

PROCESSI DI ANALISI DELLA FORMA: SUPERFICI DIGITALI A CONFRONTO NEL PROCESSO DELLA CONSERVAZIONE

di Luigi Fregonese, Laura Taffurelli, Francesco Fassi

La documentazione dei processi di conservazione nel campo dei Beni Culturali può essere realizzata, nelle varie fasi di intervento, attraverso l'acquisizione della forma della superficie nelle varie fasi di intervento mediante tecnologia *laser scanner*. Questo tipo di acquisizione temporale va a costituire un geodatabase di informazioni a supporto dell'attività conservativa: si consolidano le accumulazioni successive di informazioni in un contenitore che dovrebbe permettere la loro fruibilità e - in base al grado di interrelazioni che si possono tracciare - la possibilità di estrarre le opportune conoscenze.



La rappresentazione generalizzata di superfici eterogenee - con il relativo studio della forma e del colore - comporta la creazione di modelli tridimensionali complessi sia per le metodologie di acquisizione, che per la gestione delle informazioni metriche. L'accuratezza necessaria è definita a priori in funzione della scala di rappresentazione, che può essere anche finalizzata ad eseguire una copia dell'oggetto in scala reale. Per giungere ad un risultato adeguato, vanno analizzati: gli aspetti metodologici opportuni per il rilievo degli elementi scultorei in base alle aree di intervento, gli strumenti utilizzabili in funzione delle precisioni e delle portate utili, la fase successiva di modellazione del dato - ivi compresa la fase di puliture e filtratura del dato grezzo - ed, infine, la fase conclusiva di riproposizione dei modelli.

La creazione di modelli, utili per la conoscenza geometrica, spaziale e temporale, implica un complesso approccio di analisi e di organizzazione delle informazioni che, spesso, sfugge invece durante i rilievi tradizionali. Tali informazioni, che vengono accumulate in maniere consecutiva, si consolidano all'interno di un contenitore unico che ne permette la fruibilità, l'analisi e - dal grado di interrelazioni che si possono tracciare - la possibilità di estrarre le opportune conoscenze.

Rappresentare la realtà attraverso dei modelli consente di simulare con grande verosimiglianza immagini tridimensionali che l'occhio umano non riesce a distinguere da rappresentazioni fotografiche prospettiche. Nel nostro caso i modelli per la rappresentazione delle parti nascoste, che sino ad ora erano considerate vuote e prive di una definizione architettonica a causa della mancanza di informazioni, prendono corpo e possono essere studiati, analizzati ed interrogati attraverso i repertori prodotti.

Un modello conoscitivo in ambito architettonico può essere descritto come una collezione di oggetti strutturati, identificati attraverso un preciso vocabolario che ne diversifichi il significato, costruendo un abecedario delle entità tridimensionali o delle tipologie. Il concetto di utilizzabilità che risulta intrinseco, risponde ad un principio di efficienza: tanto più semplice risulta la strutturazione del modello, tanto più alta sarà la sua utilizzabilità. Non bisogna però confondere la semplificazione con la mancanza di informazioni o con la superficialità.

LA CONOSCENZA ATTRAVERSO I MODELLI

Per documentare un monumento al fine di creare un archivio per la conservazione, si devono raccogliere numerose informazioni utilizzando varie tecniche di rilievo in grado di produrre un modello, da quelle tradizionali fino a quelle fotogrammetriche e laser scanner (figura 1). In generale, il modello è un oggetto (fisico o virtuale) che riproduce le forme esatte e le caratteristiche di un'opera. Può essere realizzato sia in fase di progettazione, al fine di ottimizzare il processo produttivo (di qualsiasi genere), che per rappresentare l'esistente per scopi di studio. La necessità di riprodurre accuratamente la geometria degli elementi di un monumento, ormai esigenza corrente per il restauro e per la manutenzione programmata, richiede modelli matematici accurati che coprono tutte le fasi del processo di sviluppo e renderizzazione, fino all'interazione con gli utenti finali. La disponibilità di un modello digitale 3D che costituisca una riproduzione del bene, con una accuratezza definita a priori in base alle scale di rappresentazione scelte, consente non solo la produzione di disegni di qualsiasi vista e tipo di proiezione, ma anche - e soprattutto - l'impiego del modello per la documentazione del restauro, come vero e proprio indice spaziale di un GIS 3D che riporti, punto per punto, tutte le informazioni peculiari dell'oggetto di studio e a cui possono essere associate informazioni geo-riferite provenienti da vari ambiti di indagine.



Figura 1 - Camera delle Cariatidi Palazzo TE - Mantova. Scansione effettuata con HDS6000 Leica (170 milioni di punti).

Se le acquisizioni avvengono su basi temporali differenti si ha in automatico un database a quattro dimensioni (X, Y, Z e T) in grado di creare una copia dell'oggetto all'inizio del lavoro e di documentarne tutte le fasi della lavorazione, interagendo con il modello che si crea e mettendo gli operatori del restauro nelle condizioni di disporre e di modificare le scelte di intervento per interpretare al meglio forma, materiali, tecniche costruttive, degrado e conservazione delle superficie.

I modelli digitali 3D possono anche essere proficuamente impiegati per la creazione di strumenti multimediali di divulgazione, promozione e conoscenza da parte di diverse tipologie di utenti, specialisti e non. Il concetto di riproduzione, qui, non è considerato nell'accezione negativa del termine per cui si ha la perdita di autenticità dell'opera d'arte, al contrario è considerato come un ri-appropriarsi del bene e un mettere in evidenza proprio la sua unicità, il suo valore in quanto manufatto storico-artistico inserito in un preciso contesto. Più il rilievo e la sua restituzione sono accurati e attinenti all'originale (originale inteso come stato di conservazione in cui si trova il bene al momento del rilievo) e più si è in grado di capire quali siano gli elementi costitutivi dell'opera per preservarli.

Le fasi di un intervento di restauro possono essere documentate con precisione attraverso dei modelli qualora si vada a intervenire sulla forma degli oggetti stessi, e cioè nel caso in cui si preveda la rimozione di patine o di strati superficiali (intonaci o altro) sovrapposti alle finiture originali o riconducibili ad una fase temporale del monumento ben descrivibile e per cui l'omogeneità del dato restituisca una soglia di effettiva rideterminazione. In questo modo, «ogni cosa vive una sua vita segreta ed anche ciò che vive coscientemente è formato di parti che non vivono coscientemente e tuttavia apportano meravigliose potenze di vita a un organismo così strutturato» (Plotino, IV Enneade 4, 36). Ciò che assilla Plotino è che ciascuna parte ha in sé una bellezza non tangibile ma nell'insieme del tutto l'organismo che ne fuoriesce ha una complessità ed una magnificenza cui singolarmente ciascuna delle parti non potrebbe assurgere.

Nel caso del rilievo delle dodici sculture di ordine gigante del *Palazzo Guerrieri* di Mantova, ideate dall'architetto Antonio Maria Viani tra la fine del '500 e i primi del '600, si è voluto operare in tal senso, realizzando una banca dati tridimensionale geo-riferita a due soglie temporali diverse, prima e dopo l'intervento di restauro eseguito nel corso del 2008-2009. Le dodici erme che costituiscono l'apparato scultoreo del fronte del Palazzo, costituiscono quindi un complesso sistema di definizione delle superfici, e non semplici sculture da essere prese in esame singolarmente.

ACQUISIZIONE TLS: LA CAMERA DELLE CARIATIDI DI PALAZZO TE E LE DODICI ERME GIGANTI DI PALAZZO GUERRIERI

Per la definizione della geometria tridimensionale delle statue di facciata di Palazzo Guerrieri è stato effettuato, mediante tecnologia laser Leica HDS6000, il rilievo di punti 3D ad alta densità. Le elaborazioni delle informazioni hanno consentito la definizione di *nuvole di punti* ad alta risoluzione dei telamoni e delle erme, collocandole spazialmente rispetto al contesto architettonico e documentandole nella fase precedente e successiva il restauro.

In entrambi i contesti, lo strumento utilizzato è stato un laser per misure di distanza basato sul principio della *differenza di fase*: si tratta di uno strumento molto veloce, che può acquisire sino a 500.000 punti al secondo con una portata che ben si presta alle esigenze di tipo architettonico/scultoreo. La qualità del dato rilevato sul singolo punto misurato è pari a $\pm 6\text{mm}$, e la precisione della superficie modellata è pari a $\pm 2\text{mm}$ ad una distanza di 25m.

La risoluzione di acquisizione adottata nelle fasi di rilievo è stata impostata a 1 punto ogni 3mm per distanze di 5m, con un angolo di ripresa di $360^{\circ} \times 310^{\circ}$. In questo modo è stato possibile acquisire un corpus di dati notevole, ma necessario per determinare la forma di ogni singola statua, garantendo un'alta precisione di restituzione dei punti. La strumentazione utilizzata, inoltre, grazie alla sua velocità di acquisizione e facilità di trasporto e utilizzo, ha consentito una rapida esecuzione dei lavori (due giorni per entrambe le sessioni di acquisizione 2008-2009).

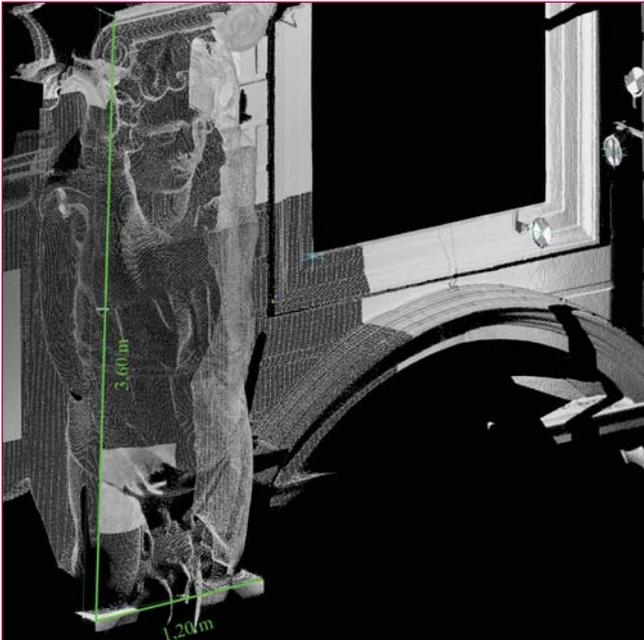


Figura 2 - Particolare del database delle nuvole di punti laser scanner della facciata, con dimensionamento di un'erma.

Data la posizione delle statue rispetto alla facciata del palazzo e le loro dimensioni (1,20x3,60m circa, figura 2) è stato necessario effettuare il rilievo su ponteggio ad altezza variabile tra i 10 e 13 m su tre livelli. Complessivamente sono state acquisite 35 scansioni laser da altrettante differenti postazioni nella prima campagna di rilievo e 65 scansioni durante la seconda campagna. Il numero maggiore di acquisizioni è stato determinato dalla presenza dell'impalcato piano dei ponteggi, che per questioni logistiche di cantiere è stato rimosso solo in parte nella seconda fase di rilievo e ha determinato vuoti di informazione, laddove gli elementi della struttura si trovavano lungo la prospettiva di presa del laser scanner. Ogni statua quindi è stata rilevata da tre a cinque diverse prospettive per permettere il rilievo tridimensionale di tutto il modellato e assicurare la copertura adeguata delle aree sotto-squadro o delle zone *in ombra* (figura 3).

Allo stesso modo, la Camera delle Cariatidi è stata rilevata con la stessa strumentazione laser, eseguendo una scansione centrale dell'ambiente cinquecentesco di Palazzo Te e quattro scansioni ad angolo per eliminare eventuali zone d'ombra. La decorazione della sala è frutto di una miscelanza di apparati originali, di ornati neoclassici e di stucchi cinquecenteschi provenienti da Palazzo Ducale e qui reimpiagati. Probabilmente, pertinenti alla decorazione originale sono gli stucchi racchiusi entro tondi della fascia più alta del fregio, mentre le cariatidi (da cui la camera prende il nome), i telamoni e i pannelli raffiguranti le tre parti del giorno della fascia sottostante, vennero realizzati su disegno di Giulio Romano per l'appartamento vedovile di Isabella d'Este e per l'appartamento di Troia, nel palazzo Ducale, trasferiti al palazzo Te all'inizio del 1800.

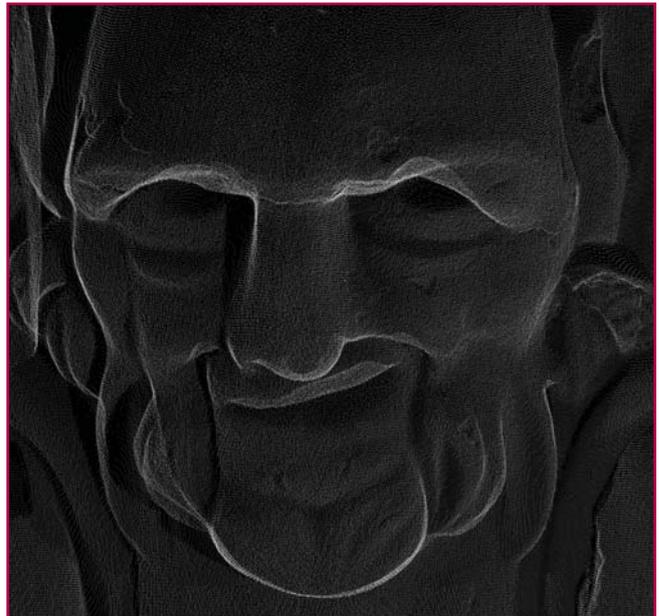


Figura 3 - Particolare del volto di un'erma, è evidente l'alta densità dei punti acquisiti.

LA MODELLAZIONE DEI DATI LASER SCANNER

Il punto di partenza per il processo di elaborazione del modello tridimensionale è l'acquisizione delle nuvole di punti, cioè dei punti nello spazio appartenenti alle superficie del solido. Il file contenente le informazioni ottenute dal dispositivo di rilevazione deve essere dapprima ottimizzato attraverso la pulizia manuale delle zone inutili e dall'unione delle scansioni in un unico modello (figura 4). Solo successivamente la nuvola di punti può essere importata direttamente nel software utilizzato per la modellazione. Vale la pena ricordare, a tal proposito, come questi programmi, che utilizzano algoritmi evoluti, siano essenziali per permettere la creazione di un modello grafico in grado di ricalcare quasi perfettamente la realtà; inoltre, senza di essi, verrebbe meno anche la potenzialità degli strumenti laser. Infatti, mancando la

possibilità di riprodurre le forme complesse partendo da un insieme di punti, sarebbe poco utile rilevare in modo preciso le forme reali se poi non ci fossero gli strumenti per riprodurli in modo rigoroso. Quindi, la prima operazione da fare è importare la nuvola di punti precedentemente pulita ed unificata nel software di modellazione: la nuvola di punti appare inserita in uno spazio virtualmente tridimensionale paragonabile alla realtà.

Le operazioni successive sono costituite da applicazioni di filtraggio che risultano indispensabili per eliminare punti errati o per alleggerire la mole di dati diminuendo in maniera intelligente il numero di punti. Ne esistono diversi tipi, classificabili a seconda che siano operazioni utili alla rimozione dei punti detti



Figura 4 - Elaborazione del dato laser proveniente da più scansioni evidenziate con colori diversi durante la fase dell'allineamento e della registrazione.

outliers (cioè i punti che sono sparsi e in posizione errata a causa di errori di misura - *Filter Noise*), operazioni per la rimozione dei punti ridondanti (cioè i punti che si sovrappongono o che sono ad una distanza inferiore alla media di tutte le mutue distanze tra i punti - *Filter Redundancy*), operazioni che permettono di eliminare una certa percentuale di punti dalla nuvola (*Sample Points*) ed operazioni che riducono la *rugosità* della superficie senza ridurre il numero di punti (*Smooth Points*).

Finita questa fase si passa alla vera e propria modellazione. Le strade che a questo punto si possono percorrere sono due: la prima, che segue un approccio classico tradizionale prevede la *triangolazione della nuvola* di punti secondo algoritmi diversi per approdare ad un modello di superficie continuo; la seconda, diretta e speditiva, utilizza le informazioni geometriche della *nuvola di punti densa*, discreta, ma talmente fitta da risultare *continua* alla scala di rappresentazione prescelta (figura 5).



DAL DISCRETO AL CONTINUO ATTRAVERSO LA TRIANGOLAZIONE

Per quanto riguarda la prima metodologia, si ricordano le fasi della triangolazione che permettono di determinare una superficie tramite *mesh poligonali*, generalmente di forma triangolare che approssimano con piccole porzioni di piano, l'andamento delle superficie in esame in modo automatico (figura 6). Dal dato discreto si possono quindi realizzare modelli numerici che riproducono l'oggetto stesso e da cui è possibile ricostruire quelle che sono le strutture geometriche elementari o complesse che lo determinano. Tuttavia, possono esistere zone con buchi o con brusche variazioni dell'andamento medio del modello, laddove sono presenti aree in ombra (ovvero nei punti dove il laser non è riuscito ad arrivare) o elementi costituiti da spigoli con andamenti irregolari. In generale i software di modellazione permettono l'individuazione automatica ed il riempimento dei buchi che si formano durante la creazione della superficie, oppure in seguito all'eliminazione dei triangoli errati. Si possono scegliere diverse modalità anche se in generale la funzione principale è quella di chiudere un buco tenendo conto della curvatura dei bordi che lo delimitano.

Figura 5 (in alto) - Dalle nuvole di punti è possibile, con adeguata accuratezza del dato, estrarre informazioni di forma e dimensione dello stato di degrado del bene, identificando le zone ammalorate con polilinee o aree. La possibilità di utilizzare il database della scansione laser come un GIS 3D permetterebbe di georiferire informazioni.

LA NUVOLO DI PUNTI DENSA

La scelta di rilevare il dato ad alta risoluzione fa sì che il modello tridimensionale costituito dalla semplice nuvola di punti sia sufficientemente denso e permetta quindi di distinguere e di monitorare con estrema chiarezza particolari e dettagli nell'ordine del centimetro senza ulteriori operazioni di modellazione del dato. Questo modello discreto restituisce rappresentazioni convenzionali architettoniche con scale nominali 1:100, 1:50, 1:20 e 1:10. Inoltre, per scale di rappresentazione anche dell'ordine dell'1:5, la superficie dell'oggetto è visualizzabile come fosse una superficie continua, permettendo quindi di vedere, gestire ed utilizzare il *modello digitale puntuale* come un normale modello tridimensionale costruito per superfici.

Questo tipo di prodotto può, a ragione, essere definito speditivo, proprio perché è un prodotto quasi immediato e nello stesso tempo completamente utilizzabile agli scopi di conservazione. In questo modo si salta completamente la fase vera e propria di modellazione che, già di per se stessa molto laboriosa e onerosa in termini di tempo, risulta essere particolarmente ostica e complessa se l'oggetto da modellare è un *oggetto scultoreo* che presenta una geometria assolutamente complessa ed irregolare.

LA MODELLAZIONE DELLE ERME E DELLE CARIATIDI

Le sculture di Palazzo Guerrieri e le Cariatidi di Palazzo Te, nella loro complessità, costituiscono una superficie plastica e pressoché continua, per le quali con il numero di scansioni effettuate ad un determinato livello di precisione e densità di punti, è stato possibile determinare un buon risultato sia in fase di allineamento che di modellazione con mesh.



Figura 6 - Modellazione a mesh triangolari.

Figura 7 (qui a fianco) - Trasformazione dell'immagine panoramica in immagine cubica.

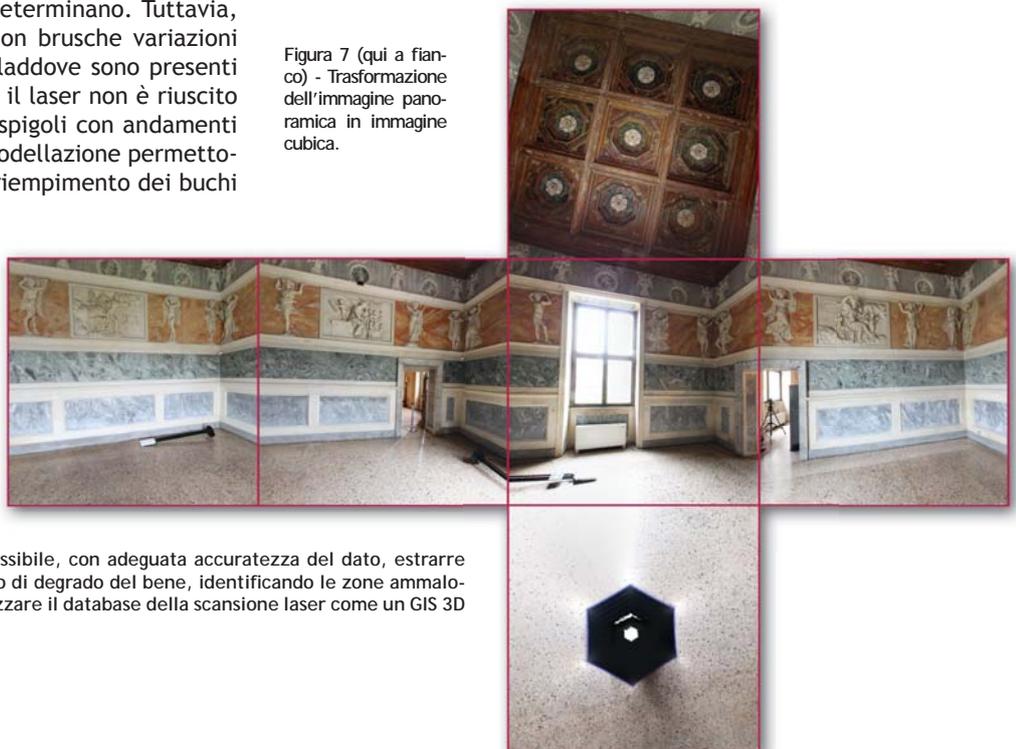




Figure 8, 9, 10 - Una delle erme di Palazzo Guerrieri. Dato laser prima e dopo il restauro, modellazione 3D con asportazione della veste e scoperta della soluzione artistica prima del ripensamento.

Un particolare dettaglio è stato riservato a una delle sei figure femminili della facciata del tribunale di Mantova, quella che ha rivelato durante la fase di restauro un buon grado di conservazione della versione originale - rivista poco dopo la sua realizzazione - giunta a noi in una seconda veste (figure 8-9). Per documentare e studiare oltre che valorizzare questa scoperta, è stato modellato il dato laser di questa scultura nella fase dopo il restauro. La possibilità di rendere reversibile questa scelta e di riportare la scultura alla conformazione prima del restauro, è supportata dal rilievo laser nella prima fase dei lavori per cui è possibile rimodellare e ricostruire la parte dell'abito attualmente rimossa (figura 10).

La modellazione delle Cariatidi di Palazzo Te nasce dall'esigenza di pervenire ad un oggetto virtuale da ricollocare nel suo ambiente originario allo scopo di avere una ricostruzione storica dell'ambiente di Palazzo Ducale di Mantova all'epoca in cui (24 febbraio 1607) si presume che per la prima volta venne messo in scena l'*Orfeo* di Monteverdi per il Duca Vincenzo Gonzaga.

INTEGRAZIONE DEL COLORE TRAMITE TEXTURE

Alla fine del processo di modellazione è importante - per la completezza e la comprensione del modello tridimensionale - realizzare l'integrazione dell'informazione di colore sulla nuvola di punti. Il fatto di *colorare* in maniera precisa il modello di punti incrementa notevolmente la leggibilità del dato e favorisce la sua interpretazione da parte dell'operatore.

Anche in questo caso il processo di applicazione dell'informazione del colore RGB dell'oggetto rilevato sul dato geometrico segue due vie: o contestuale alla fase di acquisizione - se la strumentazione laser è dotata di camera fotografica calibrata - oppure in un secondo momento rispetto all'acquisizione. Nel primo caso l'operazione non necessita di ulteriori elaborazioni velocizzando di molto le classiche tecniche di texturizzazione.

Nel caso della strumentazione HDS6000 vale la seconda strada, in quanto lo strumento non prevede un interfacciamento diretto con una camera fotografica ad alta risoluzione. Esiste un kit fotografico che permette di acquisire immagini calibrate panoramiche della scena ripresa successivamente alla scansione, e in fase di post processamento è possibile allineare l'immagine sferica (figura 12), opportunamente trasformata in immagine cubica (figura 7) al dato laser 3D punto a punto. In alternativa a questo processo, che ben si adatta ad acquisizioni di scene a 360° (ad esempio ambienti architettonici interni), è possibile associare una singola immagine fotografica prospettica od ortografica alla nuvola.

IL CONFRONTO E LA TRASMISSIBILITÀ

L'innovativa tecnologia laser scanner 3D permette di aiutare considerevolmente la conservazione, l'analisi, la diagnosi visiva e tutti i processi di conservazione e di manutenzione dei Beni Culturali, attraverso questo approccio al mondo virtuale. Nel caso delle erme di Palazzo Guerrieri, rilevate prima e dopo la fase del restauro, l'unione di informazioni sparse nella catena temporale consente di costruire un database della forma delle sculture che permette il confronto dell'intervento realizzato con quanto esisteva all'inizio del lavoro. Nel caso delle Cariatidi di Palazzo Te la forma digitale riappropriata permette nuove visualizzazioni e ricostruzioni utili agli storici, e allo stesso tempo permette la sua fruizione virtuale da parte di utenti non esperti.





Figura 12 - Immagine panoramica realizzata con camera ad alta risoluzione e kit fotografico per HDS6000.

La capacità dei modelli di rimanere inalterati nel tempo (a differenza dei calchi tradizionali) e l'interattività con cui possono essere interrogati dagli utenti per l'estrazione di informazioni, li rende ottimi strumenti per la costituzione di musei virtuali di divulgazione e conoscenza.

La trasmissibilità dell'informazione passa attraverso la genesi del modello, che teoricamente dovrebbe corrispondere all'originale. Ma quale originale? Qualsiasi architettura nel tempo subisce modificazioni per degrado, eventi, o altro, e quindi il

rilievo e la conseguente rappresentazione raffinata fotografano l'attuale, non l'originale al tempo della sua creazione. Il *reverse engineering*, di cui tanto oggi si parla, ma che, anche in tempi antichi con altro nome o veste, era presente, diventa o è la mera riproduzione dell'attuale e non più quella dell'originale. Il reverse engineering va inteso perciò come una parziale riappropriazione dell'originale che tanto più si realizza quanto più è fedele all'attuale e l'attuale è fedele al passato in nome della trasmissibilità dei documenti.

RIFERIMENTI

- Plotino, 2000 *Enneadi*, Traduzione ed introduzione di Giuseppe Faggin, Milano, Bompiani.
- Benjamin, W 1966, *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*. Arte e società di massa, Ed. Einaudi, Torino.
- Remondino, F & El-Hakim, S 2006, *Image-based 3D Modelling: A Review*, in The Photogrammetric Record, Volume 21, Number 115, September, pp. 269-291(23), Blackwell Publishing.
- Fregonese, L, Monti, C, Taffurelli, L, Soggia, R & Fontanini, A 2007 *La Conservazione Degli Apparati Architettonici E Decorativi Della "Scala Santa" Nel Complesso Del Palazzo Ducale In Mantova*, ATTI 11a Conferenza Nazionale ASITA, Torino.
- Fassi, F 2007 *3D Modeling Of Complex Architecture Integrating Different Techniques - A Critical Overview*, 3D-ARCH 2007 Proceedings: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, ETH Zurich, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVI-5/W47.
- Achille, C, Brumana, R, Fassi, F, Fregonese, L, Monti, C, Taffurelli, L & Vio, E 2007 *Transportable 3d Acquisition Systems For Cultural Heritage. Reverse Engineering And Rapid Prototyping Of The Bronze Lions Of the Saint Isidoro Chapel In The Basilica Of San Marco In Venice*, The ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences AND The CIPA International Archives for Documentation of Cultural Heritage, Vol. XXXVI-5/C53 AND XXI-2007, ISSN 1682-1750 AND ISSN 0256-1840, pp. 1-6.
- Di Francesco, C, Lattanzi, D, Romoli, E, Sala, L, Colombo, C, Conti, C, Realini, M, - Fregonese, L, Boglione, E & Pagnin, P 2008 *Restaurare un restauro ottocentesco. La facciata principale ed il pronao della Basilica di Sant'Andrea a Mantova* Atti del convegno di Bresanone, *Restaurare i Restauri: metodi, compatibilità, cantieri*, ed. Arcadia Ricerche srl, pp. 791-800.
- Fregonese, L, Taffurelli, L & Scaioni, M 2009 *Generation Of Spatial Information System For Architecture With Laserscanning Data* The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 3/W8, ISSN 1682-1750, Paris, 2009, pp. 87-92.
- Coppadoro, G, Pastore, G, Hansen, H, Tedeschi, C, Fregonese, L & Taffurelli, L 2010, *Antonio Maria Viani e la facciata di Palazzo Guerrieri a Mantova*, (a cura di Coppadoro, G), ALINEA editrice, Firenze.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano Marco Nardini, Sergio Padovani, Federico Uccelli e Diego Borsani di Leica Geosystems SpA per le collaborazioni fornite.

ABSTRACT

Shape analysis processes: digital surfaces comparison in the conservation process

Generally, the representation of heterogeneous surfaces with its form and color study involves the creation of complex three-dimensional models both for methodologies used in the acquisition and metric information management and accuracy that you want to obtain.

The reproduction, used to create virtual models, supposes some issues about the meaning of the term: produce again an object means to know it metrically with an accuracy defined a priori depending on the chosen representation scale.

The creation of a digital replica highlights a number of issues that must be analyzed to come to a suitable knowledge: the definition of appropriate survey methodologies of sculptural elements in intervention areas (construction carried out on scaffolding); the available tools for the characterization of forms depending on accuracy and payloads; the next step of data modeling including cleaning and filtering phase of raw data; the final stage of presentation models.

AUTORI

LUIGI FREGONESE, LAURA TAFFURELLI

LUIGI.FREGONESE@POLIMI.IT LAURA.TAFFURELLI@POLIMI.IT

BEST - SITECH GROUP - POLITECNICO DI MILANO, LA.RI.FO - LABORATORIO DI RILIEVO E FOTOGRAMMETRIA, POLO REGIONALE DI MANTOVA, VIA SCARSELLINI, 15 - 46100 MANTOVA

FRANCESCO FASSI

FRANCESCO.FASSI@POLIMI.IT

BEST - SITECH GROUP - POLITECNICO DI MILANO, E-LAB PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32 - 20133 MILANO