

GEOMATICA PER I BENI CULTURALI E FORMAZIONE

RESOCONTO DA UNA ESPERIENZA FORMATIVA DI PERFEZIONAMENTO

di Grazia Tucci, Valentina Bonora

Con la presentazione degli elaborati dei partecipanti ed una tavola rotonda sul tema si è concluso recentemente, presso la Fondazione per la Ricerca e l'Innovazione, il Secondo Corso di Perfezionamento organizzato dal *Laboratorio di Geomatica per la Conservazione e la Comunicazione dei Beni Culturali (GeCo)* dell'Università degli Studi di Firenze. La esiguità degli spazi che i corsi istituzionali consentono di dedicare a tali tematiche a fronte della loro rilevanza nel mondo professionale, sia pubblico che privato, ha fatto emergere l'esigenza di trovare altre modalità didattiche, motivando la scelta di organizzare un corso di terzo livello rivolto a laureati e professionisti. Si presenta qui un resoconto delle attività del corso di Perfezionamento da poco concluso, il secondo organizzato dal Laboratorio Ge.Co, cui seguirà una nuova edizione nel prossimo anno accademico.



Momenti del corso tra lezioni, seminari, esercitazioni e workshop.

L'attività del Laboratorio GeCo è rivolta agli ambiti dell'architettura, dell'ingegneria civile, dell'ambiente e del territorio, ed in particolare al settore, tutt'ora in espansione, della tutela e del restauro dei Beni Culturali. Ciò consente, in ambito didattico, di presentare, con le opportune semplificazioni, le più moderne metodologie di rilievo integrato, sperimentando l'impiego di nuovi strumenti hardware e software in contesti applicativi di rilevante interesse. Obiettivo principale del Corso è stato quello di fornire la consapevolezza teorica e la competenza pratica necessarie ad affrontare il tema della misura 3D a partire dal presupposto che ogni intervento sul costruito debba considerare la misura come scelta critica e risultato di un processo interpretativo dell'architettura. Particolare attenzione è stata rivolta alle fasi di progettazione del rilievo e di verifica dei risultati, sia in itinere che al termine del lavoro (collaudo), alla modellazione grafica 2D e 3D ed al trattamento dei metadati che consentono la ripercorribilità di tutte le operazioni.

L'ORGANIZZAZIONE DEL CORSO E I CONTENUTI

Il corso, svolto nei giorni di venerdì e sabato, è stato avviato con una lezione introduttiva del prof. Luciano Surace sui temi della misura e del trattamento delle osservazioni, e da una presentazione teorico-pratica delle tecniche topografiche per la realizzazione di reti di inquadramento e georeferenziazione, sviluppandosi poi in due moduli dedicati rispettivamente alla fotogrammetria digitale ed alla scansione tridimensionale. Per ciascun modulo si sono alternate comunicazioni frontali, esposizione di casi studio ed esercitazioni pratiche di acquisizione ed elaborazione dati.

Nel modulo riguardante la *Scansione 3D*, sono state trattate le caratteristiche strumentali dei sistemi distanziometrici ed a triangolazione, le tecniche di rilievo con laser scanner, l'acquisizione, la registrazione e la referenziazione delle range maps e la produzione degli elaborati grafici. Si sono poi approfondite le tecniche di modellazione tridimensionale, di texturizzazione e di visualizzazione.

Nel modulo di *Fotogrammetria*, previo esame dei principi della fotogrammetria digitale, si sono illustrate significative applicazioni pratiche, principalmente in ambito terrestre. Il fotografo, arch. Marco Introini ha presentato le sue pregevoli esperienze, in Italia e all'estero, nel campo della fotografia dell'architettura e ha illustrato i principi della fotografia digitale. Il prof. Gabriele Fangi ha introdotto la fotogrammetria sferica ed ha mostrato interessanti applicazioni anche in situazioni di emergenza. Per completare l'*excursus* sui metodi di rilievo a supporto della documentazione dei Beni Culturali, sono state infine descritte le tecniche del raddrizzamento e della ortoproiezione digitale.

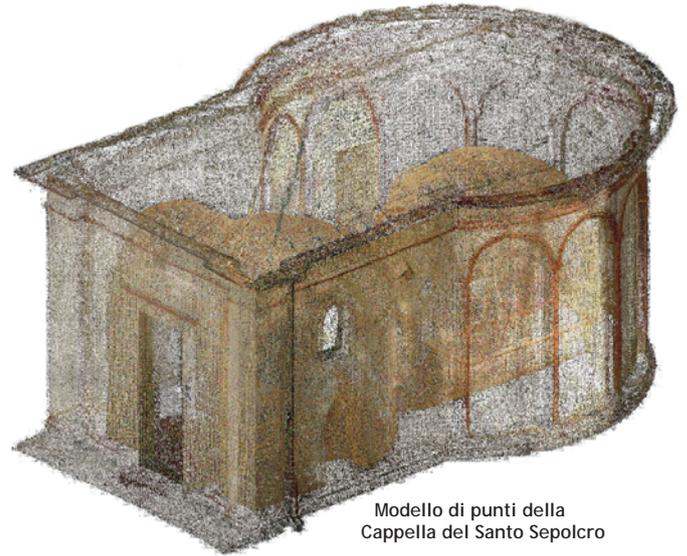
Alle lezioni frontali si sono affiancate esercitazioni pratiche, in laboratorio e sul campo. Questa edizione del corso, oltre alla scala architettonica ha affrontato anche l'argomento della riproduzione virtuale e solida di manufatti di piccola dimensione.

DOTAZIONI DEL CORSO ED ALTRE RISORSE DIDATTICHE

Il corso è stato svolto con strumentazione del Laboratorio di Geomatica (stazioni totali, laser scanner distanziometrico, laser scanner a triangolazione, GPS, camera digitale), in collaborazione con Leica Geosystems S.p.A. Per il materiale didattico è stata allestita una apposita sezione del sito internet del Laboratorio e per le elaborazioni dei dati sono state messe a disposizione dei partecipanti le licenze software utili in tutto il percorso formativo.

Per consentire un coinvolgimento diretto e per sperimentare le tecniche illustrate su un caso di studio reale, è stato organizzato un workshop presso la Gerusalemme di San Vivaldo a Montaione. Le caratteristiche del sito ben si prestavano ad un approccio metodologico corretto consentendo altresì di coniugare differenti scale di indagine: il Sacro Monte è infatti costituito da 17 cappelle (quanto resta delle 34 originarie), che riproducono in miniatura e con mirabile somiglianza topografica, i luoghi della Passione esistenti a Gerusalemme. L'iniziativa – ideata e promossa da due francescani, fra Tommaso da Firenze e fra Cherubino Conzi - si è concretizzata con la costruzione nel primo trentennio del '500 della maggior parte delle cappelle, adorne di terracotte policrome opera di plasticatori collegati alle botteghe di Giovanni della Robbia e Benedetto Buglioni. Lo svolgimento del workshop è stato reso possibile dalla collaborazione dell'Amministrazione Comunale di Montaione.

La morfologia del terreno, la presenza di vegetazione, l'interessante complesso di cappelle e le sculture policrome, hanno reso questo sito particolarmente idoneo ad esemplificare, nella breve durata del workshop, situazioni e difficoltà tipiche del rilievo dei Beni Culturali, cui ben si prestano le tecniche multiscala e multisensore proprie della geomatica.



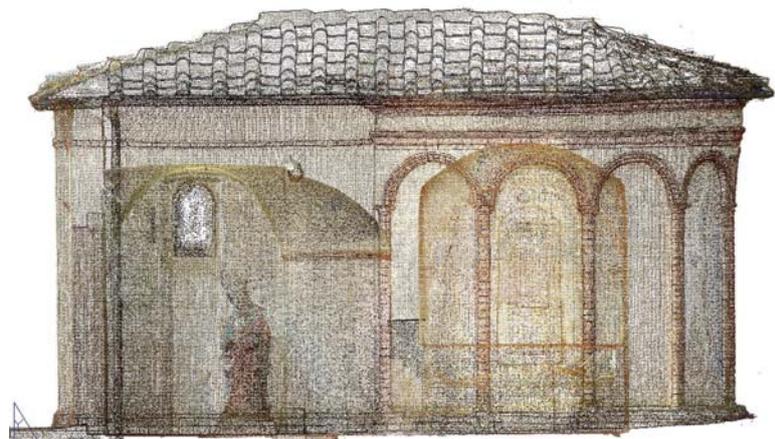
Modello di punti della Cappella del Santo Sepolcro

Per la finalità didattica dell'esperienza il rilievo è stato progettato e condotto in modo da consentire ai partecipanti di utilizzare, all'interno dei tempi prefissati, tutta la strumentazione disponibile e di porre a confronto le diverse tecniche di rilievo. Per la fase di acquisizione è stato organizzato un seminario residenziale della durata di tre giorni, che ha fornito ai partecipanti, ospiti a Montaione, anche la piacevole opportunità di socializzare fra loro e di una proficua condivisione di esperienze. Sono state organizzate tre squadre supervisionate da cinque tutor ed è stato così possibile per tutti acquisire i dati con laser scanner, stazione totale e camera digitale. Il trattamento dei dati è stato eseguito in alcune sessioni collettive in aula ed in parte individualmente.

A motivo dell'estensione del sito e del grande numero di ambienti, l'ambito di studio è stato limitato all'area delle cappelle del Santo Sepolcro, del Golgota, del Carcere di Cristo e del Noli Me Tangere.

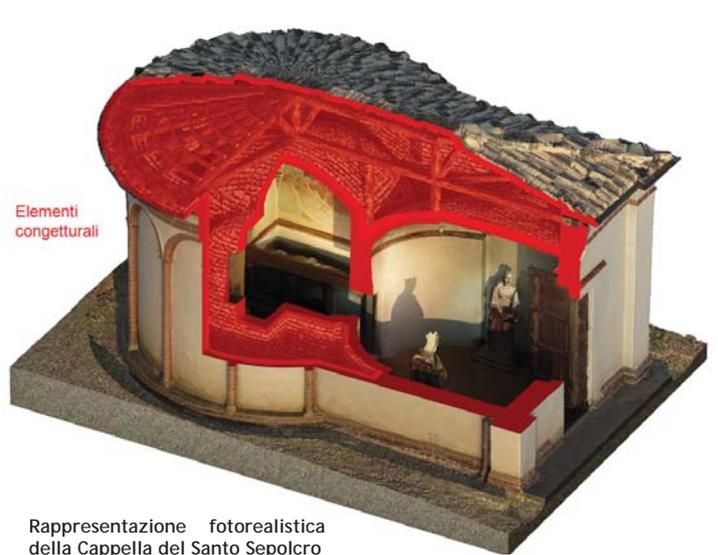
La sequenza delle operazioni in campagna può essere così riassunta: rete di inquadramento, punti di appoggio e di controllo, acquisizioni con laser scanner, acquisizioni di immagini con testa panoramica.

20 posizioni di scansione, di cui 10 all'esterno e 10 all'interno delle cappelle, sono state sufficienti a coprire l'area di interesse. Al termine di ogni scansione, alla basetta topografica sulla quale si innesta la testa dello scanner è stata collegata una testa panoramica, in modo da consentire una serie di scatti con punto di presa coincidente con il centro dello scanner. È stata utilizzata una camera Nikon D700, con obiettivo da 15mm, un passo di 60° in orizzontale, due foto contrapposte con un angolo verso il basso di 45°, e una foto zenitale. Per ciascuna direzione di scatto sono state acquisite tre fotografie a diversi livelli di esposizione (+ e - 1/3 di spot) al fine di utilizzare la tecnica HDR per ottenere immagini a illuminazione puntuale ottimale.





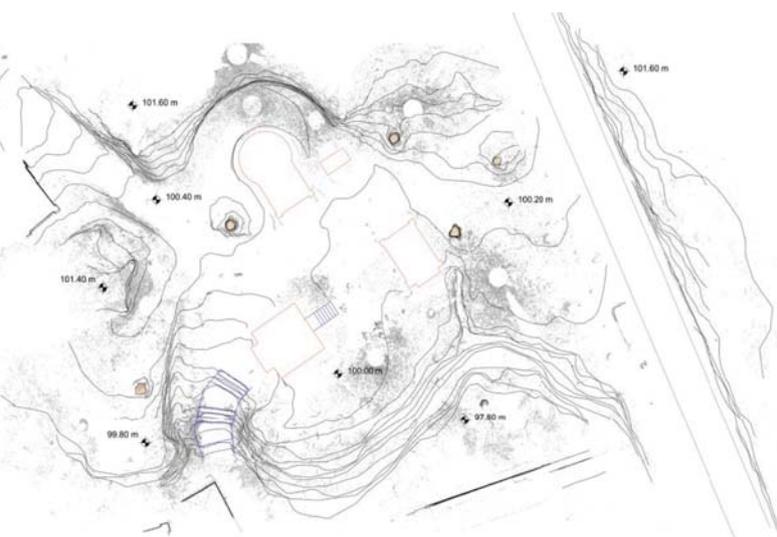
Modello di punti dell'interno della Cappella del Calvario



Elementi congetturali
Rappresentazione fotorealistica della Cappella del Santo Sepolcro

Negli incontri successivi all'esperienza di rilievo sul campo, gli iscritti al workshop hanno partecipato, sotto la guida del tutor, a tutte le fasi di pre-elaborazione dei dati raccolti:

- **Calcolo e compensazione delle misure topografiche:** è stato definito un sistema di riferimento locale, stabilmente materializzato dai vertici della poligonale, al fine di renderlo eventualmente utilizzabile per un proseguimento degli studi sul Sacro Monte.
- **Allineamento delle scansioni, in Cyclone, tramite riconoscimento semiautomatico dei target:** in pochi casi si è reso necessario allineare manualmente le scansioni tramite riconoscimento di punti omologhi.



Planimetria generale dell'area di studio



- **Rimozione degli elementi di disturbo, ottimizzazione e organizzazione del DB contenente il modello di punti.**
- **Fusione delle triplette di immagini in Photoshop** mediante il comando automatico HDR merge con adattamento locale e senza modificare i parametri di correzione, al fine di evitare discontinuità di tono o di esposizione nella successiva fase di fusione dei fotogrammi. In alcuni casi di ripresa esterna è stato escluso il fotogramma sovraesposto in tutte le triplette della stessa serie. Per riportare i toni intorno a valori più realistici è stata applicata con buoni risultati visivi una corrispondenza colore tra il risultato della fusione e il fotogramma sovraesposto.
- **Costruzione dei panorami in PTGui,** sia in proiezione cubica che sferica.
- **Texturing delle scansioni:** le range map allineate sono state mappate singolarmente utilizzando i fotogrammi quadrati delle proiezioni cubiche.

SEMINARIO DI INTRODUZIONE AI GIS

In sostituzione del modulo di termografia e per colmare un gap formativo nell'ambito di un settore fortemente in evoluzione, quest'anno è stato organizzato un seminario di introduzione ai GIS, privilegiando le applicazioni sui Beni Culturali a scala urbana ed architettonica, svolto nei giorni 20 e 21 aprile presso la sede della Fondazione per la Ricerca e l'Innovazione dell'Università degli Studi di Firenze.

L'evento è stato patrocinato da ASITA (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali) e SIFET (Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia) del cui Consiglio Scientifico fa parte il principale relatore del seminario, ing. Virgilio Cima.

Il programma è stato modulato secondo un approccio graduale al tema: dalle definizioni e terminologie, alla descrizione della componente spaziale nei Geo DB, all'analisi ed elaborazioni spaziali, e fornendo infine indicazioni sui formati di scambio e sulle più recenti normative e standard, senza trattare, in questa fase, le problematiche relative ai metadati e alla qualità dei GeoDB. Anche in questo seminario si è voluto dare spazio al mondo professionale attraverso contributi di qualità da parte di due imprese Toscane, SVALTEC e Ldp, che hanno illustrato, rispettivamente, applicazioni 3D city modelling e banche dati territoriali e applicazioni web-GIS ed esempi di SIT comunali.

PRESENTAZIONE DEGLI ELABORATI FINALI E TAVOLA ROTONDA

Il corso si è concluso con la presentazione pubblica dei risultati e una discussione delle tematiche emerse. Nella prima parte dell'incontro i corsisti hanno illustrato l'approccio metodologico al rilievo e alla elaborazione dei dati con una relazione scritta e con i seguenti elaborati:

- Sezione ambientale e planimetria generale in scala 1:200. Considerata la morfologia del terreno si è scelta una rappresentazione a curve di livello ogni 20 cm.
- Tour virtuale della Piccola Gerusalemme, che collega 16 panorami fotografici tramite hotspot e li integra con altri documenti multimediali. Una mappa espandibile è stata predisposta come quadro di riferimento generale del tour.
- Pianta, prospetto e sezione in scala 1:50 di ogni cappella oggetto di indagine.
- Modellazione della cappella del Santo Sepolcro: un modello di superficie triangolato e uno di superfici mesh definite a partire da profili sezione.

E' seguita la presentazione di una serie di casi studio da parte di alcuni componenti del gruppo di ricerca del Laboratorio GeCo (architetti: Valentina Bonora, Alessandro Conti, Lidia Fiorini, Nadia Guardini, Alessia Nobile) focalizzando l'attenzione sui rapporti tra geomatica ed altre discipline.

Sono stati illustrati: il lavoro condotto sulla la Galleria dell'Accademia di Firenze ai fini della valutazione del rischio sismico; quello sulla Basilica dell'Umiltà di Pistoia ai fini dello studio, della documentazione, del restauro e consolidamento dell'intero complesso architettonico; il rilievo dello scavo archeologico del Santuario di Santa Maria del Lavello (Lc) sviluppato per fasi successive in parallelo allo sviluppo del cantiere ai fini della restituzione tridimensionale delle strutture emerse dalla scavo e del progetto esecutivo di nuovo orizzontamento della chiesa; quello, infine, relativo al Parco Mediceo di Pratolino, dove i problemi posti dalla complessità morfologica e materica delle strutture (Grotta di Cupido, Fontana di Giove, Cappella di Buontalenti e l'Appennino di Giambologna) sono stati brillantemente risolti grazie all'impiego di tecniche geomatiche, le uniche in grado di rispondere alle esigenze del caso.

Tutti i casi presentati sono stati forieri di spunti per la successiva discussione. Alla tavola rotonda erano presenti esponenti del mondo accademico, istituzionale, professionale e aziendale: i professori Luciano Surace, (già professore ordinario di Geodesia e Astronomia Geodetica Istituto Idrografico della Marina), e Andrea Ugolini (Docente di Restauro presso la Facoltà di Architettura della Università di Bologna - Sede di Cesena), l'architetto Valerio Tesi (funzionario della Soprintendenza per i Beni architettonici, paesaggistici, storici, artistici ed etnoantropologici per le province di Firenze, Pistoia e Prato), il geometra Roberto Nesti (libero professionista) e l'ingegnere Matteo Lapini (Leica Geosystems Italia) oltre alla scrivente quale moderatore. La discussione ha quindi potuto spaziare dagli aspetti metodologici a quelli "pratici", alle soluzioni tecnologiche e alla normativa sul rilievo dei Beni Culturali, ancora tutta da costruire. Si riporta, nelle due schede seguenti, una breve sintesi dei contributi dei proff. L. Surace e A. Ugolini

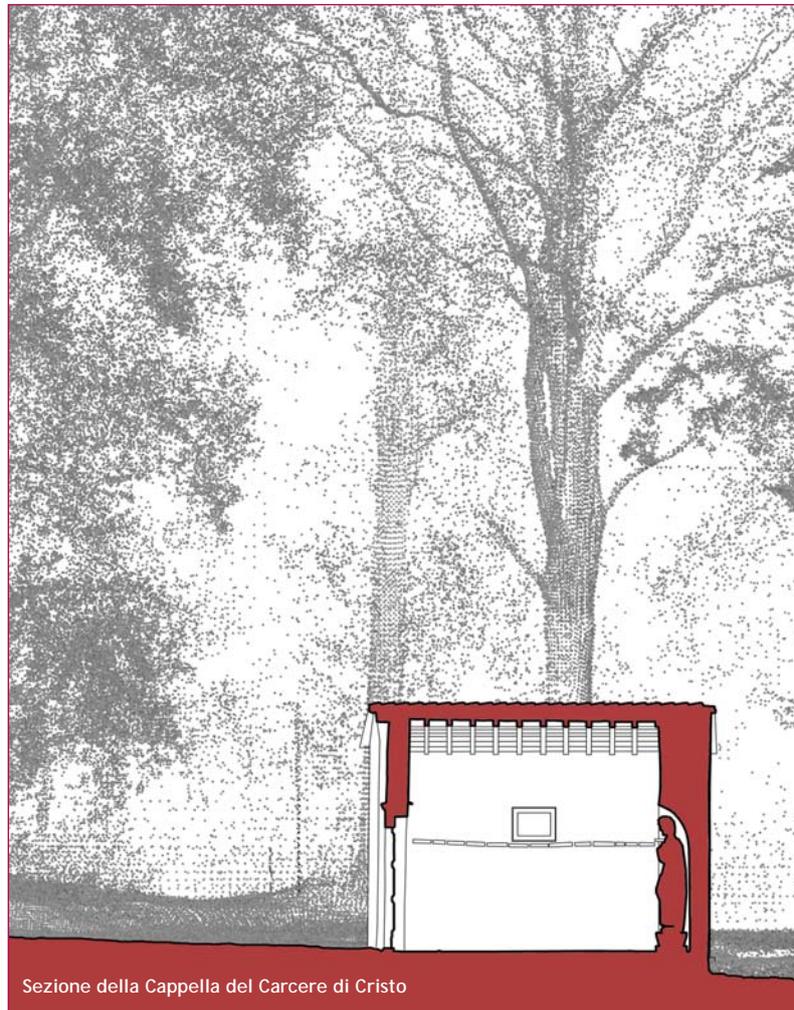
CONCLUSIONI

L'obiettivo di formazione perseguito dal corso è stato raggiunto permettendo ai partecipanti di progettare ed eseguire un rilievo con le tecniche apprese.

Vale la pena di sottolineare che alcuni partecipanti provenivano da esperienze di rilievo tradizionale dove l'interpretazione e la selezione delle informazioni significative precedono lo svolgimento delle operazioni di campagna. Pur senza trascurare la imprescindibile fase di comprensione critica del testo architettonico l'approccio previsto dal corso, grazie alle tecniche di rilievo utilizzate, inverte questa consuetudine postponendo il momento di sintesi alla fase di elaborazione sui dati tridimensionali già acquisiti.



Sezione ambientale



Sezione della Cappella del Carcere di Cristo

Al di là della curiosità e dell'interesse per le nuove tecnologie, ciò ha stimolato una riflessione sui concetti di misura, di rilievo e di rappresentazione a fini diversi.

L'ottima riuscita di questa esperienza, ha stimolato la riproposizione del Corso di perfezionamento anche per l'anno 2012/2013, che si svolgerà nei mesi di marzo, aprile e maggio. La nuova edizione prevede anche contributi relativi a termografia, strumenti e tecniche di monitoraggio, sistemi GNSS, cartografia per la professione e visualizzazione e fruizione sul web di modelli tridimensionali.



Consegna degli attestati di fine corso, Tavola rotonda finale.

SINTESI DEI CONTRIBUTI

ANDREA UGOLINI - Docente di Restauro presso la Facoltà di Architettura dell'Alma Mater Studiorum Università di Bologna - Sede di Cesena

Il costruito è testimonianza diretta di se stesso. La semplice osservazione, anche se supportata da una solida cultura tecnica ed umanistica, non risulta, oramai da tempo, più sufficiente per decifrarne il sempre più articolato "apparecchio indiziario" imponendoci l'utilizzo di tecniche analitiche fondate scientificamente. Il nostro occhio, anche se addestrato ed attento, registra solo una parte di ciò che vede e soprattutto "riconosce", limitando, per così dire, quella provocazione della conoscenza che viene innescata dall'apparire. Per vedere, studiare e misurare ciò che appare, sia esso molto piccolo o molto grande, molto lontano o molto complesso abbiamo quindi bisogno come dice Giuseppe Rocchi Coopmans de Yoldi non solo "degli strumenti della scienza "ma ben appunto anche "della scienza degli strumenti". Scienza e tecnologia quindi nell'allargare ogni giorno e sempre di più i nostri orizzonti percettivi ci aiutano comunque a confrontarci con quella complessità del reale i cui confini sembrano ogni giorno sempre più articolati e polisensibili. La nostra stessa identità di architetti che si occupano di conservazione non sembra venir meno a questa continua ridefinizione del nostro ruolo e del nostro operato. Una identità che appare sospesa tra tradizione e innovazione, tra la fettuccia e la rotella metrica da un lato e topografia, fotogrammetria, sistemi di posizionamento satellitare, scansione 3d, webgis e l'informatica, dall'altro ...in una sola parola, la geomatica.

Se quindi il restauro si è incaricato oramai da tempo, come disciplina dell'architettura, di tutelare "le possibilità di interpretare l'opera in quanto fonte di cultura, in modo che sia conservata e attualizzata come origine permanente d'interrogazione e di trasformazione dei linguaggi che da essa apprendiamo"(B.P.Torsello), appare chiaro come la documentazione in quest'ottica non risulti più sapere accumulato ma sapere che produce sapere: da tempo infatti si è rinunciato a capire la vera essenza di un'opera, la sua autentica formazione trasformazione perché le scienze umane non lo permettono ciò nonostante ci sentiamo proprio per questo in dovere di tutelare quanto consegnatoci dalla storia.

Di documentare anche senza poterlo pienamente comprendere il dato materiale perché ogni dato in quanto tale ne genera altri ed è da questi supportato.

Quasi un "restauro preventivo" di matrice brandiana perché prelude nella registrazione ed archiviazione del dato, nell'operare al contorno della materia, l'azione stessa del conservare, concorrendo per altro al riconoscimento di una realtà che spesso ci sfugge ed alla crescita di una più sensibile attenzione e cura del nostro fragile patrimonio culturale.

LUCIANO SURACE - Già professore ordinario di Geodesia e Astronomia Geodetica Istituto Idrografico della Marina.

Dalle brillanti presentazioni che hanno preceduto la tavola rotonda di conclusione del Corso, emergono sostanzialmente due aspetti che merita enfatizzare: il primo è il coinvolgimento di discipline e sensibilità diverse che garantiscono al rilevamento architettonico un avanzamento controllato per un uso critico della più moderna tecnologia, il secondo, per certi versi rivoluzionario e affascinante, consiste nella scoperta che la tecnologia stessa, oltre a soddisfare le esigenze di documentazione completa dei beni culturali, apre nuovi spazi di ricerca proponendosi come strumento di costruzione di una base dati geometricamente corretta e completa, fruibile in ambiti finora separati, quali il monitoraggio strutturale e la progettazione ragionata di interventi invasivi e non invasivi. L'esame dei nuovi modi di rilevare un bene culturale partendo dall'output dei lavori portati avanti nell'ambito del corso, è risultata l'idea vincente del confronto fra specialisti e addetti ai lavori: un rilievo geometricamente corretto e correttamente inquadrato, perciò correlabile anche diacronicamente con altri rilievi, costituisce la base indispensabile per qualunque progetto, mentre le nuove tecnologie consentono una completezza e una ridondanza di dati impossibile da conseguire in precedenza; con esse si elimina la soggettività di una selezione obbligata in sede di acquisizione e si può demandare ad una successiva fase di selezione, soggettiva ma giustificata e modificabile, la produzione di modelli differenti per differenti esigenze. Ciò fa del rilievo una fase all-purpose in cui si possono riconoscere tutti gli specialisti di ambiti anche sostanzialmente diversi, ma sempre suscettibili di utili correlazioni, dal restauro al monitoraggio, dalla documentazione all'archiviazione, dallo studio dei materiali all'analisi storica del bene e tanti altri.

Oggetto del rilievo, strumenti e metodi		
Luogo	La nuova Gerusalemme di Montaione	
Unità di personale impiegato	7 allievi + 5 tutor	
Tempo di acquisizione (giorni)	3	
Strumentazione (n., modello)	1 Stazione Totale Leica TCR 303; 1 Laser Scanner Leica HDS 6000; 1 reflex Nikon D700	
Software (nome, azienda)	StarNet (elaborazione rilievo topografico) Leica Cyclone (elaborazione range maps) Siscam Archis (redazione fotopiani) Autodesk Autocad (vettorializzazione) Adobe Photoshop (editing grafico) PTGui (panorami fotografici) Panotour Pro (tour virtuale)	
Cappella Buontalenti	Superficie complessiva (proiezione piana in mq)	1.150 m ²
	Poligoni principali chiusi (n.)	1
	Vertici di poligoni (n.)	3
	Stazioni laser scanner 3D (n.)	20
	Target acquisiti (n.)	28
	Coordinate spaziali acquisite (punti)	> 390 milioni

Credits

Direttore del Corso: Grazia Tucci

Docenti del Corso: Valentina Bonora, Gabriele Fangi, Marco Introini, Luciano Surace, Grazia Tucci

Tutor del Corso: Valentina Bonora, Daniela Cini, Alessandro Conti, Lidia Fiorini, Nadia Guardini, Alessia Nobile

Partecipanti al Corso 2011-2012: Alessandra Angeloni, Isacco Bocci, Nelly Cattaneo, Nevio Danelon, Julia Amoros Laura Milagros, Stefano Perego, Rachele Manganelli Del Fà

RIFERIMENTI

- Corso 2009-10 <http://www.geomaticaeconservazione.it/corsoperfezionamento2009/index.php>
- Corso 2010-11 <http://www.geomaticaeconservazione.it/corsoperfezionamento2010/index.php>

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la disponibilità e la collaborazione: il Sindaco di Montaione Paola Rossetti, la comunità religiosa di San Vivaldo, la prof.ssa Anna Benvenuti e la Menci software.

ABSTRACT

This paper will present a report of a third level educational experience in the field of geomatics applied to Cultural Heritage.

The advanced course has been integrated with a in-depth seminar on GIS and has been closed with a round table with the participation of experts from Universities, public institutions and professional world.

PAROLE CHIAVE

Formazione, beni culturali, geomatica, scanner 3D, fotogrammetria, S.Vivaldo.

AUTORI

GRAZIA TUCCI

GRAZIA.TUCCI@UNIFI.IT

PROFESSORE DI TOPOGRAFIA E CARTOGRAFIA

VALENTINA BONORA

DOTTORE DI RICERCA

GECo LAB, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

WWW.GEOMATICAECONSERVAZIONE.IT