testare e valutare di volta in volta a seconda dei casi. Nel caso specifico di questo rilievo sono stati condotti nel tempo una serie di test per verificare bontà del rilievo fotogrammetrico. I modelli generati usando le immagini sono stati confrontati con modelli generati con strumentazione laser scanner (laser triangolatori) in questo modo il modello laser - estremamente accurato - ha permesso una reale verifica della prassi fotogrammetrica. Sul modello complessivo è stato fatto un collaudo rilevando con stazione totale del primo ordine un numero elevato di punti sparsi (qualunque posizione planimetrica e altimetrica) e andando poi a verificare che i punti si collocassero sul modello all'interno delle tolleranze fissate.

### **Costruzione dei modelli 3D**

I modelli tridimensionali delle varie parti rilevate, attualmente cantieri attivi (Guglia Maggiore, Guglia 18, Altare della Madonna dell'Albero e di San Giovanni Bono) sono degli 'abachi 3D' completi. L'abaco generale di ogni zona si genera dall'unione di tutti gli elementi, che sono stati modellati singolarmente e poi uniti tra di loro (parti strutturali, conci, statue, decori, tasselli...). L'unione delle diverse parti richiede particolare attenzione: i vari modelli parziali semplici e free-form vengono scalati e rototraslati (georeferenziazione), si eliminano le parti in eccesso e si creano quelle di raccordo; si uniscono i modelli e - sempre - si verifica il risultato finale.

I modelli 3D finali dei diversi cantieri attivi descrivono geometricamente tutti i singoli oggetti che li compongono: ogni concio, ogni tassello, ogni elemento decorativo, ogni statua.... Le relazioni tra i diversi elementi sono state curate secondo le regole 'classiche' dei sistemi informativi (topologia) in modo da poter fare anche query di tipo spaziale sugli elementi. I modelli finali sono complessi, ricchi di dettagli, ma facili da interrogare. 'Vedere' in 3D, esplorare ed estrarre informazioni da un modello real based permette di raggiungere livelli di comprensione e conoscenza superiori rispetto alle classiche rappresentazioni 2D. È questo il modo di lavorare e progettare che si deve proporre oggi. È

necessario passare dalla tradizione bidimensionale (ben radicata soprattutto del settore dei Beni Culturali) a una logica tridimensionale. Ricavare informazioni metriche bidimensionali qualsivoglia da un modello 3D è possibile e ormai 'facile' viste le possibilità offerte dai diversi software di modellazione che permettono di proiettare su piani le viste 3D degli oggetti modellati.

Al termine di tutte le operazioni (progetto-rilievo-modellazione-segmentazione) il prodotto finale garantisce:

- 1 - un elevato grado di dettaglio geometrico-metrico;
- 2 - completezza in tutte le sue parti;
- 3 - sufficiente 'leggerezza' in modo da garantire una veloce visualizzazione interattiva.

### **Gestione BIM dei modelli**

È stato appositamente costruito, ed è attualmente in uso, per la Veneranda Fabbrica del Duomo un prototipo BIM (Fig. 4) che permette la gestione dei vari modelli 3D e li mette in relazione con tutte le informazioni necessarie che sono a supporto delle attività di conservazione programmata che la Fabbriceria svolge. È un prototipo di BIM low cost: sono infatti stati impiegati software e strumenti informatici già esistenti e diffusi, disponibili a poco prezzo o gratuiti. Il prototipo supporta le operazioni di manutenzione e conservazione delle strutture lapidee e permette di seguire le operazioni di smontaggio e posa degli ornati e delle strutture provenienti dal Cantiere Marmisti.

Questo progetto di BIM low-cost può essere considerato come un progetto pilota per lo sviluppo di un modo di procedere verso la costituzione di uno standard applicabile a tutti i BC. Perché un BIM possa realmente trovare impiego e diffusione nel settore dei BC è necessario che risponda ad una serie di requisiti minimi:

- il sistema nel suo complesso deve essere di facile utilizzo e intuitivo, per garantirne la massima diffusione di utilizzo tra gli operatori;
- deve essere un sistema partecipato: è necessario facilitare la collaborazione fra gli addetti ai lavori;
- deve garantire un'agevole archiviazione e aggiornamento dei dati, offrendo standard per la memorizzazione e la consultazione delle informazioni che rimanga nel tempo e che possa essere facilmente aggiornato ed adeguato agli sviluppi tecnologici;
- impiegare standard aperti, riconosciuti, interoperabili e internazionali;
- potersi adattare alle esigenze intrinseche del caso studio: deve essere un sistema flessibile facilmente adattabile;

- utilizzare sistemi low cost;
- si deve prevedere un aggiornamento continuo del sistema agli standard e alle tecnologie per evitare sistemi di veloce invecchiamento della tecnologia;
- deve impiegare risorse hardware di ottimo livello e qualità: facilitano l'avvicinamento al sistema da parte di terzi migliorando e velocizzando il compito degli operatori.

### **Conclusioni**

La ricerca fin qui condotta ha esplorato le problematiche legate all'acquisizione ed elaborazione dei dati di rilievo, in particolare quelli provenienti da indagini laser scanner e fotogrammetriche. La disponibilità di sensori sempre più sofisticati, la facilità di utilizzo e gli strumenti HW e SW sempre meno costosi avvicinano le tecniche di rilievo al mondo dei Beni Culturali. La ricerca prosegue indagando le potenzialità offerte dai nuovi strumenti di rilievo (in particolare laser scanner e fotogrammetrici) e la relativa gestione ed elaborazione dati. La tecnica fotogrammetrica ha dimostrato che è possibile realizzare rilievi speditivi, completi e accurati anche di ambienti estremamente complessi come quello del caso in esame; il proseguo della ricerca continuerà ad indagare le possibilità offerte proprio da questa tecnica. La consolidata - e testata - prassi operativa ha permesso in questi anni di realizzare dei modelli 3D real based sempre più raffinati e contemporaneamente l'evoluzione degli strumenti software ha garantito un loro agevole utilizzo.

La gestione dei modelli attraverso un processo BIM si è nel tempo resa necessaria. La quantità e complessità di dati tra di loro relazionati (descrizione geometrica, caratteristiche del singolo pezzo, materiale, immagini...) e la necessità di operare sul Bene Culturale con tutte le informazioni aggiornate disponibili obbliga a pensare a nuove forme di gestione dei dati.

La ricerca prosegue testando nuove forme di fruizione delle informazioni che permettano - a partire dal modello - di considerare simultaneamente più elementi; e in questo senso il prototipo di BIM proposto sembra andare nella direzione corretta.

Le funzionalità del BIM Duomo permettono di utilizzare in maniera semplice ed immediata i modelli tridimensionali (della Guglia Maggiore, della Guglia 18, degli Altari) tramite interfaccia web. Questa modalità di visualizzazione e gestione del modello e dei dati è semplice nel suo utilizzo e 'user friendly'. È necessario pensare alle modalità di consultazione, modifica e aggiornamento dei dati per evitare che le soluzioni proposte restino di dominio dei soli specialisti e in questo senso il sistema proposto si dimostra essere flessibile e di facile utiliz-

zo, fattori che hanno sicuramente contribuito alla suo fruttuoso utilizzo (Fig. 5). Il proseguo della ricerca approfondirà i temi legati al rilievo e restituzione dei dati con l'intento di migliorare ancora di più la qualità dei modelli finali, tenendo sempre sotto controllo gli aspetti legati a tempi e costi. Sul versante BIM si approfondiranno le tematiche legate alla piramidazione del modello in modo da poter aumentare la quantità di dati visualizzati e rendere davvero agevole il loro utilizzo anche su device portatili, si arricchiranno le funzioni aggiungendo anche quelle specifiche del Museo e degli Archivi.

### **Riferimenti bibliografici**

[www.duomomilano.it/it/](http://www.duomomilano.it/it/)

Fassi F., Achille C., Fregonese L., (2011) Surveying and modelling the main spire of Milan Cathedral using multiple data sources, *Photogrammetric Record*, 26(136), 462-487.

Fassi F., Fregonese L., Ackermann S., De Troia V. (2013), Comparison between laser scanning and automated 3D modelling techniques to reconstruct complex and extensive Cultural Heritage areas, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W1, 2013 3D-ARCH 2013 - 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-26 February 2013, Trento, Italy.

Gruen A., Remondino F., Zhang L. (2004), Photogrammetric reconstruction of the Great Buddha of Bamiyan, *Photogrammetric Record*, 19, 177-199.

Levoy M., Pulli K., Curless B., Rusinkiewicz S., Koller D., Pereira L., Ginzton M., Anderson S., Davis J., Ginsberg J., Shade J., Fulk D. (2000), The digital Michelangelo project: 3D scanning of large statues. Proc. SIGGRAPH Computer Graphics. 131-144.

Remondino F. (2011), Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning Remote Sens. 2011, 3, 1104-1138; doi:10.3390/rs3061104 ISSN 2072-4292.

Remondino F., Del Pizzo S., Kersten T., Troisi S. (2012), Low-cost and open-source solutions for automated image orientation - A critical overview. Proc. EuroMed 2012 Conference, M. Ioannides et al. (Eds.), LNCS 7616, pp. 40-54. Heidelberg: Springer.



Fig. 1 - Alcune immagini della Guglia Maggiore.

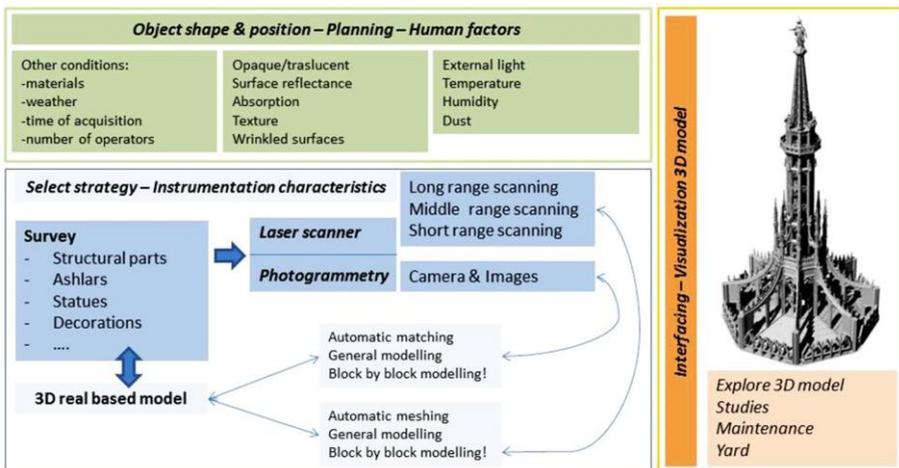


Fig. 2 - Strategie di rilievo.

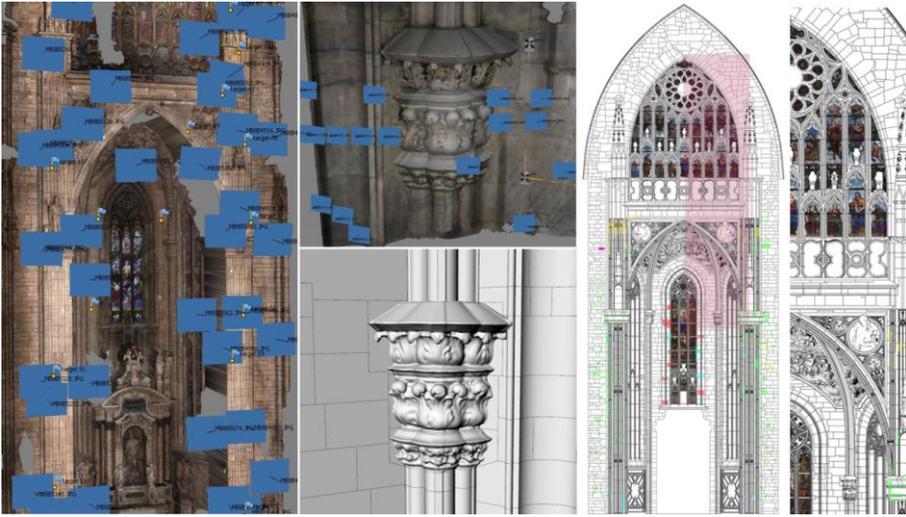


Fig. 3 - La costruzione dei modelli 3D fotogrammetrici: dal rilievo alle restituzioni finali.

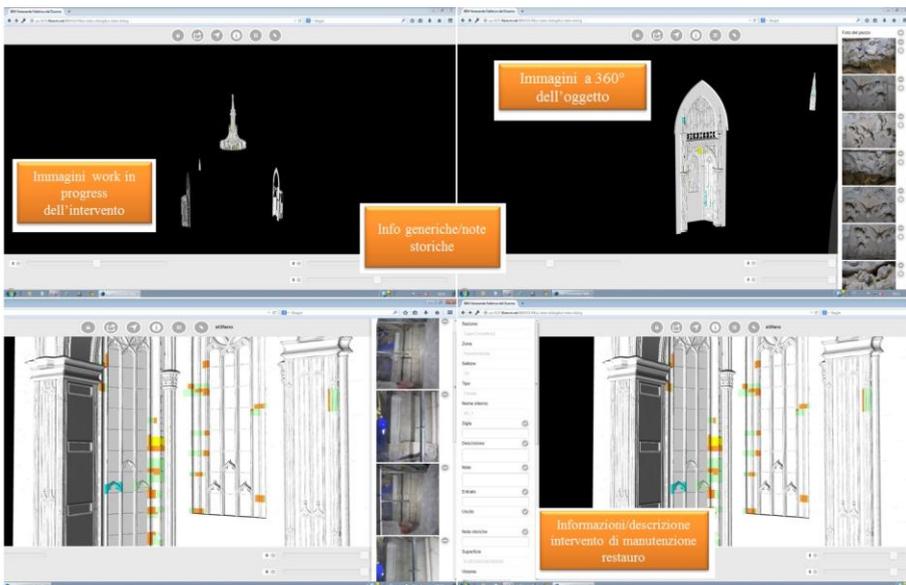


Fig. 4 - Gestione dei modelli 3D tramite BIM.



Fig. 5 - Utilizzo del BIM in cantiere durante le operazioni di sostituzione dei conci ammalorati.