

RILIEVO INTEGRATO PER RICOSTRUZIONE 3D E ANALISI SPEDITIVA DEGLI AFFRESCHI - CRISTO LA SELVA

Domenica COSTANTINO, Maria Giuseppa ANGELINI, Giovanni CAPRINO

DIASS - Technical University of Bari; Viale del Turismo, 8 – 74100 Taranto (Italy); phone: +39 99 4733215, d.costantino@poliba.it

Riassunto

L'esame e la conoscenza del patrimonio culturale e del suo stato di conservazione contribuisce alla definizione di criteri di sostenibilità ambientale necessari per la conservazione del bene stesso. Allo tale scopo di esaminare è necessario acquisire una serie di dati relativi al bene e all'ambiente circostante, sviluppando algoritmi di elaborazione capaci di valutare gli elementi rilevati attraverso tecnologie integrate.

Oggetto del presente lavoro è la chiesa di Cristo la Selva, situata nella valle del Bradano a circa 6 Km da Matera sulla S.S. 175.

La chiesa di stile romanico è affiancata da due loggiati, dell'annesso cenobio. Essendo stata da sempre luogo di culto, ha subito continue trasformazioni che ne hanno alterato l'originaria struttura.

È stata eseguita un'attività di rilievo, programmata sulla base di un progetto, redatto a seguito di una serie di sopralluoghi, individuando differenti strategie di intervento sia per la creazione della rete d'appoggio che per l'individuazione dei punti di presa laser scanner.

Il modello prodotto ha consentito l'estrazione di informazioni geometriche ottenendo dati architettonici e metrici di difficile produzione attraverso tecniche di rilievo architettonico tradizionali. La visione del modello ha generato un'immagine piuttosto realistica e suggestiva.

Assieme alla ricostruzione 3D della chiesa è stato sperimentato un processo di analisi diagnostica speditiva per la valutazione dello stato di conservazione degli affreschi presenti nella chiesa.

L'analisi diagnostica costituisce un requisito indispensabile e fondamentale per l'elaborazione di qualsiasi genere di intervento di restauro per una struttura architettonica, artistica e archeologica.

L'osservazione è stata condotta sull'affresco ritraente la Crocifissione del Gesù, applicato a differenti dati rilevati mediante tecniche integrate non invasive.

Fondamentale per valutare i processi di degrado, attraverso le analisi condotte sul dipinto murale, è stata la conoscenza e lo studio dell'interazione ambiente-struttura-manufatto. È, infatti, il contesto ambientale circostante la chiave di lettura dello stato di conservazione degli oggetti. Sul dipinto sono stati successivamente condotti tecniche di rilievo ed analisi integrata.

I dati presi in considerazione sono stati immagini fotogrammetriche, immagini termiche, dati laser scanner e topografici contestualizzati attraverso l'installazione di sensori di temperatura e umidità in situ.

Lo studio è stato mirato alla definizione di una metodologia rapida capace di supportare le future fasi di estrazione di saggi per l'analisi concentrandosi sugli spazi dove necessità l'intervento di restaurazione.

Abstract

The survey and deep knowledge of cultural heritage and of its conservation state contribute to the definition of environmental sustainability criteria since the preservation of the cultural goods is one of the fundamental aspects of this concept. In order to monitor the conservation state of a cultural heritage it is necessary to acquire a series of data referred to the item and to the environment where it is placed, by developing procedures to evaluate elements, through the support of integrated technologies and methodologies.

Object of the current work is the *Cristo la Selva* church, placed into the Bradano valley, 6 km far from Matera, on 175 road.

This romanico-style church present two lateral colonnade, which are part of the annexed monastery. The building, dedicated to the catholic cult, has been transformed several times, so that the original frame was altered.

A survey activity was conducted, on the basis of observations, detecting different strategies of intervention, aimed both to create a topographical network and to deriving the laser scanner points.

The outcoming model allowed the extraction of geometrical information, in terms of architectonic and metric data, not easy to determine through the application of the traditional techniques. The model vision generated a realistic and scenic image.

Together with the 3D reconstruction of the church, it was experimented a quick diagnostic analysis to evaluate the preservation status of the paintings on the wall of the church itself.

The diagnostic analysis constitutes a fundamental prerequisite for the elaboration of any kind of intervention of restoration in architectural, artistic and archaeological framework.

The subject was the picture of Jesus Crucifixion, in the sanctuary of Cristo la Selva in Matera, on which were applied different types of data and non invasive integrated survey techniques. The knowledge and the study of the interaction among environment-structure-artefact was fundamental to evaluate the processes of degradation though the analysis conducted on the wall painting. Indeed, the environmental context around is the key to the reading of the objects conservation state.

Afterwards survey and integrated analysis techniques were applied also on the paintings.

Photogrammetrical, thermal, laser scanning and topography data were used integrated with the installation of temperature and dampness sensors on site.

The study is aimed at the definition of a rapid methodology able to support the further phases of sampling and analysis by focusing on the spaces where a necessity of intervention or restoration has been previously individuated.

La chiesa di Cristo la selva ed il dipinto del Cristo

A circa 6 Km da Matera sulla S.S. 175 per Montescaglioso, sulla sinistra, in contrada Parco dei Monaci c'è la masseria Passarelli. Attraversato un antico ponticello ottocentesco, che sorvola una profonda e stretta "gravina", si sale verso la parte alta del macchieto, costeggiando il ciglio della gravina principale e il torrente Gravina. Il paesaggio è di maestosa bellezza: rupi, valli, costoni bucherellati da vani ed aperture a picco sul corso d'acqua ed una rigogliosa macchia mediterranea che si inerpica sulle rocce inondando l'aria di odori forti e pungenti, si riconoscono: il Lentisco, la Malva, la Rosa Canina, il Timo, la Santoreggia, la Menta, l'Origano e la Liquirizia. Dopo una decina di minuti, si giunge ad un cippo sormontato da una croce in ferro battuto. Alcuni gradoni, tagliati nella roccia, conducono ad un viottolo su di un livello inferiore ed a circa duecento metri si giunge nella contrada *La Selva*, sul cui suo strapiombante costone vi è il Santuario di Cristo La Selva, antica chiesa cenobitica dedicata a Cristo Crocifisso.



Figura 1 - Vista della chiesa Cristo la Selva

La chiesa si presenta con una facciata in muratura di stile romanico affiancata da due loggiati (fig. 1) dell'annesso cenobio ed impreziosita da un piccolo ed armonico campanile.

Essendo stata sempre aperta al culto, ha subito continue trasformazioni e riattamenti che hanno sempre alterato l'originaria struttura.

Costituita da una sola navata con soffitto piatto, la cripta si allunga orizzontalmente nella roccia; è priva di elementi architettonici rilevanti, tranne due confessionali interamente incavati nella roccia.

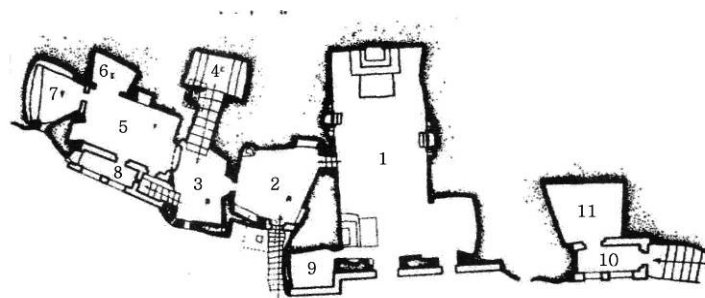


Figura 2 - Pianta della chiesa

Annnessi alla chiesa insistono una serie di elementi architettonici costruiti attraverso processi di sottrazione che ne completano e ne arricchiscono l'aspetto.

Entrando subito a sinistra salendo due gradini, una porticina sor-montata da una cornice immette nell'attuale sacrestia al cui fianco ritroviamo l'altare sovrastato da una crocifissione datata 1661 (fig. 3)



Figura 3 - Affresco raffigurante la crocifissione

Negli ultimi anni l'attenzione rivolta al recupero del patrimonio storico-artistico di Matera ha senz'altro contribuito alla sua valorizzazione, anche in considerazione del riconoscimento di Patrimonio dell'Umanità ricevuto nel 1993 dall'UNESCO. Purtroppo, nonostante numerosi siano stati gli interventi di restauro dei siti abitativi ad opera dei privati, poco è stato fatto per le chiese rupestri affrescate ed inoltre negli ultimi trent'anni, in seguito alla riscoperta e alla riapertura degli ambienti ipogei, lo stato di conservazione dei dipinti murali rupestri è decisamente peggiorato a causa della rottura dei delicati equilibri microclimatici che ne avevano garantito per secoli la sopravvivenza.

Per tali ragioni molte delle pitture murali sono oggi scomparse, ma quelle che restano hanno fornito una preziosa serie di informazioni. Innanzitutto per ciò che concerne la tecnica esecutiva.

Il dipinto di Cristo la Selva è stato presumibilmente eseguito a fresco su un intonaco sottile (di differente spessore vista l'irregolarità della superficie rocciosa), composto di "tutina" e calce, a diretto contatto (cioè senza arriccio) con la roccia "tufacea" nella quale sono scavate le cripte.

Lo stile del dipinto è di tipo bizantino e la sua datazione è riferibile al 1600. In effetti, pur conservando i canoni di stile bizantino caratterizzati dall'aspetto bidimensionale del dipinto (senza cenni chiaroscurali), il Cristo presenta un aspetto non più trionfante ma più vicino alla rinascita del mondo occidentale che trasforma la figura da immagine eretta ad occhi aperti a quella sofferente e rilassata nella morte con capo cline e occhi chiusi. Sono evidenti dette trasformazioni anche attraverso la maggiore attenzione allo studio anatomico del corpo rappresentata ancora bidimensionalmente mediante tracce definite di colore ed inoltre l'assetto del corpo che introduce l'idea di spazio tra croce e Cristo.

Nel dipinto sono anche presenti i primi aspetti gotici rilevati attraverso l'eleganza del busto e delle espressioni del volto.

Rilievo topografico e laser scanner

È stato eseguito un rilievo laser scanner dell'intero sito con la sua ricostruzione tridimensionale.

L'attività di rilievo è stata programmata sulla base di un progetto redatto a seguito di una serie di sopralluoghi in cui sono state individuate differenti strategie di intervento per la creazione di una rete topografica di appoggio e per l'individuazione dei punti di ripresa con il laser scanner. Nella stesura del progetto di rilievo sono state quantificate e

dimensionate oltre alle operazioni di rilievo, le attrezzature necessarie, il personale da coinvolgere, eventuali ulteriori attrezzature specifiche occorrenti e i tempi necessari allo svolgimento del lavoro. Il progetto di rilievo è stato studiato a priori, simulato e verificato sul campo, e ha permesso di individuare la rete topografica di appoggio da realizzare, le singole stazioni e l'andamento delle poligonali. Questo schema di lavoro è stato analizzato al fine di quantificare le precisioni ottenibili con le strumentazioni individuate per le fasi di rilievo.

Per garantire la copertura dell'intero edificio sono state necessarie complessivamente 39 acquisizioni laser e per il rilievo d'appoggio sono state materializzate 11 stazioni e rilevati circa una settantina di punti tra targets laser e punti naturali (fig. 4).

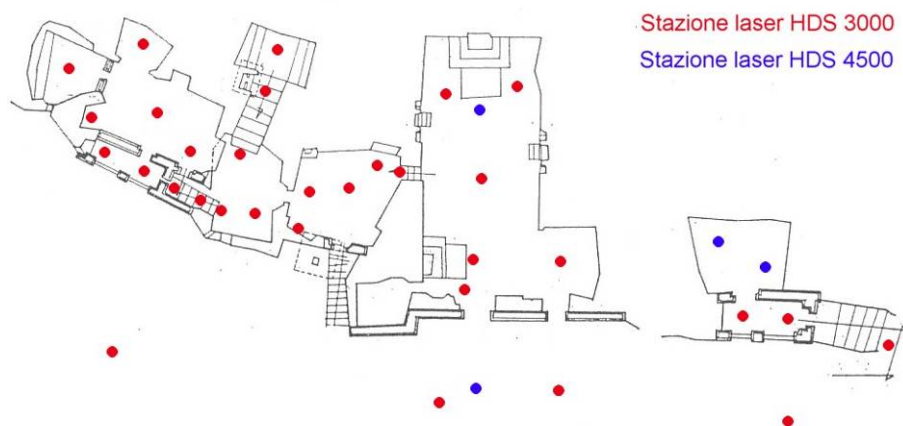


Figura 4 - Stazioni topografiche e laser scanner esterno, piano terra e cortile.

L'elaborazione dei dati laser è stata condotta attraverso il sw PolyWorks, realizzando sia la ricostruzione tridimensionale del sito che l'estrazione di una serie di informazioni architettoniche. Tale risultato ha consentito di rappresentare metricamente un sito di natura complessa difficilmente rilevabile nella sua totalità attraverso altre tecniche.

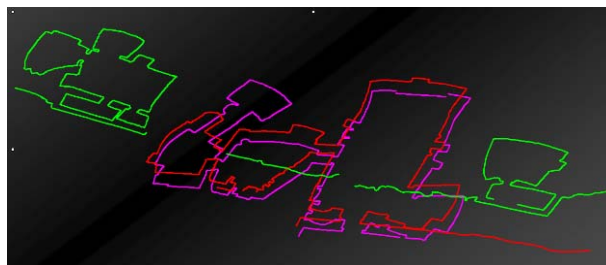
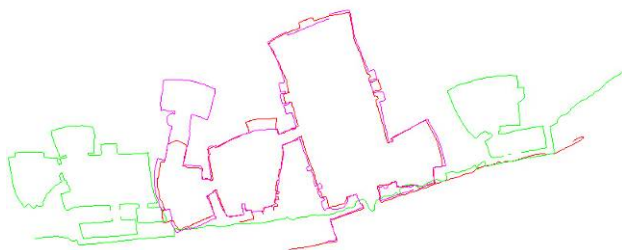
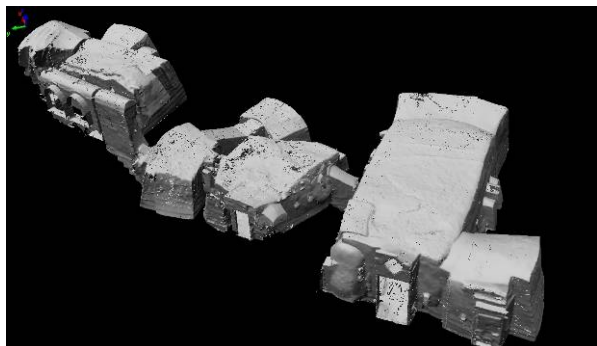


Figura 5 - Restituzioni della chiesa

Successivamente è stato eseguito lo stesso tipo di rilievo sul solo dipinto del Cristo allo scopo di ottenere informazioni sulla sua natura geometrica al fine di realizzarne il modello ed attivare i processi di georeferenziazione. Inoltre del dato laser si è analizzata l'informazione puntuale della riflettanza proveniente dal dato. In particolare è stato utilizzato l'HDS 3000 che fornisce le coordinate spaziale della nuvola di punti rilevata e di ciascuno anche il valore di riflettanza

Rilievo fotogrammetrico

Il rilievo fotogrammetrico è stato eseguito con camera digitale calibrata. Si è dapprima eseguita la procedura di calibrazione della camera attraverso tecniche e metodologie già note, successivamente sono state realizzate le prese fotogrammetriche.

Attraverso il dato fotogrammetrico ha si è ottenuta sia l'immagine RGB necessaria per l'analisi visiva che la produzione dell'ortofoto.

Rilievo termico

Le immagini termiche sono state realizzate mediante strumentazione Standard NEC versione 7800 1.4A con sensore: 7100 avente dimensione $\Delta X(0-319)$ $\Delta Y(0-239)$.

La parete contenente il dipinto è stata riscaldata mediante resistenza elettrica raggiungendo una temperatura di circa 50°. I parametri caratteristici delle fasi di rilievo sono stati rilevati mediante Sensori Termoigrometrici (Babuc M/A) necessari per l'acquisizione, visualizzazione, memorizzazione ed elaborazione di una grande varietà di grandezze fisiche e chimiche quali temperatura, umidità, velocità dell'aria, pressione, illuminamento, gas, rumore, etc.

Le immagini termiche hanno consentito di analizzarne la struttura esterna e sub-superficiale attraverso il confronto tra i risultati pre e post riscaldamento, indotto artificialmente per termoconvezione, e di estrarre informazioni corrispondenti a differenze e discontinuità superficiali, nonché anomalie, difetti o peculiarità non visibili ad occhio nudo.

Elaborazione dei dati

Sulla scansione laser eseguita sul dipinto è stata eseguita una classificazione non supervisionata con algoritmo K-means definendo nove classi realizzata mediante il software Envi (fig. 6).

I risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli provenienti dalle elaborazioni delle immagini termiche e con l'immagine RGB proveniente dal rilievo fotogrammetrico.

Sono state evidenziate le regioni comuni in cui attraverso un'analisi speditiva è stato possibile riscontrare ed evidenziare fenomeni presenti. Di seguito sono riportati nel dettaglio ed evidenziati alcuni di questi elementi.

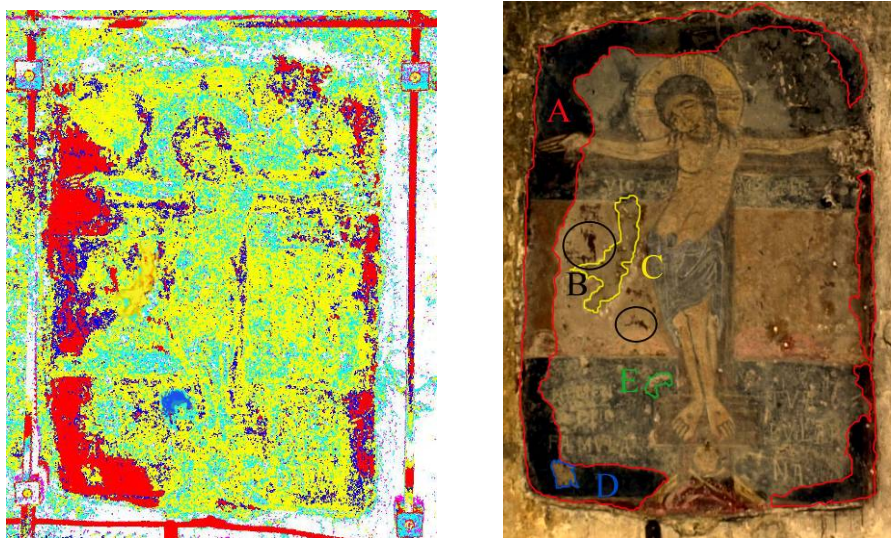


Figura 6 - Immagine laser classificata ed immagine bagnata con evidenza dei fenomeni

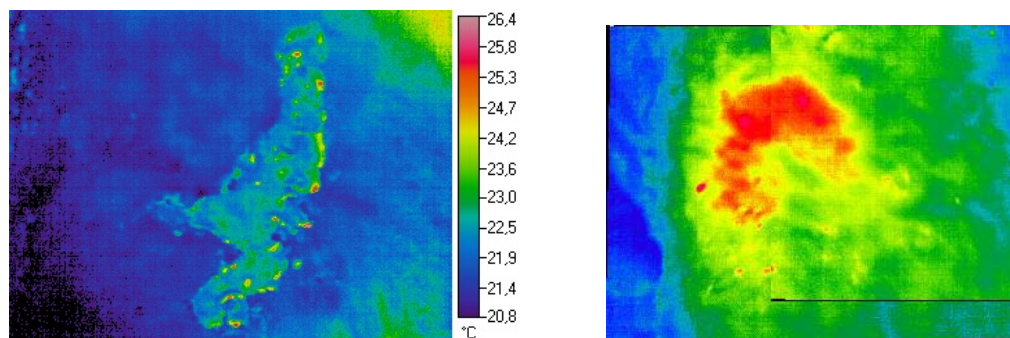


Fig.ura 7 - Alcuni dettagli estratti dall'immagine termica

Sono evidenziati sulle precedenti immagini i fenomeni denominati attraverso le lettere A)B)C)D)E) descritti di seguito.

- A) Presente nell'immagine fotografica e in quella laser rappresenta il grado di inibimento del dipinto, in tali punti sono stati infatti riscontrati i massimi gradienti di umidità e temperatura. Si può osservare come tale fenomeno pur presente anche sull'area superiore del dipinto non è stata riscontrata dal dato laser classificato probabilmente imputabile ad una non buona nadiralità del raggio laser rispetto all'oggetto.
- B) Anche questo fenomeno presente nella laser ed RGB sembra essere causato dalla presenza di muffe e/o batteri.
- C) Rappresenta un elemento di apporto modificato nel tempo ovvero un intervento di risanamento avviato dopo un fenomeno di distacco dell'area con obsolete e artigianali procedure di restauro.
- D) L'elemento riscontrato in tutti e tre i tipi di dati è imputabile al semplice distacco e perdita di materia.
- E) Più interessante è tale fenomeno che rappresenta un elemento di discontinuità della struttura rocciosa, infatti, esso non è influenzato dalla capillarità dell'acqua.

Conclusioni

Le tecniche avviate hanno il solo intento di fornire una metodologia speditiva e grossolana per individuare ed identificare in campo fenomeni di alterazione presenti su dipinti e affreschi.

Nell'ambito del lavoro svolto si ritiene di dover continuare tale attività migliorandola e cercando di trovare una metodologia standard di approccio, ripetibile e caratteristica sia del tipo di dipinto che dell'obiettivo d'indagine.

L'integrazione di tecniche non è propriamente dedicate al restauratore può tuttavia agevolare ed supportare il suo operato almeno nelle prime fasi di indagine.

La metrica conservata nelle differenti elaborazione fornisce un ulteriore dato di analisi necessario per gli interventi di restauro.

Riferimenti bibliografici

Tommaselli M., (1989), *"Il parco della Murgia"*, Guida all'escursione, edizione Giannatelli.

Tommaselli M., (1991), *"Chiese rupestri di Matera e del suo territorio"* -, Capone editore.

Rota L., Conese F., Tommaselli M., (2003), *"Storia di una città"* -, ED. BMG Matera.

El-Hakim S. F., (2001), *"Three-dimensional modelling of complex environments"*, SPIE Proc., vol. 4309, Videometrics and optical methods for 3D shape measurements, San Jose.

Capra A., Costantino D., (2007), *"Geomatica – per Corsi di Laurea e di Laurea Specialistica (Magistrale)"*, Mandese Editore.

Capra A., Costantino D., Rossi G., Angelini M. G., Leserri M. (2005), *"Survey and 3d modelling of Castel del Monte"*, CIPA 2005 XX International Symposium "International Cooperation to save the world's cultural heritage" pp. 183-188, Torino.

Costantino D., Capra A., Angelini M. G. (2005), *"Virtual reconstruction of damaged decorative elements"*, Workshop Italy-Canada 2005 "3D Digital Imaging and Modeling: Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land", Padova

Costantino D., Rossi G., Angelini M. G., Leserri M. (2006) *"3D Modelling for the Urban Area "Porta Napoli""*, CIPA/VAST/EG/EuroMed2006 "The e-volution of Information Technology in Cultural Heritage. Where Hi-Tech Touches the Past: Risk and Challenges for the 21st Century", ISBN 10-9638046-75-9, vol. Project Papers, pp.79-85, Nicosia- Cyprus.

Xie W., Zhang Z., Zhang J. (2004), *"Multi-image based camera calibration without control points"* XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey Commission 5.

Fengjun Lv, Tao Zhao, Ram Nevatia, (2002), *"Self-Calibration of a camera from video of a walking human"*, International Conference on Pattern Recognition, Quebec City, Canada, pp. III: 639-644.

Ling-Ling Wang, Wen-Hsiang Tsai, (1991), *"Camera calibration by vanishing Lines for 3-D computer vision"*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol.13, No.4.

Acknowledgements

Si ringrazia per il supporto dato: Politecnico di Bari - Facoltà d'Ingegneria di Taranto, Fondi Provincia 2007 e il geom. Gianni Abate - Leica Geosystems S.p.A.