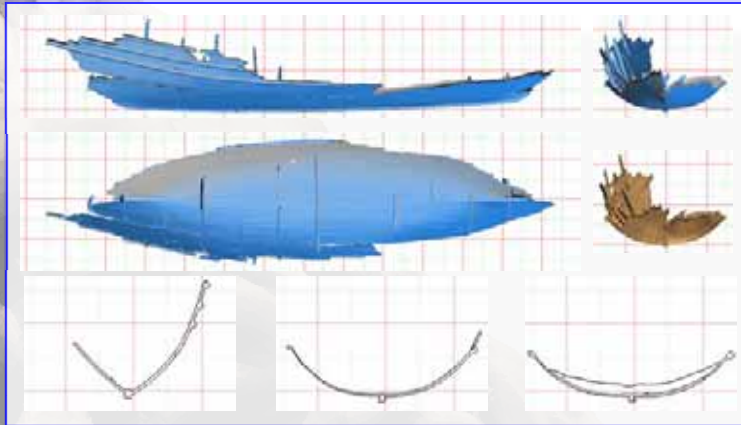
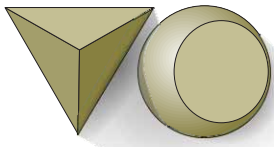


*IL RILIEVO DIGITALE TRIDIMENSIONALE, UN NUOVO STRUMENTO DI ANALISI E
DOCUMENTAZIONE PER IL RESTAURO*

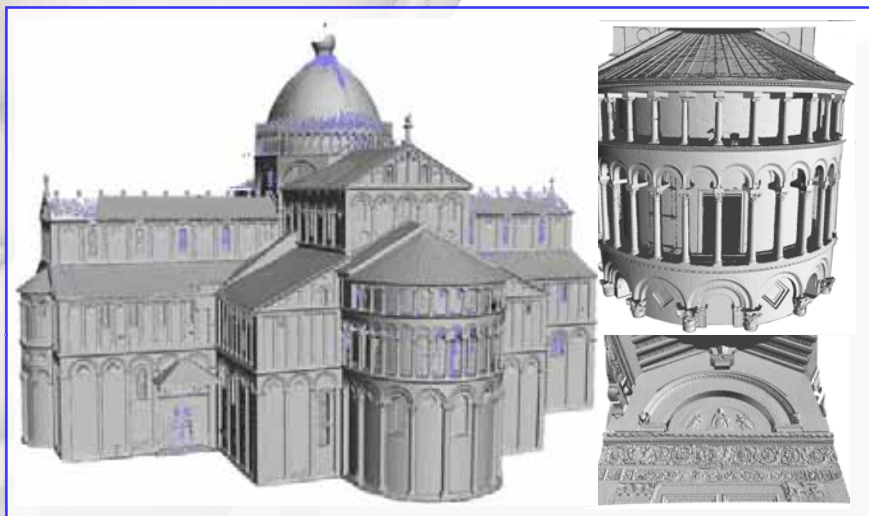
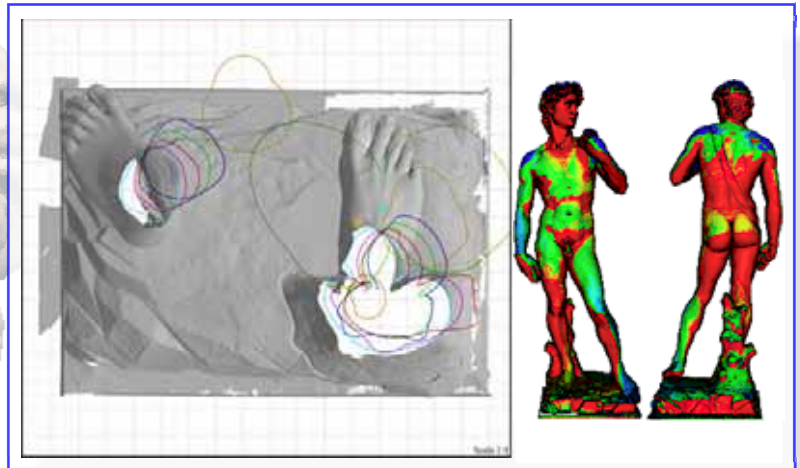
Roberto Scopigno

CNR - Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" (ISTI)



Il **Visual Computing Lab** è il laboratorio di Computer Graphics e Geometria Computazionale dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (ISTI) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) di Pisa.

Il **Visual Computing Lab** vanta numerose partecipazioni a progetti nazionali e internazionali riguardanti la grafica interattiva 3D ed il suo uso nel contesto delle applicazioni ai beni culturali.



Il **Visual Computing Lab** svolge attività di ricerca, sviluppo di applicazioni e trasferimento di tecnologie nei settori della grafica 3D, della elaborazione geometrica e delle tecniche di visualizzazione interattiva.

L'attività comprende lo sviluppo di strumenti e sistemi per l'acquisizione semiautomatica delle caratteristiche di forma e colore (3D scanning).

3D scanning



Con il termine 3D scanning (fotografia 3D, acquisizione automatica 3D) si intende la creazione di un modello digitale tridimensionale che rappresenti fedelmente le caratteristiche di forma e colore di un oggetto 3D. In pratica il modello digitale 3D è una descrizione accurata della superficie dell'oggetto in esame.

Il processo di creazione del modello digitale 3D (generalmente basato sull'uso di scanner a luce laser o sistemi ottici a luce strutturata) consiste nell'acquisire da più punti di vista descrizioni parziali dell'oggetto (range map) e nel fondere le informazioni in un unico modello digitale costituito da una nuvola di punti o, più comunemente, da un insieme di triangoli.

Rispetto al modello reale, il modello digitale 3D presenta discordanze di forma (errori di misura) che spaziano dai pochi decimi di millimetro per oggetti di piccole o medie dimensioni (monili, vasi, statue) acquisiti con scanner laser a triangolazione fino al centimetro per oggetti di grandi dimensioni (edifici, siti archeologici) per le misure effettuate con scanner laser a tempo di volo.

Il processo di acquisizione e costruzione del modello digitale è generalmente seguito da una fase di elaborazione dei dati che ha lo scopo di rendere i modelli realmente utilizzabili dai diversi applicativi locali o su web che ne fanno uso. In pratica vengono adottati schemi di rappresentazione multi-risoluzione che permettono di visualizzare i dati in modo interattivo sulle comuni architetture di classe PC.

E' importante sottolineare come i modelli digitali 3D creati con tecnologia 3D scanning non sono immagini o sequenze di immagini: il modello descrive in modo fedele e misurabile la superficie dell'oggetto reale rappresentato.

a cosa serve?

alla conoscenza:

Catalogazione - Introdurre progressivamente l'uso dei modelli digitali 3D nella catalogazione dei beni culturali; sostituire le immagini 2D o le descrizioni testuali con modelli digitali 3D recuperando quindi una completa conoscenza e descrizione del bene.

Uso di strumenti non convenzionali di indagine - Strumenti software ad hoc permettono di migliorare la leggibilità del manufatto e quindi la sua conoscenza. Le tecniche di visualizzazione non foto-realistica hanno consentito di evidenziare, per esempio, dimensione, profondità e direzione dei segni lasciati dallo scalpello nel San Matteo di Michelangelo conservato alla Galleria dell'Accademia. Una luce virtuale radente ed una aumentata profondità del segno hanno permesso di migliorare la leggibilità dei graffiti sul modello digitale delle pareti del Lupanare di Pompei.

Ricostruzione virtuale di scenari ormai perduti - La creazione dei modelli digitali delle statue e dei reperti attribuiti al complesso funebre dell'imperatore Arrigo VII insieme con l'impiego di tecniche di modellazione geometrica hanno consentito di ipotizzare l'assetto iniziale del complesso stesso nell'abside del Duomo di Pisa. In presenza di una barra di scorrimento del tempo la ricostruzione virtuale può mostrare l'evoluzione dello scenario nel tempo.

alla conservazione:

Memoria digitale - E' certamente il mezzo più accurato e preciso di descrizione del bene. A differenza del calco non subisce deformazioni nel tempo e non presenta cuciture o sbavature nel caso di riproduzione. Il modello digitale è creato con tecnologia non distruttiva e priva di dispositivi a contatto.

Monitoraggio - L'accuratezza e la ripetibilità della misura permette di approntare campagne di monitoraggio temporale per quei beni per i quali il solo controllo visivo o fotografico non fornisca sufficienti garanzie. Nel caso di delicati dipinti su tavola, ad esempio, il rilievo della superficie del dipinto ed il confronto geometrico tra acquisizioni successive permette di valutare eventuali spostamenti dovuti a modificazioni del supporto.

Produzione di copie o parti - Le classiche tecnologie a rimozione di materiale (dispositivi a controllo numerico pilotati da elaboratore) o le più moderne tecnologie additive (dispositivi per rapid prototyping) permettono di ottenere facilmente e rapidamente copie fedeli all'originale (in scala o a grandezza naturale) a partire dal modello digitale 3D. I materiali spaziano dal pregiato marmo ai metalli, dalle polveri di gesso alle resine. Gli impieghi sono molteplici: dalla sostituzione di originali per motivi di sicurezza, di conservazione o promozionali, al merchandising di qualità oppure dalla creazione di parti mancanti o gravemente danneggiate. La presenza della "donna con anfora" di Arnolfo di Cambio alla mostra "Arnolfo, alle origini del rinascimento fiorentino" di Firenze è stata resa possibile dalla temporanea sostituzione dell'originale, presso la Galleria Nazionale dell'Umbria di Perugia, con una copia in polvere di gesso creata con tecnologia rapid prototyping a partire dal modello digitale 3D dell'opera.

al restauro:

Analisi digitale - Calcolo di proprietà fisiche e geometriche del bene culturale 3D direttamente dal modello digitale quali, ad esempio, esatte dimensioni, superficie, peso, posizione del baricentro (indispensabile per le analisi relative alla statica). A partire dal modello può essere ricavata la griglia di riferimento per l'analisi ad elementi finiti della struttura. Queste analisi sono state effettuate, ad esempio, sulle caviglie del David di Michelangelo e su molteplici volte e archi di altrettanti edifici storici. Nel caso della Cattedrale di Lucera-Troia (FG) le analisi effettuate sul modello digitale della facciata (acquisito con tecnologia laser time-of-flight) hanno permesso di valutare con precisione lo spostamento del rosone rispetto al piano di facciata.

Simulazione digitale - Particolari condizioni atmosferiche o ambientali possono essere simulate sul modello digitale 3D. Le parti del David interessate dalla eventuale caduta di contaminanti sono state individuate analiticamente sul modello. I risultati, messi a confronto, ad esempio, con le immagini a ultravioletti della superficie, hanno permesso di meglio indirizzare l'opera del restauratore.

Restauro assistito da elaboratore - Opportuni strumenti software consentono di simulare, da una parte, il deterioramento e l'invecchiamento delle superfici dell'opera oppure, dall'altra, mostrare i risultati di un restauro virtuale. Il riassetto virtuale di oggetti di cui siano stati acquisite digitalmente le diverse parti rappresenta uno strumento rivoluzionario del restauro assistito. Il riassetto virtuale non necessita di collanti, di sostegni, di modellazione materica delle parti mancanti e può essere ripetuto e modificato a piacimento. Nel caso del restauro virtuale della Forma Urbis Severiana (Musei Capitolini, Roma) vari nuovi accostamenti tra i 1186 pezzi superstiti sono stati individuati automaticamente a partire dai modelli digitali 3D dei frammenti stessi.

Documentazione del restauro - La disponibilità di un modello digitale 3D consente non solo la produzione di disegni e stampati, in scala o al naturale, di qualsivoglia vista e tipo di proiezione ma anche, e soprattutto, l'impiego del modello come vero e proprio indice spaziale di un GIS 3D che riporti, punto per punto, tutte le informazioni peculiari del bene (informazioni storiche, di restauro, di indagine, testuali o pittoriche, ...). Sono in fase avanzata di progettazione e sviluppo sistemi informativi di supporto al restauro che si presentano all'utente con interfaccia 3D: il modello digitale.

Progettazione degli interventi - Nel caso di modelli di edifici o siti archeologici, caratterizzati in genere da una quantità enorme di informazioni, adeguati strumenti software permettono di estrarre dai modelli digitali la sola informazione che risulti utile al progettista dell'intervento per redarre i suoi elaborati. Tali informazioni (spigoli delle

strutture, poligonali chiuse identificanti superfici piane, elementi architettonici) possono essere agevolmente importate in un prodotto CAD qualsiasi senza dover procedere al loro disegno.

alla valorizzazione:

Applicazioni multimediali - I modelli digitali 3D, alla stessa stregua di testi, immagini, sequenze video, possono essere proficuamente impiegati nella creazione di strumenti multimediali di divulgazione, promozione, conoscenza. Il chiosco multimediale "Il monumento funebre di Arrigo VII" a disposizione dei visitatori del Museo dell'Opera del Duomo di Pisa presenta una ricostruzione virtuale del monumento, notizie storiche sulla sua evoluzione e curiosità. Esso offre la possibilità di navigare ed analizzare in dettaglio i modelli digitali 3D delle opere ancora esistenti ed offre uno strumento insostituibile per comprendere e contestualizzare le opere di Tino da Camaino esposte nel museo ed appartenenti al complesso funebre.

Visualizzazione e navigazione interattiva - Quando si esplorino modelli digitali 3D su un comune PC risulta di primaria importanza la possibilità di interagire in tempo reale con il modello stesso. L'interattività assicura la soddisfazione dell'utente ed aumenta decisamente l'effetto 3D che il monitor 2D dell'elaboratore tende a rimuovere. I modelli digitali 3D di beni culturali sono in genere caratterizzati da milioni di campioni e complesse tessiture colore. Una serie di innovativi algoritmi e strutture dati permettono di superare queste limitazioni e consentono una facile navigazione interattiva 3D. Le soluzioni si basano generalmente sulla rappresentazione multi-risoluzione dei modelli e sulla visualizzazione ad alta risoluzione delle sole parti "vicine" all'osservatore.

Musei virtuali - Il museo virtuale non è ovviamente limitato alla presentazione di uno o più oggetti 3D, ma le opere digitali tridimensionali possono giocare un ruolo importante, insieme alla loro ambientazione originale e contestualizzazione mediante la creazione di scenari adeguati. Questa contestualizzazione può essere raggiunta mediante tecniche di modellazione o l'uso di immagini. L'effetto finale non solo accresce la conoscenza del bene stesso ma certamente rappresenta un importante veicolo promozionale e didattico.

Applicazioni di realtà virtuale - Le rappresentazioni multi-risoluzione adottate e gli strumenti di visualizzazione sviluppati consentono di andare oltre la multimedialità: vere e proprie applicazioni di realtà virtuale sono rese ormai possibili a costi del tutto sostenibili.

Ti interessano altre informazioni?

Oltre che nei Beni Culturali, la tecnologia 3D scanning trova applicazione in molteplici settori che spaziano dalla medicina all'industria meccanica e manifatturiera.

Il Visual Computing Lab dell'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (ISTI) del CNR di Pisa ha sviluppato strumenti software per la creazione ed il trattamento di modelli digitali 3D a partire da opere di piccole, medie e grandi dimensioni. Il Visual Computing Lab dell'ISTI di Pisa dispone delle tecnologie e delle competenze necessarie ad affrontare tutte le problematiche esposte in questo breve depliant ... e altre ancora.

Per riferimenti bibliografici ai paper prodotti dal gruppo Visual Computer Lab (ed ai file PDF degli stessi) consultare il web all'indirizzo:

<http://vcg.isti.cnr.it/publications/publications.htm>