

# L'INFORMATICA PER IL MOSAICO, TRE CASI PROTOTIPALI

di Mariapaola Monti, Giuseppe Maino

Le tecnologie informatiche vengono sempre più spesso e utilmente applicate alla conservazione e allo studio dei beni culturali. In questo lavoro vengono presentate tre diverse applicazioni delle tecniche informatiche alla catalogazione e documentazione del materiale musivo: la banca dati multimediale del Centro Internazionale di Documentazione sul Mosaico di Ravenna, il restauro virtuale dei cartoni del mosaico di Ravenna e il rilievo tridimensionale del mosaico per mezzo del laser scanner 3D.

**N**ell'ambito dello studio e della documentazione del mosaico antico e contemporaneo, l'utilizzo mirato e sistematico di tecnologie informatiche, abbinato a diagnostiche non distruttive di tipo multispettrale, è praticato da tempo per l'importante contributo che può offrire al monitoraggio e alla registrazione di dati attendibili per la conservazione ed il restauro. La possibilità di affrontare in maniera organica e metodica problemi rilevanti quali lo stato dei paramenti murari, l'individuazione dei distacchi del sottofondo musivo, la mappatura dei confini tra zone originali e restaurate, il controllo delle operazioni di pulitura, ha avvicinato - in tempi recenti - questo complesso campo di studi all'informatica.

Nel corso dell'ultimo quarantennio, le nostre conoscenze sulle opere musive sono aumentate e sono state approfondite grazie all'imponente mole di informazioni prodotta in occasione dei numerosi interventi di restauro, la cui documentazione è stata ottenuta attraverso l'impiego di nuove tecnologie di indagine diagnostica. Nello sforzo di riversare su supporti indelebili e permanenti l'enorme quantità di dati raccolti, le possibilità offerte nell'elaborazione dei dati e, in particolare, nell'interpretazione delle immagini, giocano un ruolo fondamentale per i potenziali di confronto ed analisi che i sistemi informativi consentono.

Le esperienze compiute sui diversi cantieri sono state spesso esposte e discusse in pubblicazioni scientifiche e nei congressi internazionali di associazioni di studio e conservazione del mosaico, nell'ambito dei quali sono state affrontate questioni come le modalità di formazione e di trasmissione del repertorio musivo ed il suo rapporto con i modelli pittorici, il formarsi e il radicarsi di tradizioni locali ed i rapporti tra loro intercorrenti, la distribuzione dei compiti fra diversi artigiani, le tecniche esecutive, le caratteristiche dei materiali utilizzati.

Nonostante ciò, ancora molte domande rimangono senza risposta. Una comprensione maggiore degli aspetti ancora oscuri verrebbe sicuramente offerta dalla possibilità di consultare agevolmente la documentazione prodotta nelle indagini e nella loro gestione da parte di un sistema che le renda

facilmente e immediatamente comparabili, grazie anche alla condivisione di informazioni in rete.

Una tale iniziativa richiederebbe ovviamente, a causa della mole e della complessità dei dati, il supporto di un sistema informatico. Questo permetterebbe, ad esempio, la creazione di griglie di riferimento per risolvere i tanti problemi di cronologia.

Si presentano tre recenti esperienze di applicazioni informatiche allo studio dei mosaici in un più ampio contesto di documentazione, di sperimentazione e di valorizzazione.

## UNA BANCA DATI DEL MOSAICO

Il CIDM - Centro Internazionale di Documentazione sul Mosaico - ha promosso e coordinato la realizzazione di una banca dati multimediale in rete per la conoscenza, lo studio e la valorizzazione delle decorazioni musive, consultabile sul sito [www.mosaicoravenna.it](http://www.mosaicoravenna.it).

Con la collaborazione dell'ENEA di Bologna e della Data Management di Ravenna è stato progettato e realizzato un sistema informatico innovativo che consente l'archiviazione di informazioni sulle decorazioni musive utilizzabile anche in rete con modalità di accesso remoto. Questa banca dati - in continua evoluzione e aggiornamento - aspira a documentare tutte le tipologie di mosaico senza alcun limite cronologico o geografico, fornendo informazioni e indicando percorsi conoscitivi il più possibile esaustivi, tenendo conto delle diverse fasce d'utenza che interrogheranno il sistema, dagli studenti ai ricercatori, e presentando più livelli di approfondimento e interfacce.

La progettazione del database, finanziato dalla Comunità Europea attraverso borse di studio per la ricerca e l'implementazione dei dati, ha richiesto due azioni complementari: da una parte si è dovuta definire una scheda catalografica compatibile con gli standard ministeriali di censimento dei beni culturali (Fig. 1), dall'altra è stato necessario concepire un sistema informatico che rispondesse a molteplici esigenze: possibilità di accesso da internet e restituzione dei dati secondo schemi e gradi di approfondimento diversi, in relazione al tipo di utenza (Fig. 2 e Fig. 3).

Centro Internazionale di Documentazione sul Mosaico

SCHEDA DESCRITTIVA PER I MOSAICI:  
INDIVIDUAZIONE DEI DATI E LORO STRUTTURAZIONE

CD	CODICI	SE	TR	TI	DI	id - mark	comment	section	type	repetitive	required	vocabulary	SQLtype	length	value	table
TRM	Tipi scheda	08	1	1	1	20000	CD CODICI	CD	P	0	1	N				
TRV	Livello ricerca	08	1	1	1	20000	TSK Tipo scheda	CD	C	0	1	C	VARCHAR	25		cd_tsk
TRC	CODICE UNIVOCO	08	1	1	1	20400	LIR Livello ricerca	CD	C	0	1	C	VARCHAR	25		cd_lr
NCTP	Codice stato	08	1	1	1	20500	NCT CODICE UNIVOCO	CD	K	0	1	N				
NCTB	Id scheda bene	08	1	1	1	20610	NCTP Codice stato	CD	S	0	1	C	VARCHAR	10		cd_nctb
NCTC	Codice scheda radice/ componente	08	1	1	1	20620	NCTB Id scheda bene	CD	S	0	1	N	INT	10		cd_nctc
ESC	Ente schedatore	08	1	1	1	20630	NCTC Codice scheda radice/ componente	CD	S	0	1	C	VARCHAR	50		cd_esc
RV	RELAZIONI	08	1	1	1	20800	ESC Ente schedatore	CD	C	0	1	C	VARCHAR	50		
RV	STRUTTURA COMPLESSA	08	1	1	1	40000	RV RELAZIONI	RV	P	0	0	N				
RV	Livello	08	1	1	1	40200	RVV STRUTTURA COMPLESSA	RV	K	0	1	N				
RV	Id scheda radice	08	1	1	1	40210	RVV Livello	RV	S	0	1	N	VARCHAR	25		rv_rvv
RV	RELAZIONE DIRETTA	08	1	1	1	40220	RVV Id scheda radice	RV	S	0	1	N	INT	10		rv_rvr
RV	Id scheda	08	1	1	1	40400	RSE RELAZIONE DIRETTA	RV	K	1	0	N				
RV	Altra relazione	08	1	1	1	40410	RSER Tipo relazione	RV	S	0	1	C	VARCHAR	100		rv_rsr
OG	OGGETTO	08	1	1	1	40420	RSET Tipo scheda	RV	S	0	1	C	VARCHAR	100		rv_rse
OG	Definizione	08	1	1	1	40430	RSEC Id scheda	RV	S	0	1	N	INT	10		rv_rsec
OG	Definizione connotazione morfologica	08	1	1	1	40600	RSEC Altra relazione	RV	C	1	0	N	INT	10		rv_rsz
OG	Definizione connotazione funzionale e tematica	08	1	1	1	60000	OG OGGETTO	OG	P	0	1	N				
OG	Identificazione	08	1	1	1	60200	OGT OGGETTO	OG	K	0	1	N				
OG	Definizione	08	1	1	1	60210	OGD Definizione	OG	S	0	1	C	VARCHAR	150		og_ogd
OG	Indicazione sull'oggetto	08	1	1	1	60220	OGT Tipologia	OG	S	0	1	C	VARCHAR	150		og_ogt
OG	QUANTITA'	08	1	1	1	60230	OGTV Identificazione	OG	S	0	1	A	VARCHAR	100		og_ogv
OG	Numero	08	1	1	1	60240	OGTN Denominazione/ dedizione	OG	S	0	1	N	VARCHAR	255		og_ogtn

Figura 1 - Esempio di scheda catalografica del mosaico

Sono state realizzate, ad oggi, la Banca dati del Mosaico e la Banca dati Mosaicisti Contemporanei, contenenti informazioni sul mosaico a livello nazionale e internazionale, sviluppando strategie che consentono a tutti gli utenti di accedere facilmente alle risorse culturali e al patrimonio di pubblico valore, garantendo una libera circolazione della conoscenza.



Figura 2 - Schema dell'architettura del sistema informativo sulle decorazioni musive.



Figura 3 - Schema della connettività del sistema informativo sulle decorazioni musive.

**COME AFFRONTARE IL RESTAURO VIRTUALE**

I principi Brandi facevano evidentemente riferimento non al restauro virtuale ma a quello vero e proprio, che riguarda la materia dell'opera d'arte, e sono oggi affermati come fondamentali in ogni intervento di restauro tradizionale. Furono messi in atto in anni in cui il restauro virtuale ancora non esisteva, dal momento che si può cominciare a parlare di era digitale solo a partire dagli anni Sessanta del XX secolo.

Tuttavia essi (che si possono sinteticamente formulare come rispetto dell'istanza estetica e storica, compatibilità dei materiali, riconoscibilità dell'intervento, reversibilità dei materiali e minimo intervento) devono essere applicati - pur adattandoli - anche al restauro virtuale perché resti un'operazione legittima e non un lavoro di fantasia o uno sfoggio di abilità, sebbene questo consista solamente in un restauro di tipo estetico, che non coinvolge la materia dell'opera d'arte. Per tale motivo il principio di compatibilità dei materiali non è applicabile, ma restano validi tutti gli altri.

Dunque il 'Restauro Elettronico', come veniva chiamato inizialmente il restauro estetico per mezzo del computer, oggi comunemente definito 'Restauro Virtuale', andrebbe più correttamente chiamato 'Restauro Iconologico Digitale', poiché si tratta di un'elaborazione digitale al computer dell'immagine (in greco *εικων*) dell'opera d'arte.

Generalmente, questa elaborazione digitale è finalizzata al miglioramento visivo ed estetico dell'opera o a una sua ricostruzione ipotetica, che ne permetta una maggiore leggibilità. In tal senso il restauro virtuale non si pone in competizione con quello reale ma lo supporta e affianca, prefigurandone i possibili esiti (ad esempio, quando è necessario scegliere tra metodologie d'intervento diverse) e rispettandone le medesime regole (non sono permessi rifacimenti o ricostruzioni arbitrarie).

Esso consente inoltre di ottenere un'immagine fruibile dell'opera quando questa non sia materialmente restaurabile per via dei costi troppo elevati o di una condizione di eccessiva fragilità dei materiali. Semplificando si può dire che mentre il restauro tradizionale mira principalmente al prolungamento della vita del manufatto, quello virtuale intende ottenere una migliore leggibilità delle informazioni contenute nell'opera.

Non bisogna mai dimenticare che un intervento di restauro, in quanto di per sé sempre traumatico per l'opera, andrebbe realizzato solo nel caso in cui fosse indispensabile per la sopravvivenza del manufatto; dunque, quando sia invece necessario migliorare la leggibilità dell'immagine, il restauro tradizionale può essere sostituito dal restauro virtuale, che consente di preservare l'integrità dei materiali originali: si può cioè affiancare all'opera frammentaria la sua immagine ricomposta, ripulita o ricostruita, dove sia possibile farlo senza cadere in soluzioni arbitrarie.

Con 'restauro virtuale' oggi si intende anche il miglioramento a livello digitale, grazie a particolari algoritmi e relazioni matematiche, delle immagini risultanti da indagini diagnostiche su opere d'arte e documenti antichi (indagini fotografiche, esami a raggi X, UV, IR), al fine di facilitarne la comprensione.

I vantaggi di un restauro virtuale dipendono dalla sua specificità rispetto a quello manuale: un'immagine digitale, 'clone' di quella reale, può essere modificata, duplicata, ripristinata tante volte senza che l'opera reale corra alcun rischio di danneggiamento. Si può senz'altro lavorare quindi con la massima libertà di azione, anche mettendo momentaneamente tra parentesi i principi che regolano il restauro tradizionale. I tentativi di intervento possono essere diversi e anche modificati successivamente: ogni fase dell'intervento

può essere registrata su un diverso livello in un programma di fotoritocco come Adobe Photoshop, Corel PhotoPaint o GIMP. Ciò consente in un certo senso la reversibilità dell'intervento e il confronto immediato tra le diverse fasi ed eventualmente tra diverse scelte operative.

Le ipotesi di ricostruzione realizzate digitalmente possono essere anche mimetiche, magari realizzate su un diverso livello rispetto all'immagine dell'originale per garantirne la riconoscibilità, l'importante è che siano sempre legittimate da un'analisi filologica dell'opera.

### UN'APPLICAZIONE AI CARTONI DEL MOSAICO

Nel caso particolare dei cartoni del mosaico, il restauro virtuale è stato effettuato non al fine di prefigurare un intervento reale, bensì per migliorare ed estrarre l'informazione contenuta in queste opere circa il reticolo e i colori del mosaico in vista della sua riproduzione. Perciò non seguirà i criteri classici del restauro che imporrebbero il divieto di ricostruire le parti mancanti, in maniera mimetica, per quanto non arbitraria. Ciò è possibile perché si conservano i mosaici originali da cui i cartoni sono stati copiati, tessera per tessera, a fini di documentazione e come materiale didattico per l'Istituto d'arte per il Mosaico 'Gino Severini' di Ravenna, cui appartengono.

Il fine è quello di creare dei sostituti stampabili dei cartoni originali che possano essere utilizzati nella quotidiana attività didattica della scuola e che contengano un'informazione il più possibile chiara e completa, in modo tale da consentire di conservare i cartoni più importanti nella maniera più idonea senza per questo privarne gli studenti.

Non essendo stati sviluppati programmi specifici per il restauro virtuale, generalmente vengono utilizzati software commerciali per la grafica vettoriale o bitmap, in questo caso Adobe Photoshop CS.

Preliminare all'intervento vero e proprio dovrebbe essere l'applicazione di un adeguato sistema CMS (*Color Management System*), che, grazie all'uso di un colorimetro o di uno spettrofotometro, permette di coordinare i gamut, cioè gli spazi colore dei diversi dispositivi di output (come stampante e monitor), al fine di mantenere i colori dell'immagine acquisita il più possibile corrispondenti tra di loro e a quelli dell'originale. Le fasi dell'intervento di restauro virtuale sui cartoni del mosaico consistono in: acquisizione digitale, mosaicatura, elaborazione (bilanciamento, pulitura, ricostruzione, estrazione del reticolo), archiviazione elettronica.

Naturalmente di ogni passaggio, di ogni fase dell'elaborazione digitale, va conservata memoria in altrettanti livelli di un file di Photoshop (con estensione .psd), capace di archiviare diverse immagini sovrapposte salvandole senza compressione e quindi senza perdita di qualità.

L'acquisizione digitale viene generalmente effettuata per mezzo di una fotocamera digitale, la cui risoluzione, oggi, varia mediamente tra gli 8 e i 14 Megapixel. Si tratta di una macchina fotografica in cui la tradizionale pellicola fotosensibile è sostituita da un sensore CCD (*Charge-Coupled Device*) o CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*) in grado di catturare l'immagine trasformandola in un segnale elettrico.

Se il cartone da fotografare è molto grande può essere acquisito mediante più riprese, i cui bordi devono potersi sovrapporre per poterle ricomporre mediante mosaicatura, in modo da ottenere una risoluzione di almeno 500 o 600 ppi (*pixel per inch*) sulle dimensioni reali, necessaria per la visualizzazione a schermo di ingrandimenti di particolari e per la realizzazione di stampe di altissima qualità.

Una prima elaborazione dell'immagine così ottenuta consiste nel bilanciamento di luminosità e contrasto e nella regolazione delle dominanti cromatiche, per mezzo dello strumento 'Curve' di Photoshop, in modo da rendere la fotografia il più possibile somigliante all'originale, dal momento che ogni acquisizione

causa inevitabilmente effetti di sovraesposizione o sottoesposizione e di viraggio del colore, a causa delle condizioni di illuminazione e delle caratteristiche del sensore utilizzato.



Figura 4 - Fotografia del dipinto di Alessandro Azzaroni raffigurante la 'coppia di colombe' del Mausoleo di Galla Placidia a Ravenna.

Al fine di effettuare al meglio queste correzioni è bene che le foto siano realizzate riprendendo insieme al cartone una scala di colore, in modo tale da avere un riferimento certo in base al quale valutare la deviazione dei valori di colore e luminosità della foto da quelli dell'originale.

Ad esempio in Fig. 4 vediamo che l'immagine acquisita appare troppo chiara, sfocata e leggermente virata verso una dominante rossa. Si tratta della fotografia del dipinto (databile tra 1900 e 1901) di Alessandro Azzaroni raffigurante la "coppia di colombe" del Mausoleo di Galla Placidia a Ravenna.

Invece in Fig. 5 la stessa immagine è stata bilanciata sulla base dei colori mostrati dal mosaico originale. In questo modo è stato possibile correggere non solo le imperfezioni nell'acquisizione dell'immagine, ma anche le variazioni di tinta delle tessere, dovute al cambiamento di colore (degrado fotocromatico) del lucido nel tempo, la cui nuova dominante giallo-aranciata traspare attraverso il sottile strato di tempera del cartone.



Figura 5 - Bilanciamento immagine.

In seguito, se necessario, si possono eseguire operazioni di pulitura (eliminazione di macchie) e di intensificazione dei tratti sbiaditi. Si tratta di un recupero di informazioni che non sempre è possibile effettuare con un restauro di tipo tradizionale. Grazie all'utilizzo della fotografia in IR e UV è possibile anche separare e restituire nitidezza a eventuali testi palinsesti.

La ricostruzione delle parti mancanti (Fig. 6) consiste nell'utilizzare le parti integre dell'immagine per ricreare la figurazione delle zone perse, solo dove essa è prevedibile con certezza, quindi per lacune molto piccole, ma anche più grandi, se esistono altre copie dell'opera da restaurare: nel nostro caso si conservano i mosaici originali alla base dei cartoni stessi. Generalmente si utilizzano strumenti di Photoshop quali il 'Timbro clone', il 'Pennello correttivo' e la 'Toppa'.



Figura 6 - Ricostruzione in digitale delle parti mancanti.

Oltre alla sovrapposizione dei vari livelli corrispondenti alle diverse fasi del lavoro, sono evidenziate con un margine rosso anche le aree del cartone interessate dalla ricostruzione digitale. Le tessere dorate alla base della coppa avevano assunto nel

cartone un colore verdastro, probabilmente a causa dell'alterazione della porporina; al fine di restituire loro un colore più vicino a quello originale è stato utilizzato lo strumento 'Sostituzione colore'. La fascia dorata che decora la coppa era invece stata realizzata con tempere di colore giallo, arancio e ocra, perciò non ha subito alterazioni.

L'estrazione digitale del reticolo (Fig. 7) può facilitare l'esecuzione di copie in mosaico: la particolare tecnica messa a punto dai Maestri Mosaicisti (che operarono a Ravenna dal 1948 al 1974 all'interno del Gruppo Mosaicisti) prevedeva infatti che il reticolo del mosaico da riprodurre – ricalcato manualmente – venisse appoggiato sull'intonaco fresco, capace di assorbire la traccia dell'inchiostro idrosolubile con cui era stato tracciato, servendo così da guida per la posa delle tessere.

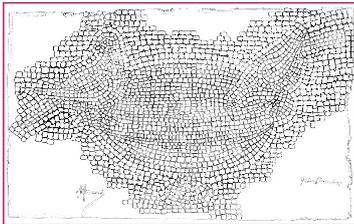


Figura 7 - Estrazione digitale del reticolo.

L'ultima fase dell'intervento consiste nell'archiviazione elettronica ad alta e bassa risoluzione, per conservare le immagini acquisite e tutte le successive elaborazioni in vista sia della loro consultazione, sia di eventuali nuovi restauri virtuali basati su diversi principi. Per questo è necessario salvare le immagini sia in un formato che, benché occupi molto spazio, non comporti una perdita di dati (formati .bmp, .psd e .tiff, che utilizzano algoritmi di compressione dati *lossless*), sia in formato compresso (di solito si usa il jpeg, che utilizza un algoritmo di compressione *lossy*), che provoca una perdita di informazioni ad ogni successivo salvataggio, ma consente una consultazione più agevole e un minore dispendio di spazio e risorse. Se le immagini archiviate ad alta risoluzione possono servire anche per la realizzazione di stampe di altissima qualità, per la pubblicazione e la vendita, con quelle a bassa risoluzione si può pensare di allestire un catalogo in rete o un museo virtuale liberamente consultabile. Il tutto andrebbe realizzato nell'ottica della promozione e della conoscenza di un patrimonio così caratteristico della città di Ravenna qual è quello costituito dai cartoni del mosaico.

Nell'ambito del presente progetto di realizzazione del restauro virtuale dei cartoni del mosaico, sono stati fotografati quattro cartoni di proprietà dell'Istituto d'Arte per il Mosaico 'Gino Severini' di Ravenna, su cui in seguito sono state eseguite alcune ipotesi di elaborazione digitale: si tratta dei cartoni n. 54, 84, 88 e 91 (Figure 8-11).

Date le dimensioni (104x70 cm), il cartone n. 54 è stato fotografato con due riprese in parte sovrapponibili che, dopo il bilanciamento dei colori, della luminosità e del contrasto, sono state sottoposte a raddrizzamento prospettico e ricomposizione mediante mosaicatura. L'immagine risultante ha una risoluzione di 90 ppi sulle dimensioni reali. In seguito, dall'immagine ricomposta è stato estratto il reticolo musivo.

#### ESTRAZIONE DIGITALE

L'estrazione digitale del reticolo è stata effettuata utilizzando il comando 'Trova bordi' sull'immagine del cartone restaurata e trasformata in 'Scala di grigio'; in seguito il contrasto è stato aumentato per mezzo dello strumento 'Curve' per evidenziare maggiormente i bordi delle tessere, che sono quindi state ripulite manualmente una ad una per mezzo dello strumento 'Pennello', poiché le variazioni di colore al loro interno erano state anch'esse evidenziate, seppur più lievemente, dal comando 'Trova bordi'.



Figura 8 - Fotografia del cartone raffigurante un 'profeta' dal Battistero Neoniano.

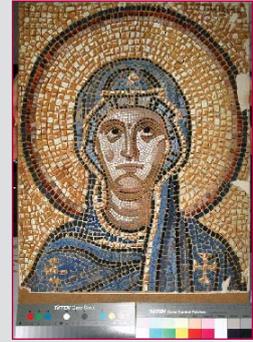


Figura 9 - Fotografia del cartone raffigurante la 'Vergine Orante' dal Museo Arcivescovile.



Figura 10 - Fotografia del cartone raffigurante la lunetta con 'Cristo e gli Apostoli' da Sant'Apollinare Nuovo.



Figura 11 - Fotografia del cartone raffigurante una 'quaglia' dalla Basilica di San Vitale.

Dunque, per le fotografie del cartone n. 54 è stato necessario un processo di ricomposizione mediante mosaicatura, ma non un intervento di ricostruzione digitale delle parti mancanti, dato che questo dipinto su lucido si conserva integro; al contrario, i cartoni n. 84, 88 e 91, più piccoli, sono stati acquisiti con un'unica ripresa, ma, presentando diverse lacune, sono stati sottoposti a una ricostruzione dei frammenti perduti (Figure 12-15).

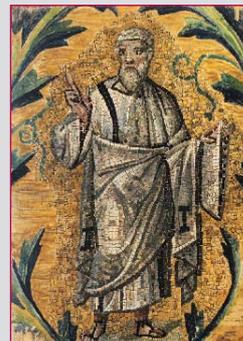


Figura 12 - Restauro virtuale del cartone raffigurante un "profeta" dal Battistero Neoniano.



Figura 13 - Restauro virtuale del cartone raffigurante la "Vergine Orante" dal Museo Arcivescovile.



Figura 14 - Restauro virtuale Fotografia del cartone raffigurante la lunetta con "Cristo e gli Apostoli" da Sant'Apollinare Nuovo.



Figura 15 - Restauro virtuale del cartone raffigurante una "quaglia" dalla Basilica di San Vitale.

Per l'immagine del cartone n. 84 si è riuscito ad ottenere una risoluzione di 90 ppi a dimensioni reali (50x40 cm), mentre per quelle dei cartoni n. 88 e 91 si è raggiunta una risoluzione di 100 ppi a dimensioni reali (rispettivamente 68x38,5 cm e 60,8x46,6 cm).

Operazioni di questo tipo, possibilmente disponendo di strumenti che consentano anche risoluzioni migliori, attuate su tutti i cartoni che si ritengono di maggior valore storico, consentirebbero quindi di conservare gli originali al riparo dall'uso quotidiano, senza per questo sottrarre le informazioni che contengono, ma anzi migliorandole e rendendole più facilmente fruibili, per mezzo di stampe o banche dati accessibili in rete.

### RILIEVO TRIDIMENSIONALE DEI MOSAICI

I mosaici hanno un'intrinseca struttura tridimensionale dovuta alla dimensione, forma, posizione e orientamento delle tessere, caratteristiche finalizzate a produrre particolari effetti di riflessione della luce, formazione delle ombre, ecc., come pure una estrinseca, poiché sono spesso situati su superfici curve quali volte, cupole, colonne e così via. Purtroppo, la comune documentazione fotografica non tiene conto di queste caratteristiche peculiari e propone un'immagine necessariamente piatta e bidimensionale dei mosaici, trascurando così importanti informazioni che, per esempio nel caso di indagini preliminari ai restauri, sono rese graficamente per mezzo di notazioni convenzionali.

Pertanto, l'uso di scanner laser 3D è stato proposto per superare queste difficoltà e fornire archeologi, storici dell'arte e curatori di musei di strumenti adeguati per una migliore conoscenza e rappresentazione dei mosaici. La strumentazione - un Minolta VIVID 900 laser scanner portatile - è stata utilizzata su campioni e mosaici di grandi dimensioni, come quelli della Basilica di Sant'Apollinare Nuovo a Ravenna.

Una grande difficoltà dipende dalla mancanza di dati in alcune zone, in corrispondenza coi bordi delle tessere e con gli elementi di colore scuro - in particolare per le tessere nere e verde scuro che assorbono completamente la luce laser; ciò deriva dalla preponderanza del vetro come materiale costituente delle composizioni musive, giacché la sua superficie lucida e compatta riflette la luce in modo tale che solo parzialmente viene rilevata dai sensori ottici dello strumento.

Questo fastidioso fenomeno si ritrova spesso anche nel caso della scansione di opere in bronzo, le quali - per ovviare a tale problema - sono in alcuni casi state trattate con polveri o spray opacizzanti (purché rimovibili). Nel nostro caso si è ritenuto necessario cospargere la superficie musiva di polvere, rendendo così possibile l'acquisizione di una sufficiente quantità di punti da tutte le tessere.

Nel tentativo di compensare eventuali lacune nella nuvola di dati modellata con le prime prove di scansione, si è pensato di acquisire la stessa porzione della superficie più volte, inclinando l'emettitore laser a diversi gradi. Per consentire queste operazioni, il supporto realizzato per permettere lo spostamento (50x35 cm) è stato fissato a una base girevole meccanica, collegata al computer e gestita direttamente dal software di elaborazione delle nuvole di punti, al fine di definire con precisione l'angolo di inclinazione della superficie da acquisire in relazione allo scanner.

Dopo aver completato l'acquisizione del mosaico, con un'inclinazione rispettivamente di 0°, 15°, 30°, 45° e 70°, è stato fatto il riallineamento delle cinque nuvole di punti ottenute. Per mezzo del *Software Polygon Editing Tool*, fornito come accessorio standard per lo scanner Minolta, sono stati identificati i punti corrispondenti in ogni nuvola, in modo da allinearli con opportune roto-traslazioni. Applicando in seguito una funzione di fusione si è ottenuta un'unica rete di punti, dove la mancanza di informazioni derivanti dalla nube della scansione a 0° è parzialmente compensata dalla sovrapposizione delle altre nuvole. Il risultato finale è mostrato in Fig. 16.

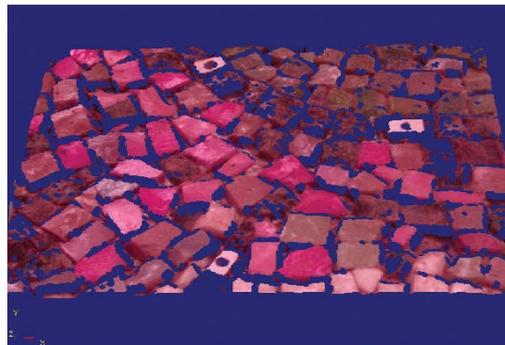
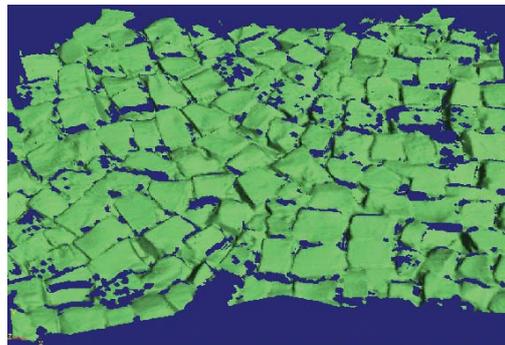


Figura 16 - Nuvola di punti dalla scansione laser 3D di un mosaico.

Per quanto riguarda la programmazione di una vera e propria campagna di rilievo tridimensionale dei mosaici di grandi dimensioni, alcuni problemi - che potrebbero essere risolti grazie alla rapida evoluzione di queste tecnologie - devono essere attentamente valutati e affrontati come precedentemente mostrato, giacché il laser scanner risulta un utile strumento per la documentazione dei mosaici.

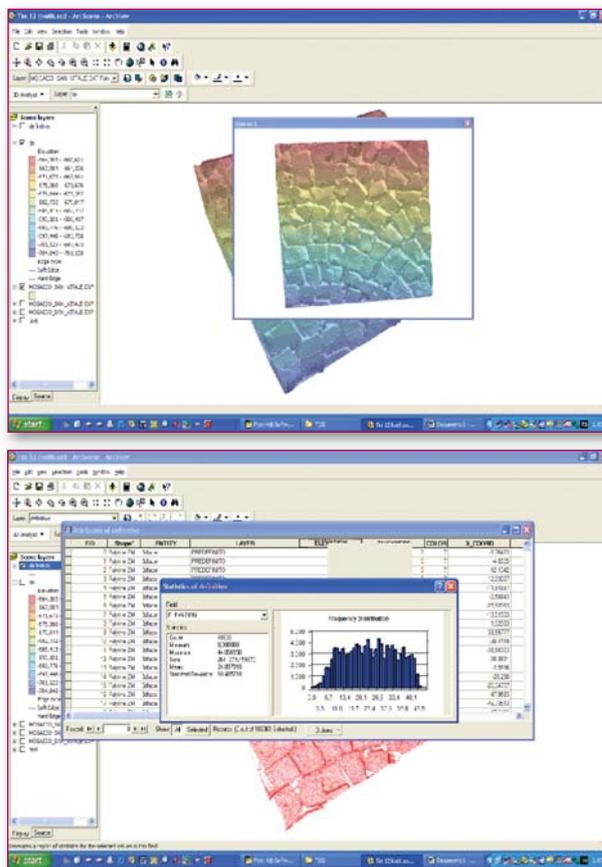


Figure 17 - La schermata di un sistema informativo geografico (GIS) in cui il rilievo tridimensionale del mosaico è stato implementato.

Inoltre, i metodi correlati di *reverse engineering* sono interessanti per diverse ragioni. La creazione di modelli virtuali di piccole porzioni, rappresentando le composizioni cui appartengono, permetterebbero di eseguire indagini comparative dei cicli musivi, consentendo di identificare le somiglianze e le differenze in termini di lavorazione e aspetto superficiale degli stessi mosaici. In base al modello virtuale è possibile eseguire accurate misurazioni delle dimensioni delle tessere, della loro distanza, posizione e orientamento, come pure della loro sporgenza rispetto al supporto.

Dunque si possono sfruttare tutte le funzionalità di un software GIS per effettuare analisi numeriche dell'intera superficie, della posizione, forma e orientamento delle singole tessere, dei valori medi e così via, e creare una preziosa banca dati georeferenzata che documenti in dettaglio i mosaici indagati.

Rappresentato graficamente per mezzo di intervalli cromatici, il file fornisce informazioni chiare ed immediate per l'esecuzione delle misure quantitative del tessellato. Il GIS consente anche la possibilità di fare analisi statistiche, da cui si possono ottenere in tempo reale dati quali il valore massimo e minimo (in altezza, in questo caso) delle zone selezionate e la deviazione standard; in tal modo, questi calcoli molto precisi e l'immediato studio morfologico della superficie sono più facili e veloci rispetto alle mappature tradizionali, permettendo così all'archeologo e allo storico dell'arte di avere dati oggettivi su cui basare le proprie riflessioni ed ipotesi sull'interpretazione dei mosaici.

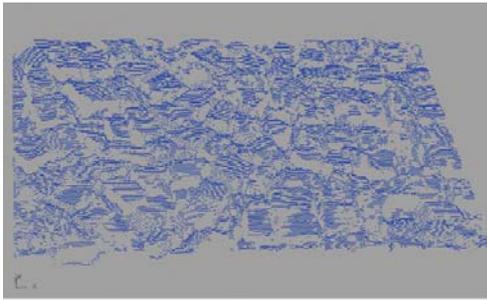


Figura 18. Tracciato delle curve di sezione della superficie musiva. Mostra una misurazione precisa dell'orientamento di una singola tessera in rapporto al piano del supporto.

## CONCLUSIONI

Dagli esempi presentati si evince che l'informatica ha un ruolo sempre più importante nella conoscenza, divulgazione e valorizzazione del patrimonio musivo, che costituisce una parte significativa delle nostre opere d'arte. Un utilizzo mirato e consapevole degli strumenti hardware e software che le moderne tecnologie mettono oggi a disposizione del conservatore, dell'archeologo e dello storico dell'arte consentirà un continuo approfondimento degli studi sul mosaico, così come della sua conservazione e della sua conoscenza non soltanto fra gli specialisti, ma verso un pubblico generalista di possibili fruitori.

## RIFERIMENTI

- Acidini C., Cappellini V., *Reale e virtuale nei musei. Due visioni a confronto*, Pitagora, Bologna, 2008.
- Kniffitz L., Grimaldi E., Ferriani S., Maino G., *Per una base di dati multimediali in rete dedicata al mosaico*, in Aiscom, Atti dell'XI Colloquio dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico, Ancona, 16-19 febbraio 2005, Tivoli, Edizioni Scripta Manent, 2006, pp. 23-30.
- Landi M., Maino G., *Multispectral imaging and digital restoration for paintings documentation*, in *Image Analysis and Processing – ICIAP 2011*, Proceedings of 16th International Conference, a cura di G. Maino e G.L. Foresti, Ravenna, settembre 2011, part II, Lecture Notes in Computer Science – LNCS 6979, Springer – Verlag, Berlin – Heidelberg (2011) pp. 464-474.
- Landi M., Maino G., Menghi R., Monti M., Nencini E., *A scientific approach to digital restoration of artworks*, *Journal of Multimedia*, in corso di pubblicazione.
- G.Maino, L.Ciancabilla, *Progettare il restauro. Tre secoli di indagini scientifiche sulle opere d'arte*, Edifir, Firenze, 2004.
- Maino G., Orlandi M., Malkowski G., *Documentare i mosaici tramite GIS*, in *La tecnologia al servizio dei beni culturali. Nuovi sistemi di catalogazione, visualizzazione e salvaguardia*, rapporto tecnico ENEA, aprile 2005, pp. 17-19.
- Monti M., Maino G., *Image processing and a virtual restoration hypothesis for mosaics and their cartoons*, in *Image Analysis and Processing – ICIAP 2011*, Proceedings of 16th International Conference, a cura di G.Maino e G.L.Foresti, Ravenna, settembre 2011, part II, Lecture Notes in Computer Science – LNCS 6979, Springer – Verlag, Berlin – Heidelberg (2011) pp. 486-495.
- Nencini E., Maino G., *From the physical restoration for preserving to the virtual restoration for enhancing*, in *Image Analysis and Processing – ICIAP 2011*, Proceedings of 16th International Conference, a cura di G.Maino e G.L.Foresti, Ravenna, settembre 2011, part I, Lecture Notes in Computer Science – LNCS 6978, Springer – Verlag, Berlin – Heidelberg (2011) pp. 700-709.
- Orlandi M., *I sistemi informativi geografici per la documentazione delle decorazioni musive*, tesi di laurea in conservazione dei beni culturali, Università degli Studi di Bologna, anno accademico 2003/2004, relatori G. Maino, G. Malkowski.
- Savioli M., *Conoscenza come conservazione: metodologie informatiche innovative per la storia del restauro*, tesi di laurea in conservazione dei beni culturali, Università degli Studi di Bologna, anno accademico 2001/2002, relatori D. Biagi Maino, G. Maino.

## ABSTRACT

*Mosaic's virtual restoration - Information technologies are increasingly and usefully applied to the study and conservation of cultural heritage. In this paper we present three different applications of computer science techniques to cataloguing and documentation of mosaic materials: the multimedia database of the International Centre for Documentation on the Mosaic of Ravenna, the virtual restoration of the mosaics of Ravenna cartoons and three-dimensional relief of the mosaic by 3D laser scanner.*

## PAROLE CHIAVE

MOSAICATURA, 3D, LASER SCANNER, RESTAURO VIRTUALE.

## AUTORI

MARIA PAOLA MONTI

GIUSEPPE MAINO

FACOLTÀ DI CONSERVAZIONE DEI BENI CULTURALI, UNIVERSITÀ DI BOLOGNA,  
SEDE DI RAVENNA  
VIA MARIANI 5 - 48100 RAVENNA