

# Modellazione integrata per la gestione del progetto di restauro

## *Integrated modeling for the restoration project management*

Roberto Mingucci, Simone Garagnani, Anna Maria Manferdini, Cristiana Bartolomei, Luca Cipriani

Dipartimento di Architettura, Università di Bologna

### Abstract

In questo contributo vengono esaminate le possibilità offerte dagli *Archivi Informativi Multimediali* (A.I.M.) utilizzati nell'ambito della descrizione di architetture esistenti e monumenti di riconosciuta importanza storica. La metodologia di generazione e la strutturazione di un A.I.M. sono il risultato di studi condotti su modellazione digitale e computer vision finalizzate al rilievo documentale, prodotto attraverso due distinte fasi di acquisizione e compilazione informativa. I dati sono raccolti nell'A.I.M. attraverso livelli di dettaglio crescenti e organizzati per la loro fruizione attraverso l'uso di database sviluppati per l'utilizzo anche attraverso dispositivi mobili.

*This paper introduces some possibilities offered by the Information Multimedia Archives (A.I.M.), methodology aimed at existing architectures and important historic monuments documentation. The A.I.M.'s generation process and its digital archive structure result from studies on digital modeling and computer vision intended to document informative surveys, produced during two distinct acquiring and compiling phases. The data is collected in the A.I.M. through increasing levels of detail and organized through the use of databases developed in order to be queried by mobile devices too.*

**Keywords:** A.I.M., information modeling, digital archive, laser scanner survey, VR.

### La struttura della ricerca

Le attività dell'unità di ricerca dell'Università di Bologna, svolte nell'ambito del progetto "Modellazione integrata per la gestione del progetto di restauro" (PRIN 2008) (1), si sono rivolte alla formulazione di un metodo operativo di rilievo e documentazione informativa, destinato agli specialisti del progetto di recupero e di restauro. Il processo di acquisizione della documentazione, diretto alla produzione di modelli integrati (contenitori interattivi di conoscenze generali e di dettaglio) è stato definito superando le criticità emerse in vari casi di studio e ottimizzando un percorso di raccolta dati strutturato in due fasi distinte e successive: una preliminare, di tipo speditivo, ed una definitiva, con approfondimenti metrici ed analitici necessari per garantire un livello conoscitivo più ampio e dettagliato.

### Fase preliminare: modellazione fotografica speditiva

Le necessità specifiche di catalogazione e disseminazione dati per la descrizione oggettiva di organismi architettonici o scenari urbani sono da anni oggetto di studio (G. Beltramini e M. Gaiani, 2003) e possono essere soddisfatte in prima istanza a partire da un rilievo per immagini (R. Mingucci, 1997), eseguito in forma speditiva, utile sia per reperire informazione fotografica del contesto da documentare sia per referenziare ad essa elementi di analisi generali e specialistiche, materiale destinato a confluire nell'archivio strutturato A.I.M., *Archivio Informativo Multimediale*, ed essere poi integrato in fase di progetto definitivo. Essendo questa la modalità più immediata per conoscere l'oggetto di studio e per documentare in maniera rapida ed efficace il contesto entro il quale esso stesso è inserito, si è deciso di ampliare ed approfondire l'ormai più che decennale lavoro condotto per la definizione di panorami immersivi virtuali codificati (R. Mingucci, 2003), utilizzando tecnologie panottiche di efficacia nota, oggi applicabili a strumenti mobili di agevole utilizzo da parte degli operatori.

I programmi informatici e gli algoritmi (che consentono di generare panorami immersivi) presenti a tutt'oggi sul mercato, sono molti e si differenziano fundamentalmente per il motore generativo che ne determina le peculiarità. Negli ultimi anni la tecnologia QTVR (*QuickTime Virtual Reality* di Apple, capostipite degli applicativi alla base del principio di *photostitching*) si è mostrata poco sviluppata ed è stata progressivamente trasferita da vari soggetti verso piattaforme più moderne, orientate in particolare alla distribuzione via rete. Nello studio è stato possibile conformare la modalità sintattica con cui un panorama si compone alle specifiche moderne del linguaggio *HTML5*, per consentire un porting agevole su dispositivi informatici eterogenei (S. Garagnani, 2010). Effettuata dunque una

prima e preliminare fase di indagine, confinabile nell'acquisizione fotografica, il materiale si rende gestibile attraverso pacchetti applicativi come *AutoPano* di Kolor, *krpano* di krpano Gesellschaft mbH, *PTGui* e i noti *Panotools*, destinati a trasformare immagini singole in scene panoramiche interattive da utilizzare in forma di interfaccia esplorativa nella risposta grafica alle query inviate successivamente ad un database associato. I panorami, aggregati in scene composte a loro volta da nodi, individuano i vari punti di stazione approntati nello scenario reale in fase di acquisizione. Una scena quindi racchiude un insieme strutturato di nodi, ognuno in grado di documentare con viste panottiche differenti fronti del soggetto individuato. All'interno dei singoli nodi è infatti possibile inserire specifici punti di navigazione (*hotspots*) che definiscono un percorso virtuale e conducono da un nodo all'altro all'interno della medesima scena. Questi punti, dichiarati mediante coordinate numeriche, possono essere facilmente individuati nel sistema che definisce lo scenario e, in questo modo, essere associati a schede specifiche di database, portatrici di una *meta-informazione* sull'elemento indagato (S. Garagnani, 2010).

La fitta rete di relazioni che in questo modo può essere costruita tra immagini fotografiche e documentazione testuale offre la possibilità di controllare, pianificare e gestire in modo integrato tutte le attività di rilievo e tracciamento dei caratteri propri dell'architettura indagata, alle scale differenti del comparto e dell'edificio. L'evoluzione tecnologica recente ha consentito di realizzare questo processo mediante strumenti portatili (tablet, palmari o *smartphone*) o, come nel caso dei test effettuati per mettere a punto il processo, facendo uso di una stazione mobile su treppiede, progettata in modo da ospitare un notebook collegato ad una fotocamera reflex per pilotare la corretta mosaicatura delle immagini e ricevere in modalità wireless le informazioni fotografiche eventualmente acquisite da altri operatori sul campo, anche mediante dispositivi portatili.

### Fase definitiva: il rilievo fotogrammetrico

L'acquisizione fotogrammetrica per il rilievo architettonico consente un approccio multi-scalare poiché utilizza la medesima tecnologia per il rilievo di informazioni con livelli di complessità differenti, che vanno dalla scala urbanistica a quella di dettaglio. Nella ricerca PRIN, al fine di esemplificare adeguatamente questo aspetto, sono stati selezionati alcuni casi di studio, individuandoli nell'ampio repertorio di monumenti dell'area ravennate. Le operazioni previste dalla metodologia individuata sono state realizzate all'interno di Sant'Apollinare Nuovo ed il Battistero Neoniano (2), monumenti caratterizzati dalla presenza di apparati musivi che, proprio in virtù di questa loro peculiare caratteristica, sono stati ritenuti esemplificativi della citata complessità multi-scalare (Figura 1).

Per quanto concerne l'utilizzo delle tecnologie digitali per l'acquisizione tridimensionale di dati reali, questi manufatti presentano infatti caratteristiche che li rendono interessanti non solo dal punto di vista geometrico, ma anche che da quello radiometrico, poiché l'utilizzo di materiali traslucidi e riflettenti per la realizzazione delle tessere influisce in maniera significativa sulla possibilità di acquisire informazioni metriche accurate utilizzando la luce (A.M. Manfredini, L. Cipriani, L. Kniffitz, 2011).

Alla scala di monumento sono state condotte acquisizioni sulle superfici interne di Sant'Apollinare Nuovo e del Battistero Neoniano a Ravenna, al fine di rilevare informazioni sulle giaciture dei supporti degli apparati musivi (Figura 2). Tali acquisizioni sono state eseguite utilizzando laser scanner a tempo di volo (*Leica ScanStation C5*) nel caso di Sant'Apollinare Nuovo e a differenza di fase (*Leica HDS6100*) nel caso del Battistero Neoniano. In entrambi i casi, i dati acquisiti sono stati messi a confronto con quelli rilevati utilizzando la fotogrammetria ad alta risoluzione (*MenciZScan*) al fine di individuare la procedura più appropriata in funzione delle caratteristiche del manufatto e delle finalità documentative. Alla scala di dettaglio, le acquisizioni sono state invece condotte su due tipologie di apparati, contraddistinti da caratteristiche peculiari differenti: i mosaici bizantini ed i mosaici moderni (A.M. Manfredini, 2010). Se, infatti, i mosaici bizantini localizzati sulle pareti verticali e realizzati con tessere vetrose presentano una certa planarità superficiale e regolarità nella posa delle tessere stesse, i mosaici moderni sono invece generalmente contraddistinti da una notevole irregolarità geometrica evidente, ad esempio, nello spessore e giacitura del supporto, nella disposizione delle tessere rispetto al supporto e rispetto alle tessere adiacenti e nello spessore delle fughe (Figura 3).

Ai fini della ricerca, le acquisizioni mediante fotogrammetria digitale e i rilievi laser scanner ad alta risoluzione hanno permesso di valutare non solo la qualità delle informazioni restituite in termini di accuratezza metrica, definizione dell'informazione e fedeltà radiometrica, ma anche la stima di aspetti

non secondari quali ad esempio i costi legati alla strumentazione necessaria ed alle competenze specifiche richieste oltre, ovviamente, alle tempistiche dalle singole fasi operative del processo.

## Banca Dati di analisi e documentazione

Il prototipo di database, relazionale, gerarchico verticalmente ha preso in considerazione il manufatto architettonico scomponendolo in parte dal generale al particolare: il Database relazionale si configura come una base dati flessibile realizzata in *FileMaker Pro*; è composto dagli archivi alfanumerici dell'edificio (schede elementi, componenti, materiali, tipi di materiali, ecc.) e da una serie di indici relazionali. Ciò è stato possibile mappando il monumento, nella sua geometria esatta con altre informazioni, quali le notizie storiche architettoniche, l'indagine della struttura, le tecniche di costruzione, lo stato di conservazione e i materiali componenti. Si sono individuati in "ingresso" i vari ambienti in cui l'edificio è diviso, a formare l'ossatura del modello, e da lì si sono isolati gli "elementi" e le "componenti", suddivise e correlate alle tipologie di informazione coinvolte (materiali, tipi di materiale, lavorazione e finitura, stato di conservazione e degrado), in modo da avere una classificazione esaustiva ma nel contempo ulteriormente ampliabile. L'interrogazione del database, resa possibile attraverso la pubblicazione online dei dati immagazzinati, si avvale di un'interfaccia web consultabile dalla gran parte di browser presenti sul mercato; questa accessibilità trasversale, unita alle potenzialità di sviluppo del linguaggio HTML5, permette il reperimento e la compilazione dei contenuti di un A.I.M. anche da apparati mobili di facile trasportabilità, per mezzo di un semplice collegamento al server centrale tramite applicazioni che sono state sviluppate appositamente nel corso della ricerca (Figura 4).

## La generazione di un A.I.M.

Gli elementi individuabili nelle due fasi convergono a formare un A.I.M., base dati organizzata secondo logiche relazionali gerarchiche. L'approccio metodologico, applicabile nella produzione e fruizione di un A.I.M. è stato sviluppato a partire da indici grafico-visuali popolati (sin dalla fase preliminare) da collegamenti inseriti in immagini fotografiche panottiche riunite in scene, ed è stato ottimizzato progressivamente, in ragione delle rapide evoluzioni tecnologiche e strumentali. Tale A.I.M. (all'interno del quale vengono posizionate scene navigabili virtualmente) avvalendosi delle specifiche potenzialità di un archivio integrato (che può ospitare testo, grafica vettoriale e immagini raster a qualsiasi risoluzione) sfrutta la capacità di inserire, nelle basi di dati, elementi derivanti da modellazione digitale (ricavati sia per fotogrammetria sia per rilievo TLS) e memorizzabili in forma di oggetti vettoriali 3D mappati. I file generati assumono in tal modo la valenza di contenitori informativi (interfacciabili al sistema A.I.M.) formando modelli di comunicazione per la definizione del progetto di intervento (3). Le prospettive che gli A.I.M. possono offrire sono ampie, nella misura in cui si pervenga alla collezione esaustiva di materiale documentale del patrimonio culturale indagato (alla scala del manufatto, del monumento o del comparto). Gli Archivi Informativi Multimediali costituiscono quindi una risorsa adattabile alle esigenze di quelle entità, progettuali ed amministrative, che necessitano di una dettagliata organizzazione della conoscenza finalizzata al recupero, alla manutenzione ed alla cura del patrimonio architettonico.

## Note

1 - *Programma di Rilevante Interesse Nazionale finanziato dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca italiano.*

2 - *Un sentito ringraziamento a Monsignor Marchetti, arcivescovo di Ravenna e a Linda Kniffitz, curatrice del MAR museo d'arte di Ravenna. Le indagini sugli apparati musivi presso il Battistero Neoniano e il MAR sono state condotte grazie alla loro preziosa collaborazione.*

3 - *Nel corso della ricerca sono stati approntati prototipi funzionali dedicati ad edifici monumentali e/o manufatti di particolare interesse storico-artistico.*

## Bibliografia

R. Mingucci, (1997). *Progetto Mura. Recupero e manutenzione del sistema delle fortificazioni di Malta e della chiesa di S. Caterina d'Italia - Università di Bologna - Restoration Unit - Public Works Division - Malta Ministry of Environment, Bologna.*

G. Beltramini, M. Gaiani, (2003). *Una metodologia di restituzione dei giacimenti documentali dell'architettura in I materiali per lo studio di Andrea Palladio. POLI.design. Milano.*

R. Mingucci, (2003). *Disegno interattivo, Pàtron Editore, Bologna.*

S. Garagnani, (2010). *Multimedialità ipertestuale per banche dati di progetto*, in *Sistemi informativi integrati per la tutela, la conservazione, e la valorizzazione del patrimonio architettonico e urbano*. MIUR PRIN COFIN 2006, coordinatore scientifico nazionale Mario Centofanti, a cura di Stefano Brusaporci, Gangemi, Roma.

A.M. Manferdini, (2010). *Digital survey of ancient mosaics of Ravenna*. In J.P. Mills, D.M. Barber, P.E. Miller and Newton I. (a cura di), *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, Proceedings of the ISPRS Commission V Mid-Term Symposium 'Close Range Image Measurement Techniques'*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Newcastle upon Tyne, Gran Bretagna, 21-24 Giugno 2010, (vol. XXXVIII, Part 5, pp. 434-439).

A.M. Manferdini, L. Cipriani, L. Kniffitz, (2011). *Methodologies of digital 3D acquisition and representation of mosaics*. In Remondino F., Shortis M.R. (a cura di), *Videometrics, range imaging and applications XI, Proceedings of SPIE Optical Metrology*, SPIE, Washington. Monaco, Germania, 25-26 Maggio 2011, (0277-786X, vol. 8085, 12 pagine).

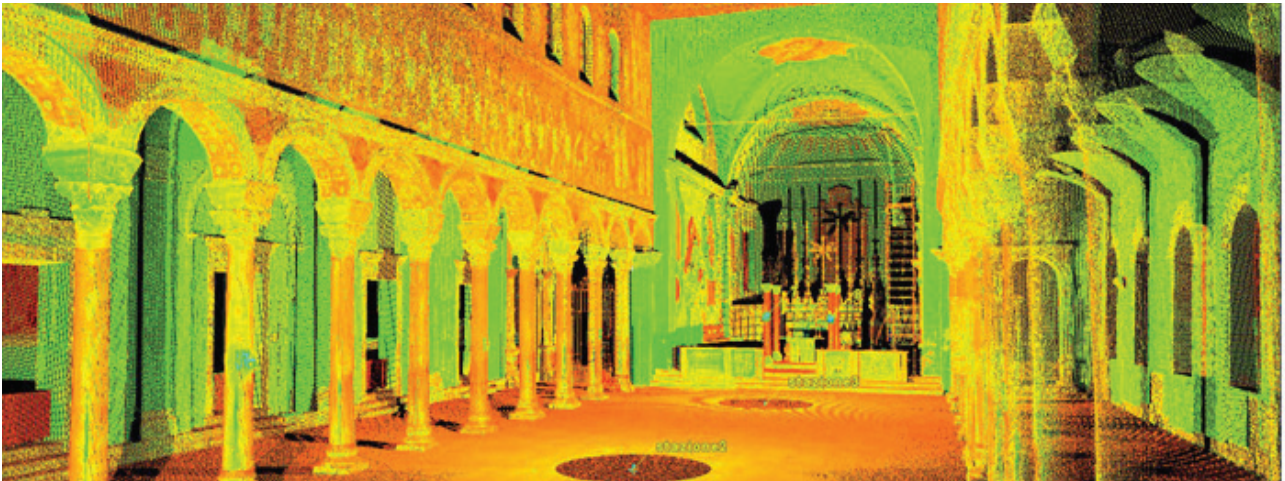


Figura 1. Le scansioni registrate ad alta definizione della Basilica di S. Apollinare Nuovo a Ravenna.



Figura 2. Il rilievo dei mosaici alla scala architettonica (immagini di decorazioni musive presso il Battistero Neoniano e cartone preparatorio a tempera su carta da lucido, realizzato da Libera Musiani, in occasione della campagna di rilievi pittorici e tramite calchi in gesso effettuati prima del restauro del 1937).



Figura 3. Dettagli appartenenti al mosaico moderno "Colombe" di Renato Guttuso e Romolo Papa, 1951-1959.

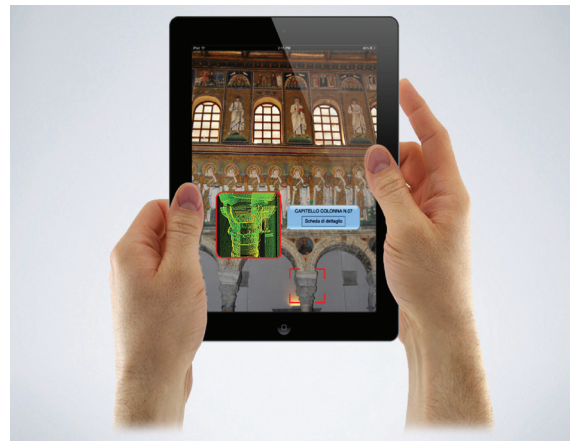


Figura 4. Un A.I.M. connesso via web al database centrale per mezzo di dispositivi mobili.