POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

La Documentazione del Patrimonio Culturale

Original
La Documentazione del Patrimonio Culturale / Rinaudo, F. (MADLAB). - In: H-BI(M)ON : Heritage - Building Information Modelling/MONitoring : dalla realtà al modello e ritorno / Ottoni F., Bruno N.. - ELETTRONICO. - Roma : Edizioni Quasar, 2026. - ISBN 978-88-5491-737-8. - pp. 17-27

Availability:
This version is available at: 11583/3012150 since: 2026-06-17T09:27:28Z

Publisher:
Edizioni Quasar

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

15 October 2026

H-BI(M)ON

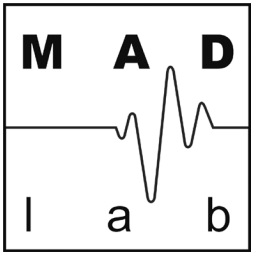
Heritage - Building Information Modelling/MONitoring

Dalla realtà al modello e ritorno

a cura di
Federica Ottoni e Nazarena Bruno

MADlab
Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

EDIZIONI
QUASAR



MADlab

Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

13

Direttore

Federica Ottoni
Università di Parma

Comitato scientifico

Gianni Bartoli
Università di Firenze

Carla Bartolomucci
Università dell'Aquila

Patrizia Bernardi
Università di Parma

Michele Betti
Università di Firenze

Carlo Blasi
già Università di Parma

Oronzo Brunetti
Università di Napoli Federico II

Jean-François Cabestan
Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne

Rosario Ceravolo
Politecnico di Torino

Eva Coïsson
Università di Parma

Adalgisa Donatelli
Sapienza – Università di Roma

Daniele Ferretti
Università di Parma

Francesco Freddi
Università di Parma

Barbara Gherri
Università di Parma

Paolo Giandebiaggi
Università di Parma

Felice Giuliani
Università di Parma

Carlo Mambriani
Università di Parma

Maria Evelina Melley
Università di Parma

Elena Michelini
Università di Parma

Silvia Monchetti
Università di Firenze

Andrea Pane
Università di Napoli Federico II

Marco Pretelli
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Mario Santana-Quintero
Carleton University

Andrea Segalini
Università di Parma

Emanuela Sorbo
Università IUAV Venezia

Andrea Spagnoli
Università di Parma

Cecilia Surace
Politecnico di Torino

Grazia Tucci
Università di Firenze

Chiara Vernizzi
Università di Parma

Andrea Zerbi
Università di Parma

Comitato di redazione

Sofia Celli
Politecnico di Milano

Lia Ferrari
Università di Parma

Sandra Mikolajewska
Università di Parma

Maria Parente
Università di Parma

Elena Zanazzi
Università di Parma

MADlab
Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

La collana raccoglie e diffonde i risultati di ricerche ottenuti attraverso metodi d'indagine empirico-sperimentali; metodi che, combinati a un corretto percorso di conoscenza e controllo degli edifici, garantiscono la conservazione del vasto patrimonio storico presente in Italia, in linea con la normativa per i beni culturali (DPCM 2011), allargandosi più in generale al costruito su scala architettonica.
L'approccio empirico-sperimentale per la conoscenza, il controllo e il consolidamento delle strutture storiche è basato sul contatto diretto e approfondito con la realtà fisica dell'oggetto di studio; esso, unito all'esperienza derivante dalla secolare osservazione di edifici storici simili per tecniche costruttive e manifestazioni di danno e dissesto e al moderno monitoraggio strutturale, permette di definire in modo esaustivo l'attuale livello di sicurezza del monumento e di individuare interventi di consolidamento adeguati. A fronte di un vastissimo e ricchissimo patrimonio storico-architettonico, quale è quello italiano, per lo più in precario stato di conservazione, recentemente è stata approvata la normativa sismica che chiarisce l'importanza di una "conservazione consapevole" che trova la sua massima espressione nei "limiti degli interventi di stabilità sui monumenti, in rapporto ai problemi di tutela".

H-BI(M)ON

Heritage - Building Information Modelling/MONitoring

Dalla realtà al modello e ritorno

a cura di
Federica Ottoni e Nazarena Bruno

Il presente volume raccoglie gli esiti delle Giornate di Studio "H-BI(M)ON - Heritage Building Information Modelling / Monitoring. Dalla realtà al modello, e ritorno", svoltesi il 30 e 31 gennaio 2025 presso l'Università di Parma e organizzate dal MADLab (DIA, UniPr), con il Patrocinio di SIRA, CIPA e UID, e con la partecipazione di ingenio e degli Ordini professionali degli Architetti e degli Ingegneri della Provincia di Parma.

Comitato Scientifico:
Marcello Balzani, Gianni Bartoli, Michele Betti, Nazarena Bruno, Donatella Fiorani, Federica Ottoni, Renata Picone, Fulvio Rinaudo, Riccardo Roncella, Grazia Tucci, Chiara Vernizzi
Comitato Organizzativo:
Federica Ottoni, Nazarena Bruno e Maria Parente (coordinamento)
Rafaela Borsato Belo, Massimo Cotti, Francesca De Cola, Virginia Droghetti, Lia Ferrari, Yuxin Lei, Luca Leoni, Sandra Mikolajewska, Elena Zanazzi

Progetto grafico/editor: Maria Parente

ISBN 978-88-5491-737-8

Roma 2026
Edizioni Quasar di S. Tognon srl
via Ajaccio 41-43, I-00198 Roma
www.edizioniquasar.it

INDICE

PREMESSA

Federica Ottoni, Nazarena Bruno 13
Dalla realtà al modello, e ritorno.
Una introduzione (e una spiegazione)

INTRODUZIONE

Fulvio Rinaudo 17
La documentazione del patrimonio culturale

SEZIONE I | QUESTIONI SEMANTICHE E OPEN BIM

Nazarena Bruno 31
Dalla realtà al modello. Il disegno ragionato della complessità

CONTRIBUTI

Donatella Fiorani, Silvia Cutarelli, Marta Acierno 37
Dalla modellazione BIM alla formalizzazione del CPM

Antonella di Luggo, Simona Scandurra, Emanuela Lanzara
Open BIM per la documentazione e la valorizzazione del patrimonio culturale 55

Filippo Diara
HBIM *open source* e OpenAI: Revisioni e nuove analisi sull'integrazione dei *Large Language Models* (LLMs) 75

SEZIONE II | GESTIONE DELLE INFORMAZIONI PER LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

Chiara Vernizzi
Modellazione informata e conservazione programmata. Nuovi approcci nella gestione integrata del progetto di salvaguardia del costruito 97

CONTRIBUTI

Andrea Adami, Barbara Scala
L'Arco di Augusto ad Aosta. Dal progetto HBIM al cantiere 103

Andrea Adami, Luigi Fregonese, Olga Rosignoli, Daniele Treccani 119
Modellazione e gestione integrata dei dati per la conservazione.
Il modello HBIM federato e *multilayer* per il pavimento
della Basilica del Santo Sepolcro

Federica Maietti 139
Documentazione integrata e gestione informativa del patrimonio.
Scenari di innovazione per un H-BIM adattivo

Francesco Fassi, Cristiana Achille 159
Il Duomo di Milano: dal rilievo alla gestione innovativa
dei dati e delle informazioni

Rita Vecchiattini, Margherita Valentini 179
Sviluppo di un metodo per la stima e la valutazione
dei fenomeni di degrado attraverso l'utilizzo dell'HBIM

Giovanni Bruschi, Francesco Coschino, Antonio Fornaciari 199
Il modello informativo per la documentazione digitale
delle attività di scavo archeologico.
Applicazioni sul sito della Pieve di San Cassino in Gallicano

SEZIONE III | QUESTIONI STRUTTURALI E MONITORAGGIO

Federica Ottoni 223
L'elefante e la sua proboscide, o anche dei gemelli (diversi) digitali.
Sulla modellazione strutturale, l'astrazione e la 'somiglianza' alla realtà

CONTRIBUTI

Luca Sbrogiò, Maria Rosa Valluzzi 229
Un approccio HBIM basato su IFC per la valutazione della
vulnerabilità sismica degli edifici storici

Grazia Tucci, Lidia Fiorini, Alessandro Conti, Michele Betti, 247
Silvia Monchetti
Modellazione e gestione integrata dei dati per la conservazione

Giovanni Castellazzi, Antonio Maria D'Altri, Stefano de Miranda, 261
Francesco Ubertini
Dalla nuvola alla struttura:
modelli FE e BIM per la conservazione degli edifici storici

Maria Parente, Nazarena Bruno, Federica Ottoni 273
Della realtà e del suo doppio, attraverso il monitoraggio:
per un possibile 'gemello digitale' della cupola di Santa Maria del Fiore

Luigi Barazzetti, Mattia Previtali, Fabio Roncoroni 301
Visualizzazione ed elaborazione dei dati di monitoraggio strutturale mediante *space-time cube*

Carlo Biagini 315
Approcci BIM-*based* per la gestione informativa dei ponti storici

Rosario Ceravolo, Valeria Cavanni, Stefania Coccimiglio, 335
Alessio Crocetti, Gaetano Miraglia
Modelli predittivi per il patrimonio architettonico.
Assimilazione dei dati di monitoraggio e *transfer learning*

CONCLUSIONI

Donatella Fiorani 359
Digitalizzazione e conoscenza per il restauro.
Per una rivoluzione nella continuità

LA DOCUMENTAZIONE DEL PATRIMONIO CULTURALE

Fulvio Rinaudo
Politecnico di Torino, Dipartimento di Architettura e Design

Introduzione

La Documentazione dei Beni Culturali è un concetto ormai largamente utilizzato per indicare l'insieme di dati necessari per progettare e svolgere un'azione di conoscenza, gestione, valorizzazione, o conservazione su un Bene Culturale. In tutti i documenti dottrinali sul restauro riconosciuti a livello internazionale, dalla Carta di Venezia in poi, la necessità di raccogliere tutte le informazioni necessarie prima di intervenire su un bene culturale è sempre stata messa in evidenza tenendo conto delle possibilità tecniche allora note e praticate. Nello stesso tempo, la necessità di raccogliere questi dati e di metterli a disposizione di tutti è sempre stata sottolineata come necessaria chiedendo a ogni singolo Stato di creare archivi in cui queste informazioni potessero essere rese disponibili (Fig. 1).
Lo sviluppo tecnologico ha consentito poi di distribuire i dati in modo più semplice tramite reti facilmente accessibili da remoto, ponendo in evidenza la necessità di digitalizzare archivi di documenti, disegni progettuali e di rilievo metrico, fotografie, filmati e registrazioni audiovisive e di arricchire in questo modo la conoscenza acquisita su un determinato bene culturale.
L'era digitale, in cui ora siamo totalmente immersi, ha permeato sia le discipline umanistiche che quelle tecniche, consentendo elaborazioni sempre più complesse di dati e la conseguente necessità di trovare le modalità con cui poter accedere a queste enormi quantità di dati in modo sicuro e rapido, nel rispetto dei diritti d'autore e della corretta trasmissione dei contenuti informativi.
L'ICOMOS (*International Council Of MOnuments and Sites*) fin dalla sua nascita ha sentito la necessità di istituire un Comitato Scientifico Internazionale che si occupasse di tale problematica, fondando nel 1968, in collaborazione con l'ISP (*International Society of Photogrammetry*, oggi ISPRS) il Comitato Internazionale di Fotogrammetria Architettonica, riconosciuto anche come comitato permenente dell'ISP.

Così nasce il CIPA (*Comité International de Photogrammetrie Architectural*) che inizia a diffondere le tecniche di rilievo fotogrammetrico nell'ambito dell'archeologia e dell'architettura come metodo di rilievo metrico, necessario e indispensabile supporto per qualsiasi intervento di conservazione e restauro. Il CIPA inizia quindi a promuovere questa tecnologia di rilievo metrico integrandola, negli anni successivi, con le altre tecniche di misura che si imponevano nel mondo della Geomatica (GNSS, sistemi a scansione, ecc.) e ad offrire soluzioni che facilitassero l'acquisizione della conoscenza metrica dei beni costruiti ad una platea sempre più vasta di utenti.
Al termine del XX secolo la digitalizzazione, che stava modificando le prassi operative in tutte le discipline umanistiche e tecniche legate alla conservazione dei Beni Culturali, ha consentito di estendere le finalità del CIPA verso il più ampio concetto di Documentazione e quindi a riconfigurare la missione del comitato stesso, che assume la nuova denominazione di *CIPA-Heritage Documentation* (CIPA-HD). Oggi il CIPA-HD estende la sua missione allo studio di soluzioni di condivisone delle informazioni di diversa natura mediante strumenti e metodi che, a partire dal rilievo metrico, consentono

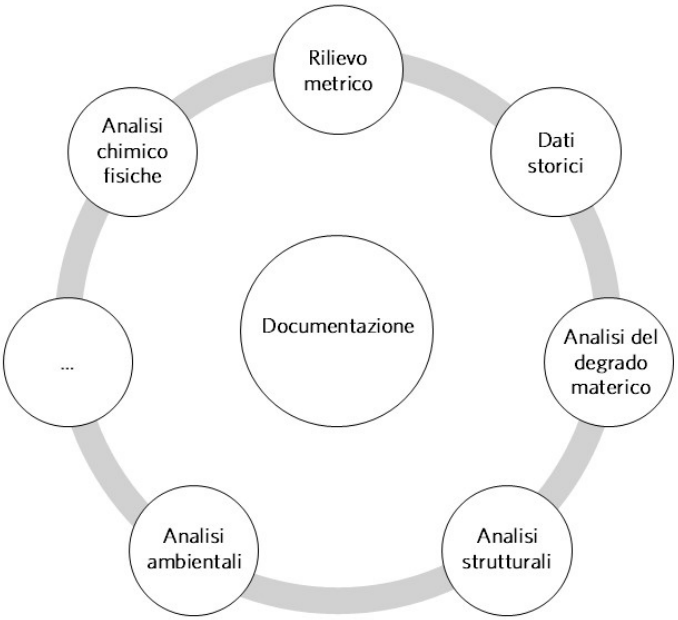


Figura 1
La Documentazione come insieme di competenze.

la localizzazione degli esiti di indagini fisico-chimiche, strutturali, di degrado, ecc. all'interno di uno spazio tridimensionale coerente, consentendo in questo modo di mettere in evidenza le varie cause che possono innestare azioni di degrado, nonché di localizzare gli interventi di conservazione e restauro di volta in volta messi in atto.
Il CIPA-HD estende questa sua attenzione a tutti Beni Culturali, indipendentemente dalla loro natura, offrendo, in ogni situazione, la possibilità di elaborare forme di condivisione di dati utili e adatti alle diverse tipologie di Beni Culturali che nel corso degli anni si sono affermate nella comunità internazionale: beni mobili e immobili, costruiti e naturali, tangibili e intangibili. Nel seguito si farà riferimento in modo particolare allo sviluppo delle tecniche di documentazione del patrimonio culturale costruito.

La documentazione del patrimonio culturale costruito

Le tecniche della Geomatica hanno avuto in questi ultimi 40 anni un eccezionale sviluppo grazie al pieno recepimento delle innovazioni legate alla gestione delle immagini digitali e al parallelo emergere di nuovi strumenti di misura e di gestione delle risultanze dei rilievi metrici, mediante le piattaforme GIS e BIM/HBIM, che si sono dimostrate come possibili soluzioni per la localizzazione di altri tipi di informazioni e della loro condivisione mediante piattaforme accessibili in remoto ad utenti autorizzati (Fig. 2). Questo rapido sviluppo delle tecnologie digitali ha causato in molti casi fraintendimenti ed errori, che il CIPA-HD tende a mettere in evidenza accanto alla proposta di strategie che pongano rimedio a tali semplificazioni al fine di arrivare a una soluzione che sia di facile generazione nel rispetto delle caratteristiche che ogni dato, da quello metrico a quello derivante da altre discipline, deve possedere per trasmettere in modo completo e corretto il vero contenuto informativo di ogni dato.
In particolare, CIPA-HD raccoglie e propone esperienze di rilievo metrico tridimensionali con tecniche integrate al fine di fornire la miglior soluzione tecnica ed economica nei vari casi applicativi ed esperienze di integrazione di dati di natura diversa da quella geometrica su piattaforme condivisibili.
Nell'ambito dei dati geometrici, che portano alla costruzione di modelli tridimensionali, e dei dati che si possono associare ad essi per formare un vero sistema di documentazione, molta attenzione viene posta alla costruzione di strutture di metadati e paradati, utili a comprendere il contenuto informativo dei singoli dati trattati e a renderli quindi trasparenti agli utenti.

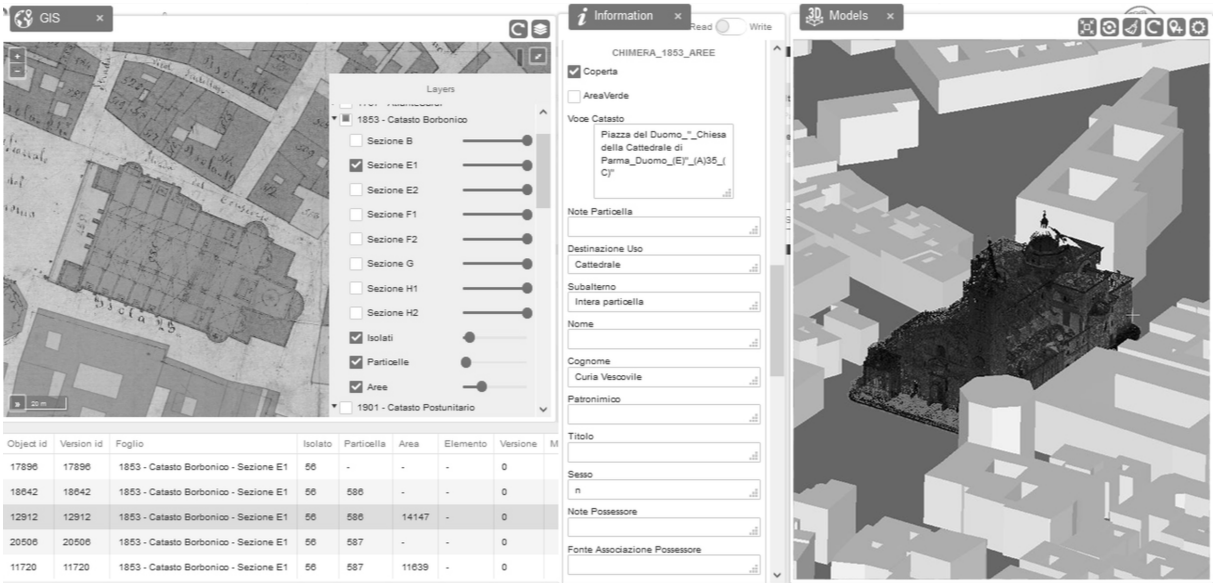


Figura 2
GIS e BIM per la Documentazione (da Bruno et al. *2020).*

L'unione dei dati e dei relativi metadati e paradati consente di associare a ogni informazione un parametro di qualità (affidabilità) che costituisce un parametro fondamentale per chi questi dati li deve utilizzare. L'automazione di molti processi di misura di proprietà geometriche fisiche e chimiche comporta il rischio che i dati ottenuti da processi automatici possano essere utilizzati da utenti non esperti in modo acritico, senza considerare che qualsiasi risultato di una misura (manuale o automatica) porta al proprio interno una serie di errori accidentali (e in alcuni casi anche sistematici e grossolani) che ne minano il contenuto informativo e quindi la qualità delle elaborazioni e/o decisioni che possono essere intraprese a partire da essi.
I GIS e i BIM/HBIM sono strutture di dati organizzate secondo un modello relazionale: inserire in queste piattaforme dati privi di un coefficiente di qualità opportuno rischia di minacciare in modo irreparabile il contenuto informativo delle strutture di dati stesse.
La Documentazione è un processo in continuo divenire che si avvale delle informazioni che di volta in volta vengono raccolte per soddisfare a specifiche esigenze di gestione, di valorizzazione, di conoscenza, di conservazione e restauro. Il Bene Culturale non è un oggetto temporalmente statico: le sue caratteristiche geometriche, fisiche e chimiche variano in modo continuo nel

tempo e gli specialisti devono giudicare di volta in volta se i dati disponibili hanno ancora la necessaria validità e qualità per poter essere riutilizzati. Nel caso in cui i dati disponibili siano ancora validi, una loro riacquisizione comporterebbe un costo inutile, mentre se i dati non sono più attendibili un loro utilizzo comporterebbe un errore nelle analisi nuovo da eseguire. Quindi la documentazione è un processo i cui esiti sono in continuo divenire.

Le tecniche di rilievo metrico

Mentre in passato il rilievo metrico si limitava a produrre essenzialmente elaborati grafici 2D, oggi - considerata l'evoluzione del concetto di Documentazione e l'evoluzione nelle diverse discipline - il rilievo metrico deve sapersi integrare nel tipo di piattaforma di condivisione scelta e al tipo di informazioni che si intendono ad esso associare e quindi adoperarsi in modo da garantire elaborati finali bidimensionali e/o tridimensionali idonei sia alla realizzazione di uno spazio utile per le piattaforme GIS e BIM/HBIM, sia per la generazione di modelli necessari per simulazioni strutturali, acustiche ed illuminotecniche, che oggi si possono avvalere di programmi idonei alla verifica di alcuni aspetti fisici.
Il rilievo metrico deve adattarsi di volta in volta alle specifiche esigenze del progetto, tenendo in debito conto i seguenti fattori: la precisione, l'accuratezza, la congruenza, il grado di dettaglio e le tipologie di rappresentazione del rilievo richieste dai potenziali utenti.
Una particolare attenzione deve essere posta, nel progetto del rilievo metrico, alla corretta definizione delle cinque caratteristiche prima elencate: non esiste un rilievo metrico utile in tutti i casi.
Il rilevatore deve potersi interfacciare di volta in volta con gli specialisti coinvolti nel particolare progetto per poter delineare un rilievo metrico idoneo a soddisfare le specifiche esigenze dei progettisti.
Le tecniche oggi utilizzate nel rilievo metrico dei Beni Culturali, come vedremo nel seguito, sono in grado di produrre nuvole di punti di coordinate note e di associare ad ognuno di essi il colore corrispondente o, in alcuni casi, la risposta radiometrica in bande diverse dello spettro elettromagnetico.
A partire da queste nuvole di punti, mediante processi di modellazione, si possono definire gli elementi geometrici che formeranno la base geometrica delle piattaforme GIS e BIM/HBIM o che serviranno per la realizzazione di elaborati bidimensionali tradizionali (piante, prospetti, sezioni, ortofoto, ecc.) e di modelli tridimensionali utili per simulazioni strutturali e fisiche,

per visualizzazioni animate e per repliche tridimensionali mediante stampe con materiali idonei allo scopo dell'intervento. La fase iniziale di ogni rilievo - indipendentemente dalle tecniche che verranno utilizzate in seguito per il rilievo delle nuvole di punti - consiste nella definizione di una rete di punti di coordinate note in un unico sistema di riferimento che, opportunamente materializzati sulle superfici dell'oggetto di interesse, consentono sia il collegamento tra le nuvole di punti derivanti dalle varie tecniche utilizzate, sia le verifiche di precisione e accuratezza che permettono la certificazione della qualità del rilievo metrico in base ai requisiti richiesti dai vari specialisti che li utilizzeranno. La misura di questi punti avviene con tecniche tradizionali mediante stazioni totali e sistemi GNSS e la loro precisione deve essere superiore a quella che è richiesta al rilievo finale.

Fotogrammetria digitale automatica

La fotogrammetria si è evoluta in questi ultimi decenni grazie alla completa digitalizzazione del processo di acquisizione delle immagini necessarie, del loro successivo orientamento nel sistema di riferimento definito e della restituzione di nuvole di punti di densità molto elevata grazie alla elevata risoluzione delle immagini digitali che oggi si possono ottenere con camere da presa sia aeree che terrestri.
I ricoprimenti delle immagini adiacenti sono elevati rispetto agli standard utilizzati in passato, per consentire agli algoritmi di autocorrelazione l'individuazione dei punti omologhi su almeno tre immagini adiacenti. Quindi grande cura deve essere posta nella scelta delle distanze di presa e delle distanze focali degli obiettivi utilizzati.
Notevoli vantaggi si sono ottenuti grazie all'utilizzo ormai diffuso di droni per riprese nadirali e inclinate dall'alto da distanze limitate e per la ripresa di superfici verticali anche in ambiti ristretti.
La possibilità di riprese multispettrali sia da terra che con drone ha notevolmente ampliato le possibilità di fornire dati di interesse per le diagnosi di decadimento materico e di censimento di caratteristiche fisico-chimiche di vegetazione e zone ricoperte da acque.
Per il trattamento delle immagini sono oggi disponibili soluzioni, commerciali o gratuite, che consentono l'utilizzo di punti di coordinate note (punti di appoggio) per la certificazione delle precisioni raggiunte e di punti di controllo (non utilizzati nelle fasi di orientamento interno ed esterno) per la verifica delle accuratezze raggiunte (Fig. 3).

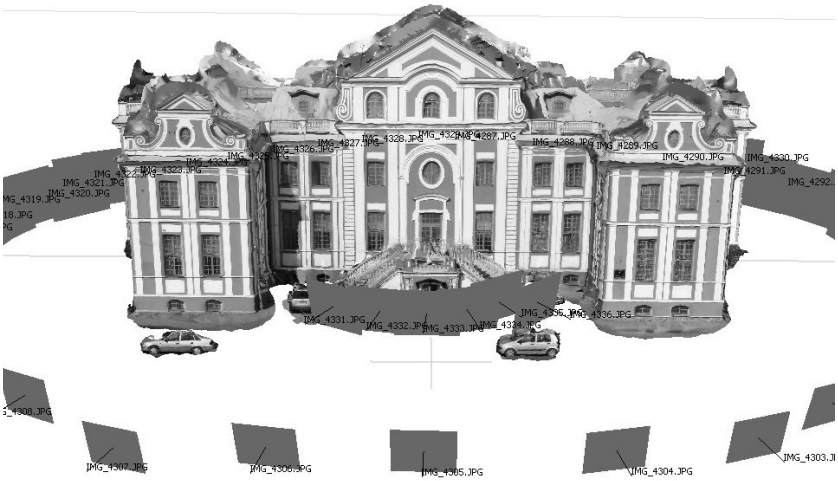


Figura 3
Fotogrammetria Digitale automatica.

Sistemi a scansione

Dalla fine del XX secolo ad oggi i sistemi di rilievo metrico a scansione si sono affermati come utile integrazione (e a volte sostituzione) della tecnica fotogrammetrica (Fig. 4).
I sistemi a scansione si classificano in sistemi *laser* e sistemi a luce strutturata.
I sistemi *laser scanner* possono essere utilizzati da terra o su velivoli (droni, elicotteri, aerei, satelliti) e generano nuvole di punti a cui vengono associati i rispettivi colori, in tempo limitato. Essi possono fornire risultati in tempi più brevi rispetto alle tecniche fotogrammetriche anche se di densità e qualità metrica più limitata. Anche in questo caso, la presenza di una rete di inquadramento e di alcuni punti di appoggio e di controllo sono indispensabili per il corretto orientamento delle nuvole di punti acquisite e per certificare la qualità metrica dei dati acquisiti.
I sistemi a scansione *laser* possono operare anche in assenza di illuminazione fornendo, in questo caso, nuvole di punti privi di colorazione ma di contenuto metrico altrimenti non rilevabile con tecniche fotogrammetriche.
I sistemi a scansione a luce strutturata utilizzano dei reticoli di geometria nota che, una volta proiettati su una porzione della superficie dell'oggetto da rilevare, vengono ripresi da un sistema fotogrammetrico calibrato che consente rilievi con precisione sub millimetrica e un'elevata densità di punti. Questi sistemi vengono gestiti manualmente o in remoto dall'operatore e

Figura 4
Sistemi a scansione.

consentono rilievi di oggetti di piccole/medie dimensioni con precisioni e densità di punti difficilmente raggiungibili con un approccio fotogrammetrico classico, e sicuramente non possibili con sistemi a scansione laser. Anche l'utilizzo di questi strumenti può giovarsi dall'utilizzo di punti di coordinate note che consentono di inserire le nuvole di punti acquisite in altre nuvole di punti derivanti da tecniche fotogrammetriche o scansioni laser.

Sistemi mobili SLAM

I sistemi mobili basati su tecnologia SLAM (*Simultaneous Location and mapping*) sono strumenti che integrano tecniche fotogrammetriche e sistemi di scansione laser montati su piattaforme mobili che sono in grado di localizzare in tempo reale il dispositivo di acquisizione con tecniche GNSS, oppure anche in assenza di segnali satellitari grazie alla continua correlazione delle nuvole di punti acquisite durante il movimento.
Questi sistemi possono essere gestiti manualmente da un operatore in movimento o montati su mezzi mobili (robot, automobili, ecc.) e consentono di raggiungere accuratezze finali di circa 5 cm nelle applicazioni più recenti. Questa recente tecnica si dimostra estremamente utile in tutte quelle applicazioni che non richiedono precisioni superiori e in ambienti in cui non siano applicabili altre tecniche di rilievo a causa delle condizioni ambientali (ambienti ristretti e poco illuminati, cunicoli sotterranei, ecc.). Quando installati a bordo di mezzi a controllo remoto, consentono di rilevare spazi in cui per motivi di sicurezza l'operatore non può accedere.

Dalle nuvole di punti ai modelli 2D/3D

Il rilievo metrico si conclude con la modellazione delle nuvole di punti ottenute in modo da produrre gli elaborati richiesti dalla specifica applicazione.
Mentre la generazione di elaborati 2D (piante, prospetti e sezioni) rappresenta un traguardo ormai assodato e di sicuro mantenimento delle caratteristiche peculiari del rilievo metrico in termini di precisione e di accuratezza, la produzione di modelli 3D deve tener conto dello scopo per cui il modello 3D viene richiesto e del fatto che non sono ancora state definite procedure standardizzate per la loro produzione.
Nel caso di replica dell'oggetto mediante stampanti e/o fresatrici 3D, la modellazione viene gestita dai *software* che controllano il funzionamento degli strumenti di stampa e di fresatura.
Nel caso di generazione di un modello 3D a fini divulgativi e di visualizzazione, la semplice ed automatica modellazione secondo le tecniche di triangolazione automatica rappresenta, nella maggior parte dei casi, la miglior soluzione adottabile.
Nel caso di utilizzo del modello come base geometrica di strutture GIS e BIM/HBIM è necessario definire il grado di dettaglio della modellazione tenendo in debito conto il tipo di informazioni che si vorranno integrare (Fig. 5).
Sia le piattaforme GIS che quelle BIM/HBIM consentono di gestire simultaneamente modelli geometrici a gradi di dettaglio diversi. Occorre che il rilevatore comprenda fin dall'inizio il tipo di informazioni che si desiderano integrare, in modo da poter correttamente progettare sia le tecniche da utilizzare per l'acquisizione delle nuvole di punti sia il dettaglio da rispettare nella successiva modellazione in elementi geometrici indipendenti che formeranno la base geometrica degli oggetti delle banche dati.
Mentre l'acquisizione delle nuvole di punti, la loro referenziazione in un unico sistema di riferimento e la loro integrazione, qualora di risoluzione diversa,

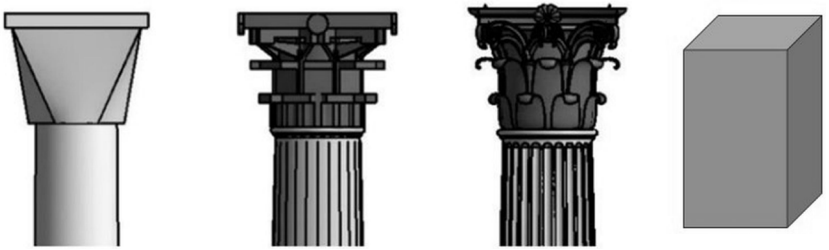


Figura 5
La modellazione 3D a diversi gradi di dettaglio (da Scianna, Gaglio, La Guardia 2020).

sono operazioni automatiche in cui l'operatore si limita al controllo degli esiti e alla verifica del rispetto della congruenza finale del prodotto, la modellazione 3D riveste ancora oggi un'operazione che richiede un elevato grado di interazione con un operatore umano, aumentando in modo considerevole i tempi di realizzazione delle basi geometriche necessarie.
Recentemente si stanno sviluppando tecniche di segmentazione (individuazione di regioni di punti che rispettano determinate caratteristiche geometriche) e di modellazione (unione di superfici in volumi 3D) assistite da algoritmi di Intelligenza Artificiale ma non si sono ancora raggiunti livelli di automatismo sufficientemente affidabili.

Conclusioni

In tutto lo sviluppo del rilievo metrico, dalla progettazione dell'intera operazione, al rilievo delle nuvole di punti con successiva modellazione, è sempre necessaria la supervisione di un esperto.
Un processo è automatico quando può svolgere una serie di elaborazioni senza attendere istruzioni da un operatore esterno e, alla fine del processo, può certificare il raggiungimento dei requisiti richiesti in termini di qualità metrica e congruenza. In questo caso è necessario l'intervento di un operatore per decidere se accettare gli esiti e proseguire nelle elaborazioni. Un processo è autonomo quando è in grado di autovalutare la bontà degli esiti raggiunti senza richiedere l'intervento di un operatore umano. In tutte le fasi del rilievo metrico si sono raggiunti notevoli traguardi di automazione, ma in ogni passaggio l'intervento di un operatore umano è sempre indispensabile.
Il rilievo metrico è un processo sequenziale per cui un qualsiasi errore in una delle fasi (progetto, acquisizione delle nuvole di punti, modellazione) si ripercuote in modo drammatico su quelle successive.
L'azione del CIPA-HD consiste anche in questa opera di sensibilizzazione verso i mondi professionali legati ai Beni Culturali: è necessario che ogni azione di conoscenza sui Beni Culturali - utile a soddisfare progetti di conoscenza, valorizzazione, gestione e conservazione - venga affrontata da un gruppo di esperti nelle varie discipline di volta in volta coinvolte, che devono partecipare in ogni fase dell'operazione al fine di individuare le modalità migliori per garantire il raggiungimento del corretto equilibro tra esigenze di qualità tecnica ed esigenze di contenimento dell'impatto economico della documentazione.

Riferimenti bibliografici

Bruno *et al.* 2020: N. Bruno, F. Rechichi, C. Achille, A. Zerbi, R. Roncella, F. Fassi, *Integration of historical GIS data in a HBIM system*, in «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLIII-B4, 2020, pp. 427-434.

Eppich, Chabbi 2007: R. Eppich, A. Chabbi, *Recording, documentation, and information management for the conservation of heritage places,* Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA, 2007.

Letellier, Eppich 2015: R. Letellier, R. Eppich (a cura di), *Recording, documentation and information management for the conservation of heritage places*, Routledge, London, UK, 2015.

Scianna, Gaglio, La Guardia 2020: A. Scianna, G. F. Gaglio, M. La Guardia, *HBIM data management in historical and archaeological buildings,* in «Archeologia e Calcolatori», 31 (1), 2020, pp. 231-252.

Stylianidis 2019: E. Stylianidis (a cura di), *CIPA-Heritage Documentation: 50 Years: Looking Backwards*, in «The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences», XLII-2-W14-1, 2019, pp. 1-130.

Stylianidis, Remondino 2016: E. Stylianidis, F. Remondino (a cura di), *3D recording, documentation and management of cultural heritage*, Whittles Publishing, Dunbeath, UK, 2016.

H-BI(M)ON

Heritage - Building Information Modelling/MONitoring

Dalla realtà al modello e ritorno

MADlab

UNIVERSITÀ DI PARMA

Il volume, a carattere collettaneo, riporta gli esiti delle Giornate di studio H-BI(M)ON, organizzate a Parma nel gennaio 2025, che hanno visto i tanti studiosi coinvolti confrontarsi sul difficile tema della modellazione degli edifici storici, mirata alla loro conoscenza, documentazione e interpretazione. Unendo i linguaggi.

Il volume raccoglie i contributi di:
Cristiana Achille, Marta Acierno, Andrea Adami, Luigi Barazzetti, Michele Betti, Carlo Biagini, Nazarena Bruno, Giovanni Bruschi, Giovanni Castellazzi, Valeria Cavanni, Rosario Ceravolo, Stefania Coccimiglio, Alessandro Conti, Francesco Coschino, Alessio Crocetti, Silvia Cutarelli, Antonio Maria D'Altri, Stefano de Miranda, Filippo Diara, Antonella di Luggo, Francesco Fassi, Donatella Fiorani, Lidia Fiorini, Antonio Fornaciari, Luigi Fregonese, Emanuela Lanzara, Federica Maietti, Gaetano Miraglia, Silvia Monchetti, Federica Ottoni, Maria Parente, Mattia Previtali, Fulvio Rinaudo, Fabio Roncoroni, Olga Rosignoli, Luca Sbrogiò, Barbara Scala, Simona Scandurra, Daniele Treccani, Grazia Tucci, Francesco Ubertini, Margherita Valentini, Maria Rosa Valluzzi, Rita Vecchiattini, Chiara Vernizzi.

Federica Ottoni, Professore Associato di Restauro (Università di Parma), Responsabile Scientifico MADLab (DIA). Il suo principale interesse di ricerca è lo studio dei dissesti degli edifici storici, in relazione ai principi dimensionali, e il monitoraggio statico strutturale.

Nazarena Bruno, Ricercatrice in Tenure Track (RTT) in Geomatica (Università di Parma), membro del MADLab (DIA). Tra le principali tematiche di ricerca figurano l'Historic Building Information Modelling (HBIM), con particolare attenzione alla gestione informativa, e le tecniche avanzate di rilievo applicate al patrimonio culturale.

38,00 euro

ISBN 978-88-5491-737-8