

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti, ricercatore universitario – Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali

Introduzione

La rivoluzione informatica nel campo del rilievo architettonico ha come conseguenza una rapida evoluzione delle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati. Il rilevatore ha a disposizione un'ampia scelta di strumenti e procedure, taluni in fase di sperimentazione, che richiedono di essere integrati tra di loro, talvolta con una certa dose di empirismo.

Si ritiene quindi sintomatico delle problematiche attuali il caso studio relativo al rilievo dell'interno della Chiesa Confraternita della Misericordia, condotto nel 2008 da un gruppo di ricercatori del Politecnico di Torino, di cui si vogliono illustrare le caratteristiche principali¹. Il rilievo in oggetto infatti ha richiesto l'integrazione di diverse tecniche digitali di rilevamento tridimensionale, all'interno di un flusso digitale di dati dall'acquisizione al modello finale.

Il caso studio in questione non è tanto paradigmatico dell'applicazione di una procedura standard di rilievo, quanto piuttosto è sintomatico della necessità di ricercare la migliore integrazione di molte tecniche per ottimizzare il risultato rispetto ai vincoli imposti e alle mutevoli situazioni reali (quali i costi, i tempi, l'accessibilità dell'edificio).

Con questo saggio si intende quindi descrivere il caso studio citato ritenendolo significativo per:

- l'applicazione e la sperimentazione di tecniche e software innovativi per il rilievo metrico;
- l'applicazione di procedure e strumenti propri della ricerca universitaria ad un caso di studio reale;
- l'applicazione di strumentazioni e procedure avanzate per l'ottimizzazione dei tempi di realizzazione del rilievo;
- la completezza del caso studio, dal rilievo metrico alla modellazione.

Prima di procedere alla descrizione delle fasi e delle problematiche del rilievo si descrivono brevemente le caratteristiche dell'edificio rilevato.

Il rilievo riguarda l'interno della navata della Chiesa. Si tratta di una costruzione barocca del XVI secolo che presenta un'unica navata lunga circa 36 metri e larga tra 10 e 15 metri. L'aula è coperta con una successione di tre volte principali in muratura – volta a vela sulla zona dei fedeli, lanterna a fascioni sull'altare e volta a cupola semplice lunettata nella zona absidale – raccordate da brevi volte a botte lunettate. L'altezza del colmo delle tre volte principali è rispettivamente 16.5, 23 e 14 metri.

Il piano di imposta delle volte è rappresentato da un cornicione continuo lungo l'intero perimetro interno della navata.

L'apparato decorativo barocco è ovviamente molto ricco, caratterizzato da decorazioni a stucco in rilievo e da quadrature pittoriche a *trompe d'oeil*.

Lo stato di degrado è caratterizzato da efflorescenze, infiltrazioni di umidità e acqua piovana, distacchi di intonaco e da una importante fessurazione nell'angolo nord-orientale a ridosso della parete di facciata.

La progettazione delle operazioni di rilievo e restituzione grafica

L'integrazione di diverse tecniche e procedure di acquisizione e di elaborazione dei dati, il diverso formato dei dati e soprattutto la sperimentazione di tecniche e strumenti innovativi e ancora in fase di elaborazione ha richiesto un'attenta progettazione delle operazioni di rilievo.

Il progetto del rilievo ha dovuto tener conto dei vincoli e delle prestazioni richieste al rilievo, quali:

- il livello di dettaglio dell'informazione grafica e della precisione metrica congruente con il contenuto proprio della scala 1:50;
- la predisposizione di elaborati grafici 2D per l'appalto del progetto di restauro;
- la scarsità di documenti d'archivio per riordino in atto dell'archivio della Confraternita della Misericordia;
- l'inaccessibilità delle parti alte della navata;
- la consegna degli elaborati in tempi differiti secondo il seguente scadenziario:
 - 15 giorni per le piante del piano terra e primo;
 - 20 giorni per le sezioni longitudinali (al di sotto del cornicione interno);
 - 15 giorni per le sezioni trasversali complete e il completamento delle sezioni longitudinali;
 - 7 giorni per la pianta delle volte;
 - 7 giorni per i dettagli in scala 1:20 (striscia di facciata corrispondente a fessura nel fianco della facciata).

I tempi risultano piuttosto serrati e soprattutto caratterizzati da una ripartizione temporale sfavorevole al miglior impiego dei diversi specialisti del gruppo di ricerca.

Al fine di rispettare i tempi ottimizzando l'impiego delle strumentazioni e risorse umane, il progetto è caratterizzato da:

a) utilizzo di tecniche di rilievo diverse nelle varie fasi per ottimizzazione dei tempi

b) utilizzo sistematico di tecniche di telerilevamento:

- Stazione totale
- Laser scanner 3D
- Ortofoto 3D
- Fotografia solida

c) sperimentazione di software per la fotografia solida sviluppato da uno spin-off del Dipartimento di Ingegneria per il Territorio, l'Ambiente e le Geotecnologie (DITAG) del Politecnico di Torino;

d) creazione del modello di dati 3D per la modellazione virtuale.

Articolazione in fasi operative

Il progetto del rilievo e della modellazione grafica prevede diverse fasi, differenziate le une dalle altre da un punto di vista cronologico (tempi successivi) oppure da un punto di vista operativo (fasi cronologicamente sovrapposte ma caratterizzate da operazioni e personale diversi). Le operazioni sono stata organizzate sulla base di una progettazione di tipo Gantt, fondamentale per il rispetto dei tempi richiesti.

Fase 1 - 15 giorni: rilievo e restituzione delle sezioni orizzontali, mediante integrazione di rilievi topografici

La fase 1 ha richiesto l'adempimento delle seguenti operazioni:

1. progettazione della rete di inquadramento, definizione del sistema di coordinate, misura e compensazione della rete di inquadramento planimetrica;
2. misura e compensazione della rete altimetrica;
3. rilievo celerimetrico di dettaglio dei punti interessati dall'intersezione con due piani orizzontali posti il primo 10 cm al di sopra delle basi delle colonne (sezione orizzontale di seguito denominata pianta del piano terra) e il secondo 10 cm al di sotto dei capitelli delle medesime colonne (sezione orizzontale di seguito denominata pianta del piano primo);
4. importazione dei dati topografici in un programma di disegno assistito dal calcolatore;
5. restituzione grafica bidimensionale delle piante del piano terra e del piano primo.

Fase 2 - 20 giorni: rilievo e restituzione parziali delle sezioni verticali longitudinali, mediante integrazione di rilievo topografico celerimetrico e raddrizzamento digitale di immagini.

La fase 2 è relativa al rilievo e restituzione grafica di due sezioni longitudinali parziali (fino all'altezza del cornicione continuo interno alla navata), aventi il piano di sezione verticale passante per l'asse longitudinale della navata, ma verso di proiezione opposto: l'una "guarda" il lato interno occidentale della navata, l'altra quello orientale.

La fase 2 è caratterizzata dall'integrazione delle seguenti operazioni:

- a) rilievo topografico di dettaglio di tipo celerimetrico dei punti della superficie interna della navata interessati dall'intersezione con un piano di sezione verticale passante per l'asse longitudinale della chiesa;
- b) raddrizzamento digitale analitico di immagini fotografiche, relativo alle sole superfici piane presenti al di sotto del cornicione interno;
- c) importazione dei dati topografici in un programma di disegno assistito dal calcolatore;
- d) restituzione grafica bidimensionale delle due sezioni longitudinali limitatamente alla fascia sottostante il cornicione interno.

Se per le zone facilmente accessibili l'osservazione diretta e il rilievo mediante tecniche distanziometriche rappresentano ancora oggi il metodo economicamente più conveniente per le zone difficilmente accessibili oggi è possibile pensare di utilizzare scansioni di punti acquisiti mediante tecnica LIDAR eventualmente integrate da immagini fotografiche referenziate sulla nuvola di punti stessa.

Propedeuticamente alla successiva fase 3 è stato condotto il rilievo mediante laser scanner e si è costruito il relativo modello tridimensionale dei punti, secondo le seguenti operazioni:

- Rilievo LIDAR mediante laser scanner 3D. Attraverso l'utilizzo del laser scanner sono state eseguite scansioni da 4 diverse posizioni in modo da poter ricostruire nel modo più esaustivo possibile l'intero modello tridimensionale della fabbrica analizzata.
- Costruzione del modello di dati 3D derivanti da 4 scansioni laser, previa filtratura e georeferenziazione delle scansioni operata sperimentando il software Sirio realizzato dal gruppo di ricerca del DITAG².

Fase 3 - 15 giorni: rilievo e restituzione delle sezioni verticali trasversali e completamento di quelle longitudinali, mediante integrazione di rilievo topografico celerimetrico, rilievo LIDAR, "foto solida".

La fase 3 è relativa al rilievo e restituzione di tre sezioni trasversali e al completamento di quelle longitudinali con le parti voltate sovrastanti il cornicione continuo interno alla navata. Per la fase 3, cronologicamente successive alla 2, sono stati impiegati gli stessi sistemi di rilievo e rappresentazione grafica, integrandoli però con i dati derivanti dalla nuvola di punti generata dal rilievo LIDAR effettuato con laser scanner 3D e con i dati desumibili dall'interpretazione della "foto solida", come di seguito descritto.

L'apporto del rilievo LIDAR e della foto solida sono risultati di fondamentale importanza per l'interpretazione geometrica della superficie delle volte. La presenza di un apparato decorativo di tipo barocco, con la compresenza sulla superficie delle volte di decorazioni in rilievo oppure di decorazioni pittoriche a trompe d'oeil, rende difficilmente interpretabile la geometria delle volte e la gerarchizzazione dei particolari decorativi.

La nuvola di punti, importata in un programma di disegno, è stata impiegata, spesso utilizzandone delle sezioni³, per individuare le parti decorative in aggetto.

Per la rappresentazione delle volte si è sperimentato l'uso della "fotografia solida", ovvero di una tecnica sperimentale basata sulla correlazione tra una scansione laser e le prese fotografiche ottenute da un apparecchio fotografico solidale con il laser scanner⁴.

In particolare i ricercatori responsabili delle operazioni di restituzione grafica hanno condotto sperimentazioni di vettorializzazione dell'immagine solida, testando il software Sirio (versione beta) elaborato da SIR, Spin Off del Politecnico di Torino.

Fase 4 -, 7 giorni: restituzione della pianta volte mediante ortofotoproiezione

I dati della nuvola di punti del rilievo LIDAR e le immagini fotografiche prese con asse zenitale sono stati integrati per l'ottenimento di un'ortofotoproiezione delle volte. Per l'interpretazione e selezione dei particolari decorativi da restituire si sono utilizzate le sezioni della nuvola di punti.

Fase 5 - 7 giorni: rilievo e restituzione di dettaglio mediante integrazione di ortofotoproiezioni, modello di punti 3D e rilievo diretto

Una procedura simile a quella adottata per la restituzione della pianta delle volte (ortofotoproiezione) è stata adottata per il rilievo e la restituzione di dettaglio in scala 1:20 della striscia di prospetto interno in corrispondenza della fessurazione da dissesto strutturale presente all'angolo nordorientale.

Considerazioni conclusive

Al termine del rilievo della Chiesa Confraternita della Misericordia – lotto A – è possibile affermare che:

- al momento attuale il flusso di dati digitali dagli strumenti di acquisizione (stazione totale, laser scanner, fotocamere calibrate) fino al modello virtuale e alla restituzione grafica non è automatico, e soprattutto in presenza di vincoli esterni tipici dei casi reali il tempo richiesto all'impegno umano per integrare le diverse procedure è largamente superiore ai tempi di acquisizione ed elaborazione automatizzata;
- la vettorializzazione delle immagini solide è sicuramente efficace per le superfici continue, mentre è di difficile realizzazione per le superfici discontinue. Nel caso di una architettura dall'apparato decorativo complesso occorre quindi prevedere di integrare le informazioni derivanti dall'immagine solida con altri sistemi;
- la predisposizione di elaborati grafici bidimensionali di tipo tradizionale non sfrutta appieno le possibilità di modellazione tridimensionale favorite dai moderni strumenti di acquisizione.

Per indagare un più efficace utilizzo dei dati tridimensionali, il gruppo di ricerca sta conducendo sperimentazioni di modellazione virtuale a partire dai dati del rilievo sinora condotto⁵.

Inoltre i dati geometrici del rilievo sono utilizzati anche a scopi didattici per l'insegnamento della gestione dei dati tridimensionali ai fini della costruzione di modelli tridimensionali virtuali⁶.

Il Politecnico di Torino – DISET ha in progetto, in collaborazione con la Confraternita della Misericordia, di sviluppare la ricerca indagando le possibilità offerte dalla modellazione virtuale per la verifica e il monitoraggio delle fasi del cantiere di restauro, con un'attività che perdurerà per tutta la durata del cantiere e che sarà sviluppata nell'ambito del Dottorato in Beni Culturali.

Allegati

Di seguito si allegano:

- le immagini della presentazione dell'intervento;
- stralcio della relazione dei rilievi metrici;
- articolo relativo presentato al convegno internazionale "22nd CIPA Symposium, October 11-15, 2009, Kyoto, Japan"

Note

¹ Nel seguito dell'articolo vengono illustrati i risultati e le metodologie di rilievo impiegate nel contratto di consulenza tra Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali e Arciconfraternita di S. Giovanni Battista Decollato detta "della Misericordia" di Torino, relativo al "Rilievo architettonico e relativa restituzione grafica della Chiesa della Confraternita della Misericordia in via Barbaroux 41 a Torino - Lotto A: Rilievo e restituzione grafica in scala 1:50 dell'interno della navata della Chiesa".

Il gruppo di ricerca del Politecnico di Torino è afferente ai dipartimenti DISET (Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali) e DITAG (Dipartimento di Ingegneria per il Territorio, l'Ambiente e le Geotecnologie), ed è composto da: prof. ing. Secondino Coppo (Responsabile della ricerca), prof. ing. Fulvio Rinaudo (Responsabile dei rilievi metrici), ing. Maurizio Bocconcino (DISET), arch. Filiberto Chiabrando (DITAG), ing. Elena Marchis (DISET), ing. Francesco Nex (DITAG), ing. Dario Piatti (DITAG), ing. Paolo Piumatti (DISET), arch. Marco Vitali (DISET); alla ricerca ha collaborato l'ing. Marco Sanna, docente a contratto presso il Politecnico di Torino, in qualità di esperto di modellazione virtuale.

Il software Sirio (versione beta) testato e utilizzato per la restituzione della fotografia solida è elaborato da SIR (Soluzioni Innovative per il Rilevamento, Spin Off del Politecnico di Torino).

² Per un'accurata descrizione delle problematiche specifiche delle operazioni di rilievo topografico e LIDAR della medesima Chiesa della Misericordia cfr. CHIABRANDO F.; F. NEX; D. PIATTI; F. RINAUDO, *Il rilievo metrico della Chiesa della Misericordia di Torino a supporto del cantiere di restauro*, Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia, 2008, Vol. 1, ISSN: 1721-971X.

³ Per sezione della nuvola di punti intendiamo i punti compresi tra due piani paralleli distanti 2 cm.

⁴ Per un'accurata descrizione della fotografia solida cfr. CHIABRANDO F.; F. NEX; D. PIATTI; F. RINAUDO, cit.

⁵ Le prove di modellazione sono condotte in particolare dall'ing. Marco Sanna, docente a contratto presso il Politecnico di Torino.

⁶ I dati del rilievo sono stati forniti agli studenti del corso integrato di "Tecniche avanzate e metodi matematici per la rappresentazione" tenuto dai proff. P. Piumatti e A. Janovitz al secondo anno della Laura Specialistica in Architettura della facoltà di Architettura del Politecnico di Milano. I risultati di tale esperienza didattica verranno presentati al convegno internazionale "Innovative Design and Construction Technologies - Building complex shapes and beyond", Milano, maggio 2009.

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti
Politecnico di Torino
Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali

24 FEBBRAIO 2010
Centro per la Conservazione e il Restauro dei Beni Culturali "La Venaria Reale"
Aula Magna "Giovanni Urbani"

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo
della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti - Politecnico di Torino, DISET

Caso studio non paradigmatico di procedure sempre applicabili e ottimali, ma sintomatico dell'adattamento della ricerca alle mutevoli situazioni reali, significativo per:

- Applicazione e test di procedure e software innovativi per il rilievo metrico
- Applicazione di procedure e strumenti della ricerca universitaria ad un caso di studio reale, confronto con la realtà del "libero mercato" del rilievo
- Applicazione di strumentazioni e procedure avanzate per l'ottimizzazione dei tempi di realizzazione del rilievo
- Caso studio completo, dal rilievo metrico alla modellazione dello stato attuale, delle prefigurazioni progettuali e delle fasi di cantiere

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo
della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti - Politecnico di Torino, DISET

Risultati del contratto di consulenza tra Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali e Arciconfraternita di S. Giovanni Battista Decollato detta "della Misericordia" di Torino, relativo a:

"Rilievo architettonico e relativa restituzione grafica della
Chiesa della Confraternita della Misericordia in via
Barbaroux 41 a Torino"

Lotto A:
Rilievo e restituzione grafica in scala 1:50
dell'interno della navata della Chiesa

Lotto B (non ancora attivato):
Rilievo e restituzione grafica in scala 1:50
dell'esterno della Chiesa e della Sala
Capitolare

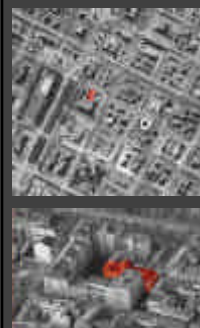


Fotografia dello stato attuale dell'interno
della navata della Chiesa

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo
della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti - Politecnico di Torino, DISET

Documentazione fotografica



Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo
della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti - Politecnico di Torino, DISET

"Rilievo architettonico e relativa restituzione grafica della Chiesa della
Confraternita della Misericordia in via Barbaroux 41 a Torino"

Gruppo di ricerca del Politecnico di Torino afferente ai dipartimenti:
DISET (Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali) e
DITAG (Dipartimento di Ingegneria per il Territorio, l'Ambiente e le Geotecnologie)

Responsabile della ricerca: prof. ing. Secondino Coppo

Responsabile dei rilievi metrici: prof. ing. Fulvio Rinaudo

ing. Maurizio Bocconcinio (DISET)
arch. Filiberto Chiabrando (DITAG)
ing. Elena Maralis (DISET)
ing. Francesco Nex (DITAG)
ing. Dario Piatti (DITAG)
ing. Paolo Piumatti (DISET)
ing. Marco Sanna (esperto in modellazione)
arch. Marco Vitali (DISET)

Software elaborato da SIR (Soluzioni Innovative per il Rilevamento, Spin Off del
Politecnico di Torino)

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo
della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

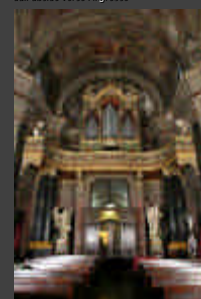
Ing. Paolo Piumatti - Politecnico di Torino, DISET

Documentazione fotografica

Fotografia dell'interno della navata, dalla porta
d'ingresso verso l'abside



Fotografia dell'interno della navata,
dall'abside verso l'ingresso



Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo
della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumatti - Politecnico di Torino, DISET

Documentazione fotografica

Dati del progetto di rilievo

Area: Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Fase 1 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 2 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 3 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 4 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 5 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fotografie zenitali verso l'alto delle diverse tipologie di volte di copertura della navata



Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Documentazione fotografica

Dati del progetto di rilievo

Area: Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Fase 1 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 2 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 3 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 4 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 5 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fotografie di dettagli dell'apparato decorativo



Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Documentazione fotografica

Dati del progetto di rilievo

Area: Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Fase 1 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 2 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 3 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 4 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 5 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fotografia di uno dei due altari laterali



Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Progettazione delle operazioni di rilievo

INPUT - Vincoli e richieste:

- Livello di dettaglio dell'informazione grafica e della precisione metrica congruente con il contenuto proprio della scala 1:50
- Tempi di realizzazione e consegna degli elaborati scaglionati:
 - 15 giorni per le piante del piano terra e primo
 - 20 giorni per le sezioni longitudinali (al di sotto del cornicione interno)
 - 15 giorni per le sezioni trasversali complete e completamento delle sezioni longitudinali
 - 7 giorni per i dettagli delle volte
 - 7 giorni per i dettagli in scala 1:20 (striscia di facciata corrispondente a fessura nel fianco della facciata)
- Predisposizione di elaborati grafici 2D per l'appalto del progetto di restauro
- Scarsità di documenti d'archivio per riordinare in atto dell'archivio della Confraternita della Misericordia
- Impossibilità di accesso alle parti alte della navata

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Documentazione fotografica

Dati del progetto di rilievo

Area: Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Fase 1 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 2 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 3 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 4 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fase 5 - 10 gg. - sopralluoghi generali

Fotografia del matroneo laterale, di fianco all'altare



Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Progettazione delle operazioni di rilievo

OUTPUT - Progetto delle operazioni di rilievo:

- Utilizzo di tecniche di rilievo diverse nelle varie fasi per ottimizzazione dei tempi
- Utilizzo sistematico di tecniche di telerilevamento:
 - Stazione totale
 - Laser scanner 3D
 - Ortoreto 3D
 - Fotografia solida
- Sperimentazione di software sviluppato da spin-off del DITAG per la fotografia solida
- Creazione di modello di dati 3D per la modellazione virtuale

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Costruzione del modello di dati 3D derivanti dalle scansioni laser - Supporto per costruzione fotografica solida

1. Rilievo topografico

2. Laser Scanner

3. Fotogrammetria aerea

4. Fotogrammetria terrestre

5. Fotogrammetria da drone

Visualizzazione della nuvola di punti ottenuti dall'insieme delle 4 scansioni

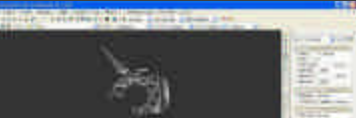
Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Fig. Paolo Piantoni - Politecnico di Torino, D3NET

[illegible]

Sperimentazione degli strumenti di vettorializzazione dell'immagine solida.

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Relievo topografico

Foto 1 - 10 mq.
area 2,2 metri
area 3,2 metri

**Foto 2 - 20 mq.
sezioni longitudinali**

Foto 3 - 10 mq.
sezioni trasversali

Foto 4 - 10 mq.
plano della volta

Foto 5 - 10 mq.
pavimento

Foto 6 - sezione longitudinale
sezione trasversale
della volta

Foto 7 esempio modellazione
sezione trasversale
grandinata

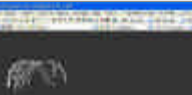
Foto 8 esempio modellazione
sezione trasversale
grandinata

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

ing. Paolo Pomato – Politecnico di Torino, BISET

Sperimentazione degli strumenti di vettorializzazione dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Rilevo topografico

Fase 1 - 10 gg.
 rilievo
 dati
 dati 2 giorni

Fase 2 - 20 gg.
 sezioni
 longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
 dati
 informazioni
 dati

Fase 4 - 15 gg.
 piante
 dati
 dati

Fase 5 - 15 gg.
 piante

Fase 6 - 15 gg.
 sezioni
 trasversali
 dati
 dati

Fase 7 - 15 gg.
 modellazione
 dati
 dati
 dati

Fase 8 - 15 gg.
 dati
 dati
 dati
 dati

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Morticordia in Torino.

Laser Scanner







Foto solida




Informazioni 3D



Informazioni geometria



Informazioni geometria 3D



[illegible]

Integrazione tra rilievo celerimetrico di dettaglio e modello LIDAR

Edilizio della sezione trasversale 1 con indicazione dei punti rilevati e restituzione grafica digitale: in questa si evidenzia come l'apparato decorativo pittorico "inganni l'occhio" del rilevatore che legge modanature dove queste non sono presenti. La corretta lettura è stata supportata dalla nuvola di punti laser scanner (a destra il corretto andamento del profilo)

Integrazione tra rilievo celerimetrico di dettaglio e modello LIDAR

Fase 1 - 15 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 2 - 20 gg. - sezioni longitudinali

Fase 3 - 15 gg. - Sezioni trasversali

Fase 4 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 5 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 6 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 7 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 8 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 9 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 10 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 11 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 12 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 13 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 14 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 15 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 16 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 17 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 18 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 19 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 20 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 21 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 22 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 23 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 24 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 25 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 26 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 27 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 28 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 29 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 30 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 31 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 32 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 33 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 34 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 35 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 36 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 37 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 38 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 39 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 40 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 41 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 42 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 43 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 44 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 45 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 46 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 47 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 48 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 49 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 50 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 51 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 52 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 53 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 54 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 55 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 56 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 57 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 58 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 59 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 60 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 61 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 62 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 63 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 64 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 65 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 66 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 67 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 68 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 69 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 70 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 71 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 72 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 73 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 74 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 75 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 76 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 77 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 78 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 79 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 80 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 81 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 82 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 83 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 84 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 85 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 86 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 87 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 88 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 89 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 90 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 91 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 92 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 93 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 94 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 95 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 96 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 97 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 98 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 99 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 100 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 101 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 102 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 103 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 104 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 105 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 106 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 107 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 108 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 109 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 110 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 111 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 112 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 113 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 114 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 115 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 116 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 117 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 118 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 119 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 120 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 121 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 122 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 123 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 124 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 125 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 126 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 127 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto

Fase 128 - 10 gg. - 10 m. - 1 punto</

Proiezione dei dati e della vettorializzazione 3D per la costruzione di viste 2D

Elaborato grafico definitivo – Sezione longitudinale 1 in scala 1:50

Fase 1 – 20 gg.
 lavoro libero
 senza il piano

Fase 2 – 20 gg.
 sezioni
 longitudinali

Fase 3 – 10 gg.
 sezioni
 trasversali

Rilievo topografico
 Rilievo Scanner
 Foto solida
 Scansione 3D
 Ricostruzione 3D
 Modellazione
 Rendering
 Stampa 3D

Integrazione tra rilievo celerimetrico di dettaglio e modello LIDAR

Sezione della nuvola di punti ottenuti dal laser scanner, in corrispondenza del piano di sezione longitudinale (assunto il piano di sezione, su questo sono stati proiettati tutti i punti a una distanza di ± 2.5 centimetri dal piano stesso), e relativa restituzione digitale

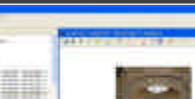
Integrazione tra rilievo celerimetrico di dettaglio e modello LIDAR	Rilievo topografico
Fase 1 - 10 gg - 1 punto	Fase 1 - 10 gg - 1 punto
Fase 2 - 20 gg - sezioni longitudinali	Laser Scanner
Fase 3 - 15 gg - Sezioni trasversali	Foto aerea
Fase 4 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale
Fase 5 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale
Fase 6 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale
Fase 7 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale
Fase 8 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale
Fase 9 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale
Fase 10 - 10 gg - Sezioni trasversali	Restituzione digitale

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Fig. Paolo Pizzetti - Politecnico di Torino, DISEG

Integrazione tra vettorializzazione del modello LIDAR e dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Test 1 - 10 pp.
sezione trasversale
sotto il piano di base

Test 2 - 20 pp.
sezioni longitudinali

Test 3 - 15 pp.
Sezioni trasversali

Test 4 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

Test 5 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

Test 6 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

Test 7 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

Test 8 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

Test 9 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

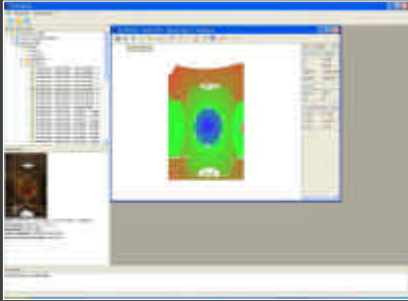
Test 10 - 10 pp.
sezioni trasversali
sotto il piano di base

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

ing. Paolo Pomati - Politecnico di Torino, DISEP

Integrazione tra vettorializzazione del modello LIDAR e dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Fase 1 - 15 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 2 - 20 gg.
sezioni
longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
sezioni
trasversali

Fase 4 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 5 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 6 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 7 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 8 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 9 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

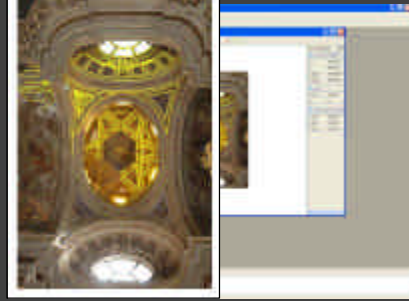
Fase 10 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Integrazione tra vettorializzazione del modello LIDAR e dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Fase 1 - 15 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 2 - 20 gg.
sezioni
longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
sezioni
trasversali

Fase 4 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 5 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 6 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 7 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 8 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 9 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 10 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Integrazione tra vettorializzazione del modello LIDAR e dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Fase 1 - 15 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 2 - 20 gg.
sezioni
longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
sezioni
trasversali

Fase 4 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 5 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 6 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 7 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 8 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 9 - 10 gg.
punto cloud
area a punto


Fase 10 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Integrazione tra vettorializzazione del rilievo celerimetrico, del modello LIDAR e dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Fase 1 - 15 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 2 - 20 gg.
sezioni
longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
sezioni
trasversali

Fase 4 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 5 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 6 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 7 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 8 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 9 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

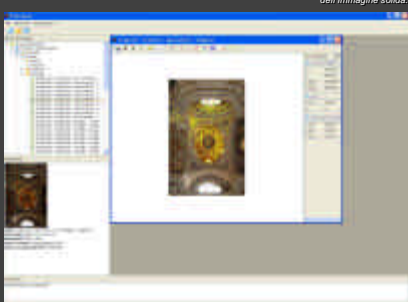
Fase 10 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Integrazione tra vettorializzazione del modello LIDAR e dell'immagine solida

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Fase 1 - 15 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 2 - 20 gg.
sezioni
longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
sezioni
trasversali

Fase 4 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 5 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 6 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 7 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 8 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 9 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

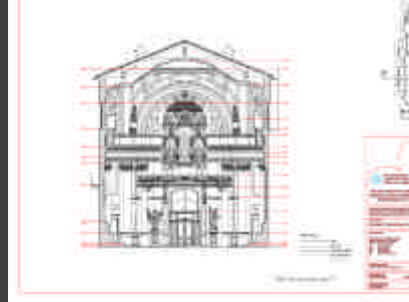
Fase 10 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET

Proiezione dei dati e della vettorializzazione 3D per la costruzione di viste 2D

Test di vettorializzazione dell'immagine solida.



Fase 1 - 15 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 2 - 20 gg.
sezioni
longitudinali

Fase 3 - 15 gg.
sezioni
trasversali

Fase 4 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 5 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 6 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 7 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

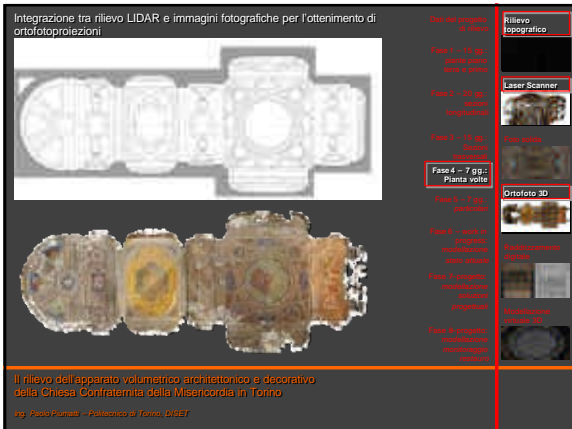
Fase 8 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 9 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Fase 10 - 10 gg.
punto cloud
area a punto

Il rilievo dell'apparato volumetrico architettonico e decorativo della Chiesa Confraternita della Misericordia in Torino

Ing. Paolo Piumati - Politecnico di Torino, DISET





DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DEL TERRITORIO,
DELL'AMBIENTE E DELLE GEOTECNOLOGIE

Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi, 24
10129 Torino - Italy
Telefono 011/564.7659
Telefax 011/564.7699
e-mail fulvio.rinaudo@polito.it

PROF. FULVIO RINAUDO

ARCH. FILIBERTO CHIABRANDO

ING. FRANCESCO NEX

ING. DARIO PIATTI

RELAZIONE DEI RILIEVI METRICI ESEGUITI PRESSO LA CHIESA DELLA MISERICORDIA



Torino, marzo 2008

PREMESSA

Lo scopo della presente relazione è quello di mettere a disposizione tutte le informazioni necessarie per un futuro riutilizzo dei dati metrici acquisiti durante il rilievo della Chiesa della Misericordia di Torino nonché consentire la comprensione del loro contenuto effettivo in termini di dettaglio e di precisione per poter attribuire agli elaborati finali di disegno il corretto significato nell'ambito delle attività di progettazione.

Le informazioni di seguito riportate costituiscono la documentazione di base del rilievo metrico secondo le indicazioni che sono in corso di definizione da parte dell'ICOMOS all'interno delle attività di standardizzazione dei processi di documentazione del patrimonio culturale e ambientale.

Lo scopo della documentazione del rilievo metrico consiste nel rendere possibile lo riutilizzo delle operazioni tecniche intraprese per il rilievo metrico (rete di inquadramento per la definizione del sistema di coordinate dell'edificio) e la sovrapposizione tra dato rilevato e dato disegnato al fine di integrare gli elaborati consegnati.

INTRODUZIONE

Obiettivo del lavoro è stato quello di fornire gli elaborati grafici bidimensionali (pianta primo e secondo piano, sezioni longitudinali e trasversali, particolari di interesse per il progetto) per la corretta definizione delle caratteristiche geometriche della chiesa della Misericordia necessari per affrontare il progetto di restauro architettonico.

Per la realizzazione di tali elaborati l'aspetto che più influenza il progetto e l'esecuzione delle operazioni di rilievo metrico è la tolleranza, fattore che in questo caso è stato vincolato alla scala di rappresentazione scelta e influenza la scelta della metodologia, della strumentazione da utilizzare per le operazioni di rilievo e il grado di dettaglio.

Alla luce della scala di rappresentazione scelta (scala 1:50) e di conseguenza delle precisioni necessarie per eseguire gli elaborati grafici (tolleranza e grado di dettaglio pari a 2 cm), il rilievo metrico della Chiesa della Misericordia è stato realizzato seguendo la procedura qui sotto elencata:

1. progettazione della rete di inquadramento, definizione del sistema di coordinate, misura e compensazione della rete di inquadramento planimetrica (x,y);
2. misura e compensazione della rete altimetrica (z);
3. rilievi di dettaglio delle piante e delle sezioni;
4. realizzazione di raddrizzamenti fotografici per l'integrazione delle parti in vista all'interno delle sezioni longitudinali e trasversali;
5. realizzazione di una serie di scansioni laser a integrazione del corredo di informazioni utili in fasi di disegno definitivo degli elaborati richiesti.

Si sono realizzate inoltre sull'altare alcune riprese con un sistema fotogrammetrico multi-immagine che verranno utilizzate per alcune sperimentazioni legate alla possibilità di sostituire i rilievi LIDAR con tecniche di autocorrelazione multi-immagine. A partire dai risultati ottenuti si sono ricavati i profili di ingombro dell'altare e degli arredi principali per il completamento delle sezioni.

Rete di inquadramento planimetrica

La rete di inquadramento ha come scopi quello della definizione del sistema di coordinate e del controllo della propagazione degli errori al fine di garantire le tolleranze richieste in fase di rilievo di dettaglio.

La rete di inquadramento planimetrica è costituita da 22 vertici disposti in modo da circoscrivere l'intero complesso della Chiesa della Misericordia e dei locali annessi. I vertici sono stati materializzati in modo permanente con appositi segnali metallici nelle zone esterne e sfruttando particolari della pavimentazione nelle zone interne. Le figure 1 e 2 rappresentano la posizione dei vertici.

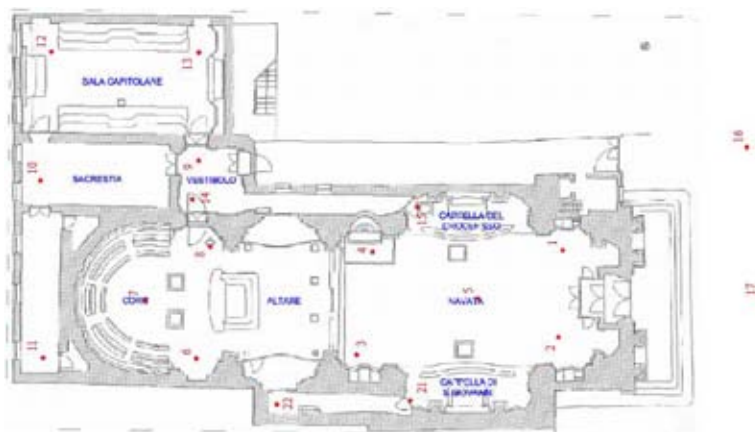


Figura 1. – Pianta piano terra della Chiesa della Misericordia con indicazione dei vertici della rete

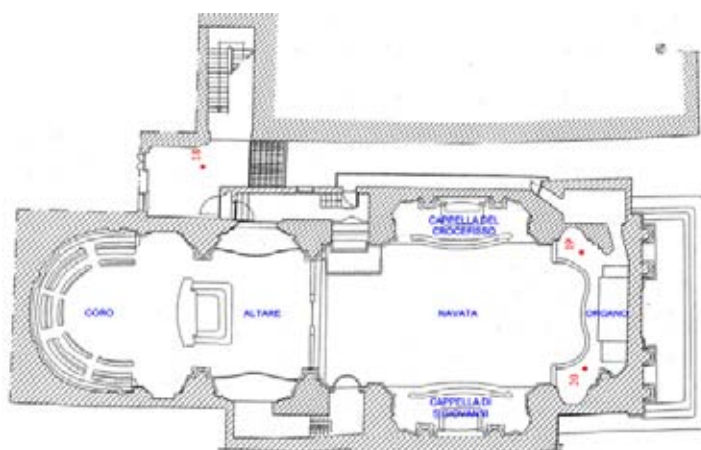


Figura 2 - Pianta primo piano della Chiesa della Misericordia con indicazione dei vertici della rete

Per ogni punto della rete è stata predisposta una monografia che attesta per ognuno di essi la definizione, le coordinate stimate e gli elementi necessari al loro ritrovamento e/o riposizionamento in caso di danneggiamento del segnale. (Allegato 1)

Lo schema di rilievo adottato è quello della rete libera topografica che prevede la misura di angoli e distanze in numero esuberante rispetto al minimo vincolo geometrico per consentire la stima delle coordinate e la stima delle rispettive precisioni. Lo schema delle misure eseguite è stato pianificato considerando l'intervisibilità dei vertici e il raggiungimento di precisioni di un ordine di grandezza superiore rispetto a quelle necessarie in fase di rilievo di dettaglio.

Le misure sono state eseguite con la stazione totale Topcon GPT 8201A di proprietà del Politecnico di Torino (DITAG) (figura 3).

Stazione totale Topcon GPT 8201A	
	
Scarto quadratico medio angolare strumentale (DIN18723)	0.0003 gon
Scarto quadratico medio distanze strumentale (DIN18723)	2 mm + 2ppm

Figura 3 – Informazioni relative alla stazione totale Topcon GPT 8201A

Lo strumento è dotato dei dispositivi necessari al controllo ed eliminazione delle componenti sistematiche di errore dovute alla verticalità, alla graduazione dei cerchi e alla loro eccentricità. Gli errori di collimazione ed inclinazione sono stati eliminati mediante la regola di Bessel. Ogni misura angolare è stata ripetuta due volte per ogni vertice collimato in modo da controllare gli errori accidentali di collimazione da parte dell'operatore maggiormente sensibili a causa della limitata distanza tra i vertici della rete.

L'elenco dettagliato delle misure eseguite è riportato nell' Allegato 2.

La figura 4 rappresenta le misure eseguite: su ogni vertice collimato sono stati misurati la direzione azimutale, l'angolo zenitale (per la riduzione delle distanze al piano orizzontale) e la distanza inclinata. Sono pure rappresentati gli ellissi standard d'errore ottenuto su ogni vertice (area corrispondete al 39% di probabilità di posizionamento del vertice).

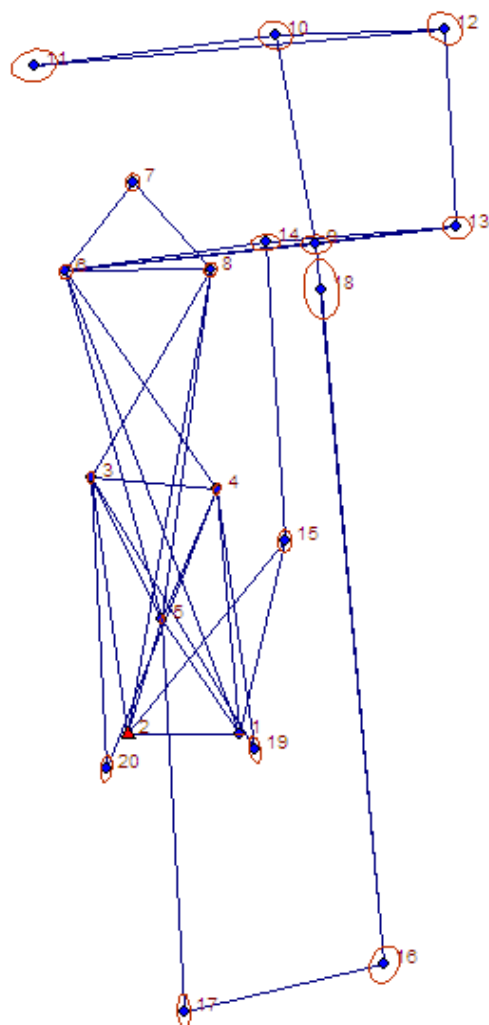


Figura 4 – Schema delle misure eseguite e degli ellissi standard d'errore sui vertici della rete di inquadramento (ellissi d'errore 100X)

Le operazioni di misura della rete sono state eseguite nei giorni compresi tra martedì 8 gennaio 2008 e venerdì 11 gennaio 2008.

Le misure effettuate sulla rete di inquadramento sono state infine compensate utilizzando il software *Starnet* della *Starplus* di cui Politecnico di Torino (DITAG) è titolare di licenza d'uso a fini commerciali.

Il sistema di coordinate dei vertici della rete è di tipo locale ed è stato fissato a minimo vincolo: l'origine è stata stabilita nel vertice 2 e l'asse delle X passa per il vertice 1.

I risultati ottenuti hanno consentito di verificare la rispondenza delle misure eseguite al modello statistico di previsione. Dalle precisioni ottenute (evidenziate in rosso nell'allegato 3) si evincono precisioni millimetriche sulle coordinate planimetriche dei punti della rete di inquadramento cioè di un ordine di grandezza superiore alle precisioni necessarie a garantire il raggiungimento della tolleranza

prefissata per i punti di dettaglio. Tali risultati sono riportati per esteso nell' Allegato 3.

Il sistema di riferimento dei vertici della rete è di tipo locale, origine nel punto 2 e asse delle X passante per il punto 1.

Rete di inquadramento altimetrica

Per garantire precisioni analoghe a quelle ottenute in planimetria, la rete di inquadramento altimetrica è stata rilevata mediante livellazione geometrica di precisione. I vertici di tale rete coincidono con quelli della rete di inquadramento planimetrica. La quota 0.00 è stata fissata sulla soglia di ingresso della Chiesa della Misericordia (vedi figura 6).

Si sono realizzate linee di livellazione geometrica (rilevate in andata e ritorno con conseguente compensazione degli errori di chiusura) in modo da collegare tutti i vertici della rete di inquadramento planimetrica.

Lo strumento utilizzato è il livello elettronico Leica Geosystems NA2002 di proprietà del Politecnico di Torino (DITAG) (figura 5) e due stadie in acciaio inox (figura 7) dotate dell'apposito codice a barre utile all'esecuzione delle misure con livello elettronico.



Figura 5 - Livello elettronico Leica Geosystems NA2002 (in figura la posizione del punto di quota 0.00 posto sulla soglia di ingresso della Chiesa della Misericordia)

Nell'allegato 4 sono riportate le misure eseguite e gli scarti ottenuti al termine della compensazione sulla componente altimetrica di ciascun vertice della rete di inquadramento altimetrica.



Figura 6 – Soglia di ingresso della Chiesa della Misericordia con indicazione del punto di origine delle quote dei vertici della rete

Reti di raffittimento

La densità dei vertici delle reti di inquadramento ha consentito il loro utilizzo come centri di emanazione del rilievo di dettaglio nella maggior parte dei casi. Per il completamento del rilievo di dettaglio mediante metodo celerimetrico oltre ai vertici della rete di inquadramento sono stati rilevati due nuovi vertici di raffittimento (denominati S1 e P1) mediante intersezione inversa controllata per la verifica del contenimento della propagazione degli errori di misura.

Per la realizzazione dei raddrizzamenti e per la registrazione delle scansioni laser sono stati rilevati vertici di raffittimento in posizione idonea a partire dai vertici delle reti di inquadramento.

Rilievo di dettaglio

A partire dai vertici della rete di inquadramento si sviluppano i rilievi di dettaglio dei punti selezionati, necessari per la definizione degli elaborati grafici.

La maggior parte delle informazioni di dettaglio sono state rilevate mediante metodo celerimetrico.

In tale fase del lavoro, per facilitare le operazioni di restituzione grafica, sono stati predisposti appositi eidotipi utili a definire l'esatta posizione dei punti misurati durante questa fase del rilievo.

Le operazioni di rilievo dei punti di dettaglio si sono svolte congiuntamente al personale incaricato della realizzazione dei disegni in modo da minimizzare le fasi interpretative.

I punti rilevati sono stati scelti in modo da poter ricostruire correttamente ed in ogni sua parte l'edificio oggetto del rilievo tenuto conto del grado di dettaglio richiesto dalla scala di disegno indicata.

Oltre ai vertici della rete di inquadramento per facilitare le operazioni di misura e ridurre il numero delle stazioni su cui eseguire le operazioni celerimetriche sono stati utilizzati in alcuni casi punti non relativi alla rete di inquadramento ma posizionati esclusivamente per il rilievo di dettaglio.

In tabella 1 è riportato un riepilogo dei punti acquisiti da ciascun punto di stazione.

Stazione	Punto di orientamento	Punti acquisiti			Elaborato finale
		dal n°	al n°	Totale punti	
3	1	100	354	255	piante
4	1	400	520	121	piante
1	4	600	629	30	piante
7	6	700	828	129	piante
5	3	900	1137	238	piante
11	10	1200	1219	20	piante
3	2	100	157	58	piante
4	2	200	238	39	piante
7	6	300	340	41	piante
19	3	400	419	20	piante
		400	416	17	piante
14	15	1300	1393	94	piante
		1400	1406	7	piante
21	2	1500	1541	42	piante
22	21	1600	1657	58	piante
23	22	1700	1756	57	piante
18	16	2000	2088	89	piante
P1	18	2100	2122	23	piante
5	1	400	828	429	sezione trasversale
S1	1	100	964	865	sezione longitudinale
7	6	1000	1314	315	sezione longitudinale
6	7	1315	1780	466	sezione trasversale
8	7	1800	1898	99	sezione trasversale
17	16	200	279	80	sezione trasversale
Totale punti				3592	

Tabella 1 –Riepilogo dei dati acquisiti durante il rilievo celerimetrico

I dati del rilievo celerimetrico sono stati rilevati e registrati mediante la stazione totale Leica Geosystems TPS805 di proprietà del Politecnico di Torino (CESMO) (figura 7).

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software GEOS di cui il Politecnico di Torino (DITAG) è proprietario di licenza d'uso a fini commerciali, grazie al quale è possibile calcolare le coordinate plano-altimetriche dei punti oggetto del rilievo.

Stazione totale Leica Geosystems TPS805	
	
Scarto quadratico media angolare strumentale (DIN18723)	1,5 mgon
Scarto quadratico medio distanze strumentale (DIN18723)	2 mm + 2ppm

Figura 7 – Informazioni relativa alla stazione totale Leica Geosystems TPS805

Una volta eseguito il calcolo i punti acquisiti sono stati esportati in formato numerico DXF e trasmessi al personale incaricato della redazione dei disegni. I dati del rilievo celerimetrico sono stati integrati con quelli ottenuti attraverso rilievo distanziometrico diretto eseguito in contemporanea alle operazioni di rilievo celerimetrico da parte del personale incaricato della redazione dei disegni.

Raddrizzamenti fotografici

Vista la complessità delle parti decorative della Chiesa della Misericordia, per comprendere meglio le geometrie delle parti da rappresentare in vista nelle sezioni longitudinali e trasversali, è stata utilizzata la tecnica del raddrizzamento fotografico.

Per eseguire tale processo è necessario che le superfici da "raddrizzare" siano il più possibile approssimabili ad un piano.

Questo aspetto, fondamentale per l'esecuzione del raddrizzamento fotografico è stato valutato su diverse superfici decorative presenti all'interno della Chiesa della Misericordia.

Per l'esecuzione del processo di raddrizzamento le immagini sono state acquisite tramite la fotocamera calibrata *Canon EOS 5D* (12.8 Mpixel) e grazie all'utilizzo della stazione totale *Topcon GPT 8201A*, i punti di raffittimento necessari per la

realizzazione del raddrizzamento analitico (raddrizzamento eseguito su punti di coordinate note). Il lavoro è stato eseguito con il software *Archis 2D* della Galileo Siscam di cui il Politecnico di Torino è titolare di licenza d'uso commerciale; in figura 8 sono riportate in pianta le porzioni che sono state raddrizzate.

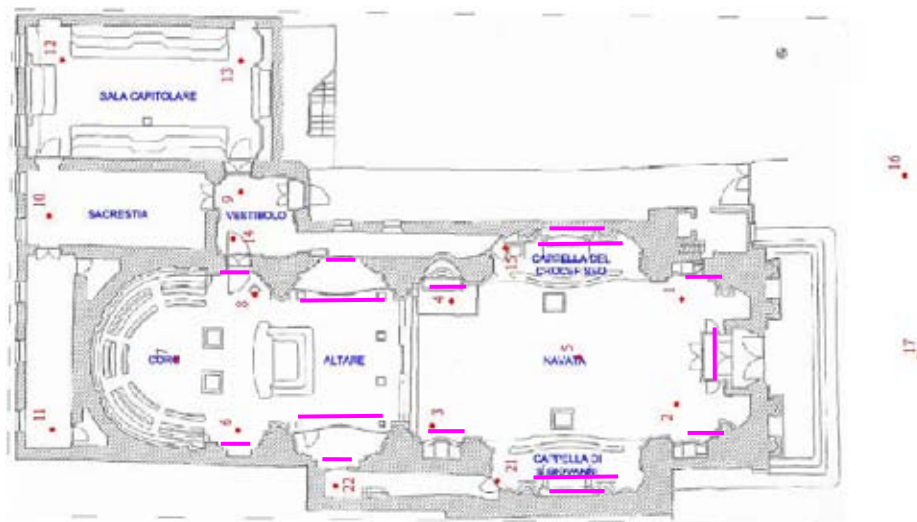


Figura 8 – Posizione delle immagini (linee viola) oggetto di raddrizzamento fotografico

L'uso di una camera calibrata ha consentito l'eliminazione delle componenti di distorsione radiale residua prima del raddrizzamento.

Ogni raddrizzamento consegnato riporta (come esemplificato in figura 9) i punti utilizzati che forniscono all'utente la definizione del piano di raddrizzamento e quindi l'individuazione delle zone delle quali è possibile ricavare informazioni metriche attendibili nei limiti delle necessità di completamento delle zone a vista delle sezioni longitudinali e trasversali; su questi elementi geometrici le tolleranze ottenute sono in un ordine di grandezza superiore a quelle definite per il rilievo di dettaglio.



Figura 9 – Foto originale e foto raddrizzata con individuazione del piano di raddrizzamento ed estrazione di informazioni geometriche

In tabella 2 si riporta un riepilogo dei punti acquisiti per ciascuna immagine.

Stazione	Punto di orientamento	Immagine n°	Punti acquisiti			Descrizione
			Dal n°	Al n°	Totale punti	
7	6	1	100	111	12	lato avanti destra
		2	112	119	8	lato avanti sinistra
S1	6	3	200	207	8	matroneo avanti destra in alto
		4	208	215	8	matroneo avanti sinistra in alto
		5	216	221	6	balcone organo
		6	222	225	4	particolare balcone organo destra
		7	230	240	11	organo
		8	241	246	6	paramento legno sinistra
		9	247	252	6	paramento legno destra
		10	253	260	8	bussola ingresso
3	4	11	300	307	8	cappella lato destra avanti
		12	308	312	5	lato destro navata centrale (crocifisso)
		13	313	317	5	timpano destra
4	3	14	400	409	10	pulpito
		15	410	415	6	lato sinistro navata centrale
		16	416	419	4	timpano sinistra
1	2	17	500	507	8	confessionale vicino punto 2
2	1	18	600	607	8	confessionale vicino punto 1

Tabella 2 – Riepilogo dei punti acquisiti per eseguire il raddrizzamento fotografico

Rilievo LIDAR

Il rilievo celerimetrico, in modo particolare alla scala di disegno scelta, non è in grado di fornire da solo tutte le informazioni metriche necessarie in fase di disegno degli elaborati.

Se per le zone facilmente accessibili l'osservazione diretta e il rilievo mediante tecniche distanziometriche rappresentano ancora oggi il metodo economicamente più conveniente per le zone difficilmente accessibili oggi è possibile pensare di utilizzare scansioni di punti acquisiti mediante tecnica LIDAR eventualmente integrate da immagini fotografiche referenziate sulla nuvola di punti stessa.

Il giorno 23 gennaio 2008 è stato eseguito il rilievo laser scanner per documentare l'intera chiesa e per rilevare con maggiore attenzione alcuni particolari relativi alle volte.

Per il rilievo laser scanner della chiesa è stato utilizzato il *laser scanner Riegl LMS-Z420* (tabella 3), con passo di scansione pari a 0.05° , tale modalità di acquisizione del *laser* garantisce caratteristiche e precisioni paragonabili a quelle ottenibili con una stazione totale.

Dati tecnici <i>RIEGL LMS-Z420</i>	Laser classe 1	Laser classe 3R
	2÷250 m	2÷1000 m
Range distanze rilevabili	± 10 mm	± 25 mm
Precisione	5 mm	20 mm
Risoluzione	Near infrared	
Lunghezza d'onda utilizzata	0.25 mrad (25 mm/100 m)	
Divergenza del raggio laser	Movimento verticale	Orizzontale
	0÷80°	0÷360°
Abbracciamento	specchio rotante poligonale	testa ottica rotante
Meccanismo di rotazione	1÷20 linee/s	0.01°÷15° /s
Frequenza di rotazione	0.001°	
Larghezza del passo angolare	0.002°	0.0025°
Precisione angolare		

Tabella 3 – Principali caratteristiche del Laser Riegl LMS-Z420

Attraverso l'utilizzo del laser scanner sono state eseguite scansioni da 4 diverse posizioni in modo da poter ricostruire nel modo più esaustivo possibile l'intero modello tridimensionale della fabbrica analizzata.

In figura 10 sono riportate schematicamente le aree rilevate in ciascuna posizione di scansione.

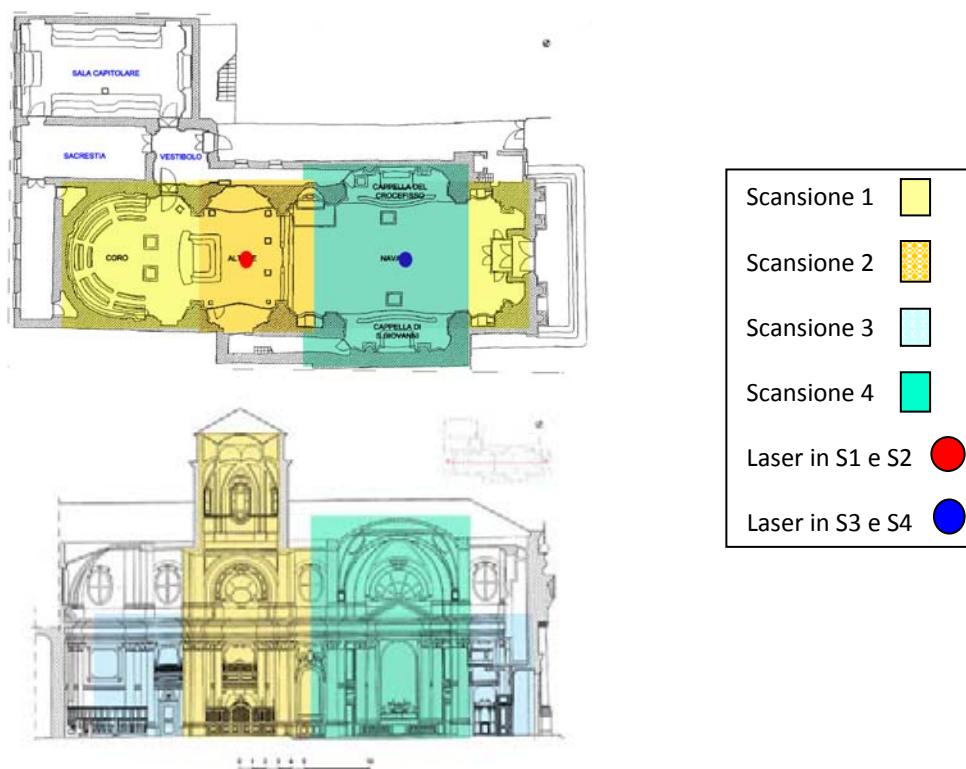


Figura 10 – Schema delle scansioni eseguite

Come si può osservare dalla precedente figura sono stati acquisiti dati in due differenti posizioni: nella prima, posta in prossimità dell'altare, sono state eseguite le prime due scansioni; nella seconda, situata nel centro della navata, sono state eseguite le altre due scansioni.

In particolare la prima scansione è stata effettuata posizionando orizzontalmente il *laser scanner* per acquisire i dati nella direzione longitudinale, con particolare attenzione alle volte ed alla cupola presente sopra l'altare.

Nella seconda scansione il *laser scanner* è stato ruotato di 90° sul piano orizzontale rispetto alla posizione precedente, in tal modo sono state rilevate le superfici dei matronei e la cupola da una posizione differente, questo sistema è stato adottato per ridurre al minimo le zone d'ombra presenti nella precedente scansione.

La terza scansione (figura 11) è stata eseguita in prossimità della mezzeria della navata centrale con il *laser scanner* in posizione verticale, rilevando in tal modo le coordinate dei punti delle facciate laterali della navata stessa, fino all'altezza della cornice.



Figura 11 – Acquisizione dati con laser scanner (Scansione 3)

Infine, nella quarta scansione, è stata eseguita un'acquisizione trasversale in corrispondenza delle cappelle laterali della navata e delle superfici voltate.

Come già accennato in precedenza, tutte le scansioni sono state acquisite con un passo di acquisizione pari a 0,050 gradi, ad eccezione del rilievo dell'organo dove il passo di scansione è stato diminuito a 0,035 gradi.

Inoltre, per ciascuna scansione, essendo dotato il Laser scanner utilizzato di un apposito supporto per il posizionamento di una camera fotogrammetrica, sono state realizzate delle immagini digitali ad alta risoluzione (3000 x 1960 pixel) grazie all'utilizzo della fotocamera digitale *Nikon D1X* (ottica 14 mm).

Tali immagini sono state utilizzate per associare al dato laser l'informazione radiometrica.

Le coordinate dei punti rilevate dal *laser scanner*, sono espresse nel sistema di riferimento dello strumento, per poter unire e georeferenziare correttamente le diverse scansioni è necessario l'utilizzo di appositi marker catarifrangenti (figura 12) chiaramente visibili all'interno della nuvola di punti e referenziati nel sistema utilizzato per il rilievo topografico.



Figura 12 – Fotografie di due dei marker utilizzati per il rilievo laser scanner

La posizione dei marker è stata misurata utilizzando la stazione totale *Leica Geosystems TPS 805*, in modo del tutto analogo a quanto avvenuto per il rilievo di dettaglio.

Per la georeferenziazione e l'unione delle differenti scansioni sono stati utilizzati circa 30 punti posizionati in modo omogeneo all'interno della chiesa e visibili all'interno delle differenti scansioni utilizzate.

Per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati laser è stato utilizzato il *software Riscan Pro* programma fornito dalla casa costruttrice dello strumento, in grado di gestire e elaborare parzialmente i dati grezzi acquisiti dalla strumentazione.

Le successive elaborazioni (filtratura, georeferenziazione, creazione di modelli tridimensionali, realizzazione dell'"immagine solida" e di ortofotoproiezioni) è stato utilizzato il *software Sirio* (figura 13) realizzato dal gruppo di ricerca del DITAG.



Figura 13 – Elaborazione dei dati laser scanner mediante i software Riscan Pro e Sirio

L'elaborazione dei dati ha portato alla realizzazione di un modello tridimensionale, trenta immagini solide e due ortofotoproiezioni che sono state utilizzate in fase di

redazione dei disegni in sostituzione di più onerose operazioni di rilievo in loco dei particolari.

Sperimentazioni sull'utilizzo di tecniche di correlazione multi-immagine per il rilievo e la rappresentazione dell'altare

Il giorno 25 gennaio 2008 è stato eseguito un rilievo fotogrammetrico riguardante l'altare.

A tal scopo è stato utilizzato il nuovo strumento di acquisizione *ZScan* prodotto dalla *Menci Software*. Tale strumento permette di ricostruire la geometria dell'oggetto rilevato mediante triplette di immagini acquisite traslando una fotocamera su una barra calibrata (figura 14).

Il risultato ottenuto, dopo l'elaborazione sul software appositamente realizzato per il trattamento di tali dati è del tutto analogo a quello ottenuto con le tecniche laser scanner: un modello tridimensionale dell'oggetto preso in considerazione.



Figura 14– Fotografia relativa al rilievo fotogrammetrico della parte marmorea dell'altare

Per la sperimentazione di tali tecniche sono state acquisite alcune triplette di immagini seguendo lo schema riportato in figura 15.

La fotocamera utilizzata durante il rilievo è la *Canon EOS 5D*, le cui caratteristiche tecniche sono riassunte in tabella 4.

Fotocamera	f [mm]	dim. pixel [mm]	dim. immagine [pixel x pixel]	dim. immagine [MPixel]
Canon EOS 5D	25,10	0,0082	4368 x 2912	12,8

Tabella 4 – principali caratteristiche tecniche della fotocamera utilizzata

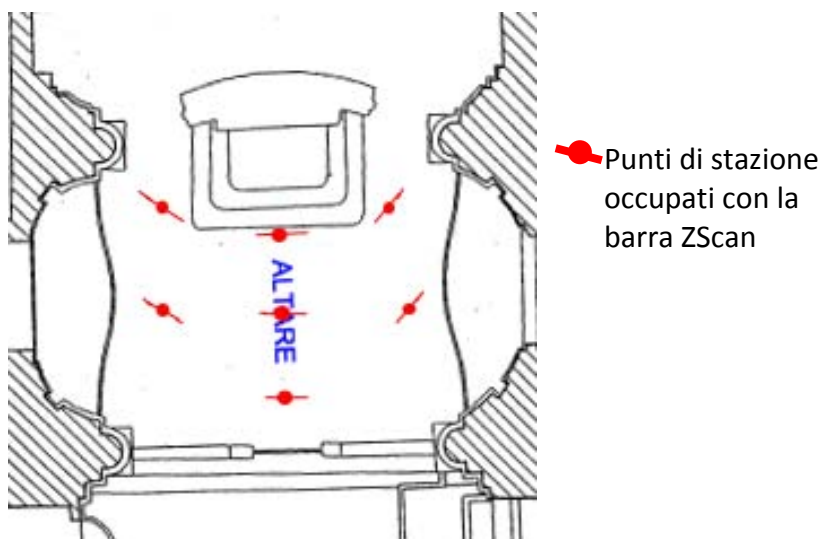


Figura 15 – Punti di stazione occupati dal sistema ZScan

La figura 16 rappresenta un primo risultato delle elaborazioni eseguite. La potenzialità delle tecniche di autocorrelazione multi-immagine risiede nella possibilità di sostituire in gran parte la necessità di acquisizione LIDAR ottenendo nuvole di punti ad elevata densità con precisioni tipiche della fotogrammetria che, nelle condizioni sperimentate, sono superiori a quelle dei tradizionali strumenti LIDAR.

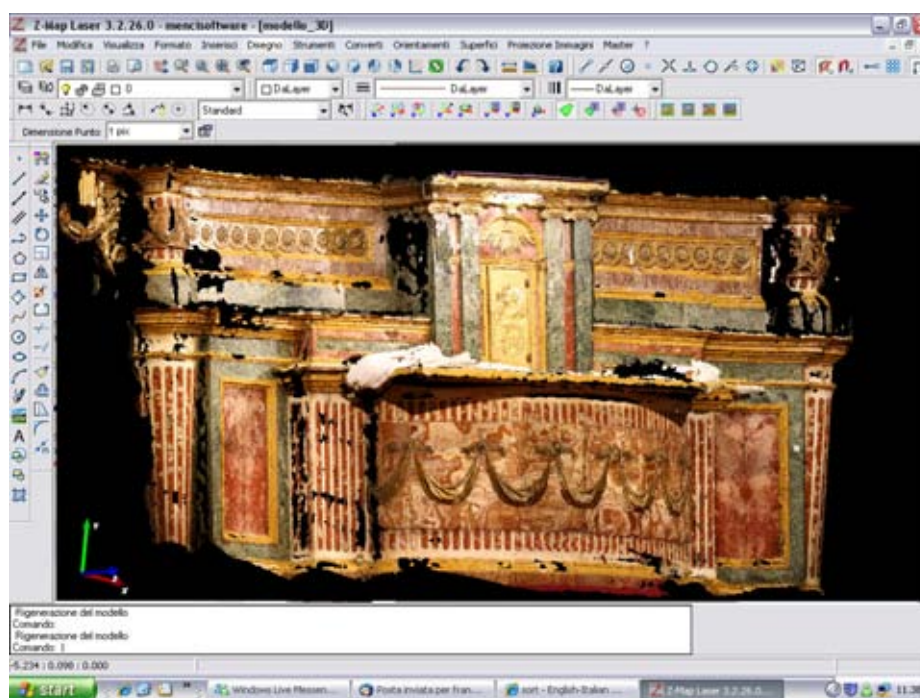


Figura 16 – Prima elaborazione della nuvola di punti con tecniche di autocorrelazione multi-immagine

Pur non essendo di immediato utilizzo per il lavoro del rilievo della Chiesa della Misericordia si è ritenuto, nella tradizione del Politecnico di Torino, tentare di

analizzare le potenzialità di nuovi strumenti di acquisizione grazie alla disponibilità di una serie di dati affidabili utili per eventuali confronti.

Conclusioni

A conclusione dell'operazione di rilievo metrico si può affermare il successo dell'intervento considerata l'alta qualità grafica, di contenuto e metrica degli elaborati di disegno finale prodotti.

L'approccio di rilievo adottato ha visto cooperare in modo propositivo due competenze specifiche e distinte consentendo di evidenziare le affinità e le necessità da soddisfare in un continuo sforzo di integrazione.

L'operazione è stata condotta, per quanto riguarda più specificamente l'intervento di rilievo metrico, seguendo le prassi consolidate a livello nazionale e internazionale per quanto riguarda la documentazione dell'operazione stessa.

Essa potrà quindi essere utilizzata per la dimostrazione pratica di quanto ormai viene affermato da anni circa la necessità di un rilievo metrico integrato da competenze più specifiche nel rilievo dell'architettura e nell'analisi del degrado geometrico strutturale di un edificio.

Nello spirito del Politecnico di Torino il lavoro è stato anche l'occasione per formare alcuni studenti della Scuola di Dottorato che per la prima volta si avvicinano ad un lavoro completo di rilievo a fronte di precise richieste da parte del Committente.

L'esperienza acquisita direttamente in ambito operativo ha consentito infine di evidenziare le potenzialità dei rilievi LIDAR in un ambito non ancora esplorato dalla comunità nazionale e che sarà oggetto di specifiche pubblicazioni nell'ambito di congressi e seminari a livello nazionale e internazionale.

INTEGRATION OF DIGITAL TECHNIQUES FOR THREE-DIMENSIONAL SURVEY: THE CASE STUDY OF THE BAROQUE CHURCH OF "SAN GIOVANNI DECOLLATO" IN TURIN (ITALY)

M. Bocconcino, E. Marchis, P. Piumatti*, M. Vitali

Politecnico di Torino, Departments of Building Engineering and Territorial Systems –
(maurizio.bocconcino, elena.marchis, paolo.piumatti, marco.vitali)@polito.it

KEY WORDS: Survey, laser scanner, representation, integration of techniques, solid image, details, baroque.

ABSTRACT:

This paper describes an experience of survey (baroque church of San Giovanni Decollato in Turin - Italy) that focused on the search for a useful integration of several techniques in a digital data stream from data capture to the final model. In order to respect the scheduled time and constraints, the project is characterized by: a) the use of different techniques for the optimization of equipment, human resources and working time; b) the systematic use of remote sensing techniques: total station, 3D laser scanners, 3D ortho photo, solid image. c) testing the functionality of a new software (beta release) for the vectorial transformation of the solid image. The survey operations have been characterized by the cooperation of researchers associated with two different disciplines: Topography and Representation. In fact, the complexity of the baroque architecture required a careful consideration of the decorative details to be represented. On the basis of this experience, it is possible to come to the following considerations:

- especially in presence of external constraints, typical of real cases, the time required to human engagement for the integration of different procedures outclasses the time of automated acquisition and processing;
- the vectorial transformation of solid images is effective for continuous surfaces, while it is difficult to apply to discontinuous surfaces. In case of an architecture with complex decorative details the solid image should be integrated with other systems.

1. THE CASE STUDY: CHARACTERISTICS AND CONSTRAINTS

1.1 Introduction

The information revolution in the field of architectural survey brings a rapid developments of techniques for data acquisition and processing. The surveyor has a wide choice of procedures and instruments, which need to be integrated with each other, sometimes with a dose of empiricism.

Therefore, it is symptomatic of this issue the survey of the baroque church of San Giovanni Decollato in Torino (Italy) performed in 2008 by a group of researchers from the Politecnico di Torino and of which we want to illustrate the main features. This survey, in fact, needed the integration of various digital techniques in the flow of digital data, from the acquisition to the final model.

The case study in question is not so much the paradigm of a standard procedure, but rather it is symptomatic of the need to search for better integration of different techniques to optimize the result with respect to constraints and changing real-life situations (such as costs, time, accessibility of the house).

This essay is meant to describe the case study, that is significant for:

- the application and testing of innovative techniques and software for the metric measurement, in particular for the two- and three-dimensional graphical modelling;
- the application of procedures typical of university research to a real case study;
- the application of advanced instrumentation and procedures to optimize results, time and costs;

- the completeness of case study, from metric survey to modelling.

1.2 The object of the survey: summary of the characteristics of the church

Before the description of the phases and problems of measurement, it is necessary to describe the characteristics of the building.

The survey covers the inside of a Baroque church located in the historical center of Turin. In 1720 the Confraternita della Misericordia (Brotherhood that was devoted to bring spiritual and moral support to prisoners condemned to death) buys and install in the convent that previously was property of the nuns of Santa Croce.

The Church was rebuilt in 1751 by Filippo Nicolis di Robilant. Particularly valuable is the vault over the altar that is inspired by the famous Baroque architect Guarino Guarini.

From a geometric-constructive point of view, the church has a nave of 36 meters long and 15 meters wide. The interior of the Church consists of three areas covered by masonry vaults. The height of the three main domes is respectively 16.5 meters, 23 meters, 14 meters. A continuous ledge runs along the entire perimeter inside the hall.

The baroque decorations are obviously very rich; we can find stucco decorations in relief, and paintings with a *trompe l'oeil* effect. Before the recent restoration, wall surfaces showed different types of degradation, in particular efflorescence, caused by infiltration of rainwater and rising damp, which caused detachment of plaster; the building showed a significant structural lesion in the north-east corner wall.

Even in other towns there are churches owned by Confraternita della Misericordia; it is interesting to make a comparison with the photogrammetric survey of the church Confraternita della Misericordia in Savigliano made by researchers of Politecnico di Torino (Lingua, Rinaudo, Piumatti, 2003).



Figure 1. The interior of the hall of the church, showing a rich baroque decoration.

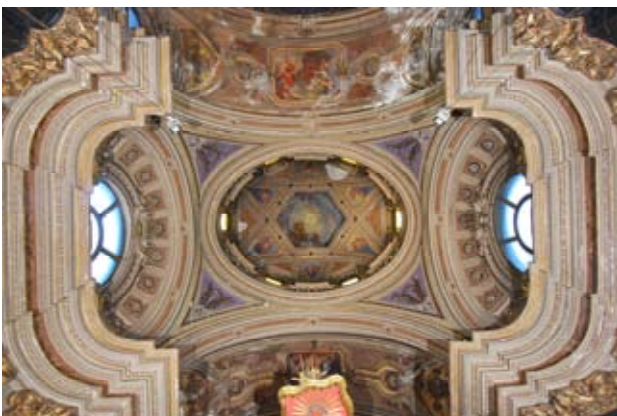


Figure 2. The complex masonry vault above the altar (inspired by the vaults of the great baroque architect G. Guarini). The surface shows different types of decoration.

2. THE DESIGN OF THE SURVEY AND GRAPHIC PROCESSING

The integration of different techniques and procedures for acquiring and processing data, the different format of data and especially the testing of innovative and still elaborating techniques and tools, have required careful design of the survey operations.

The design of the survey had to take into account the constraints and performance requirements, such as:

- a) the detail level of graphical information and metric precision consistent with the proper content of scale 1:50;
- b) the preparation of 2D drawings to contract out the design of restoration;
- c) the scarcity of archival documents because of the ongoing reorganization of the archive of the "Confraternita della Misericordia";
- d) the inaccessibility of high shares of the Church (especially of the lantern);
- e) the delivery of the drawings in accordance with a preordained scheduling:

- 15 days for the plants of the ground floor and the level below the ledge;
- 20 days for the first longitudinal sections (below the inside ledge);
- 15 days for the cross sections and to end the longitudinal sections;
- 7 days for the vaults, drawn through an orthogonal projection from the bottom;
- 7 days for the details in scale 1:20 (portion of longitudinal section corresponding to a structural lesion in the side of the facade).

The timing was rather tight and mostly characterized by an unfavourable time allocation for the best use of the various specialists of the research group.

In order to respect the time, optimizing the use of equipment and human resources, the design was characterized by:

- a) use of several important techniques in the different phases;
- b) systematic use of remote sensing techniques:
 - Total Station
 - 3D Laser Scanner
 - 3D Orthophotos
 - Solid photography
- c) testing of software for solid photography (Bornaz, Dequal, 2003) developed from a spin-off of the Department of Land, Environment and Geo-Engineering (DITAG) of Politecnico di Torino;
- d) creation of data model for 3D virtual modeling.

3. SUBDIVISION OF THE SURVEY IN OPERATIONAL PHASES

The design of the survey and the graphic modelling ask for several stages, differentiated from one another by a chronological point of view (different and subsequent times) and from an operational point of view (chronologically overlapping phases but with different personnel and operations involved). The operations were organized on the basis of a Gantt-type design, essential for compliance with the assigned scheduling.

The operating elements of the graphic restitution of the survey are represented by a set of models - in particular the conceptual model of the Church - a series of tangible and intangible components (human skills, infrastructure, tools, procedures) and a flexible organization of the interpretative and operational

phases of the drawing. References taken into account in the documentation of the survey are:

The conceptual model of the Church. The conformation of the Church can be thought as a result of several components:

- a) structural, that is, all the system elements that have a lead function of the building, that is understood not only in a static sense, but mostly geometric: they are the formal frame of the first level, the pure geometry of the inside framework of the church;
- b) functional and decorative, formalized through:
 - juxtaposed apparatus in relief (stuccoes, ledges, mouldings);
 - frescoed coating features;
 - items of movable and fixed furniture.

The elements of the metric survey/graphic restitution system. The metric survey/graphic restitution system is characterized by efficiency features and a number of factors that promote its effectiveness for future use of processed products.

In terms of efficiency, the features that characterize the process are:

- the skills involved (people);
- the geometrical survey and graphic restitution equipments (hardware);
- the computer science tools for data processing (software);
- the set of operating procedures adopted as a reference by the working research group (immaterial infrastructure).

The effectiveness of the produced elaborations mainly resides in the quality and reliability of the geometric data collected, properly and promptly documented and geo-referenced (metadata). The graphic language used for communication of the metric survey guarantees the permanence of the quality information of directly and indirectly measured data - through the appropriate critical interpretations that have guided the measuring and drawing phases - and allows the unambiguous reading of the graphic signs used according to the widespread conventional praxis.

The elements of critical interpretation and of its subsequent graphic restitution. The transition from a discrete model to a continuous one (open or closed linear geometric entities) was supported by the critical interpretation of the geometries. Auxiliary documentation and apparatus and specialist skills and experiences of the involved Departments have been usefully employed to select the information to be used. The auxiliary documentary apparatus is primarily composed by photographic surveying, preparatory sketches and schematic drawings of total or specific part of the building, usually made by hand free, aimed at architectural survey and containing morphological and dimensional information of the Church, with an indication of the sequence of points taken with the total station.

3.1 Phase 1 – 2 weeks: survey and representation of the horizontal sections, accomplished by integrating topographic survey

The phase 1 required the fulfilment of the following operations:

- a) design of the trigonometric network, definition of coordinate system, measurement and compensation of the trigonometric network on the plan;
- b) measurement and compensation of the *altimetric* reference network; *project of the survey of points*;
- c) detailed *celerimetric* survey of the points concerned with two horizontal planes: the first at 10 cm above the bases of the

columns (horizontal section in succession named "ground floor plan") and the second at 10 cm below the capitals of the same columns (horizontal section in succession named "first floor plan"). Many others points were needed to complete the drawings of horizontal section with the projection of all shapes above and below the section plane;

d) integration of the celerimetric survey with exhaustive manual measurements, especially oriented to the description of the decorative system;

e) import of topographical data in a drawing software;

f) two-dimensional drawings of the ground floor plan and first floor plan: in this phase, as in subsequent stages of the work of representation, from a methodological point of view, particular attention was focused on procedures for data selecting and data processing (instrumental and manual data) in order to produce graphic models in a qualitatively and quantitatively correct way, depending on the scale of representation, the accuracy associated with it, the purposes of the survey.

3.2 Phase 2 – 3 weeks: survey and partial representation of the vertical longitudinal sections, accomplished by integrating topographic survey and straightening of digital images

Phase 2 is related to survey and graphic representation of two partial longitudinal sections (up to the continuous ledge of the nave), with the plane of vertical section passing through the longitudinal axis of the nave, but opposite direction of projection: one in the west side of the church classroom, the other eastwards.

This phase is characterized by the integration of the following operations:

a) topographical celerimetric survey of points in the inner surface of the nave concerned with the intersection of a vertical section plane passing through the longitudinal axis of the church; many other points of reference are needed to complete the vertical sections with the projection of all projected shapes (galleries, fixed furniture, decorative system, etc.);

b) integration of the celerimetric survey with manual measurements of details, especially oriented to the description of the decorative system (ledge, vaults and detail of the capitals, decorative system, in the portion accessible by the organ balcony);

c) digital analytic straightening of photographic images related only to flat surfaces below the internal frame;

d) import of topographic data in a drawing software;

e) graphic two-dimensional representation of the longitudinal sections below the internal frame: even in this case representation issues are quite sensitive, because they involve important decisions on the degree of detail and on geometric simplification of the decorative system, the fixed furniture and of the main furniture, always remembering the operational purposes of the further interventions.

Introductory to the phase 3 was the survey realized by laser scanner and the subsequent construction of a three-dimensional model of the points, according to the following operations:

- LIDAR survey by 3D laser scanner: using of the laser scanner scans was performed from 4 different positions in order to rebuild in the most exhaustive way the entire three-dimensional model of the analysed church.
- construction of a 3D data model from the four laser scans, after filtering and geo-referencing the scans made by experimenting the software Sirio achieved by the research group of DITAG (Chiabrando, Nex, Piatti, Rinaudo, 2008).



Figure 3. View of the tridimensional cloud of points obtained joining four different laser scanning.



Figure 4. The result of the tridimensional vectorialization of the solid image.

3.3 Phase 3 – 2 weeks: survey and representation of the vertical cross-sections and completion of longitudinal section accomplished by integrating topographic celerimetric survey, LIDAR survey and solid image.

Phase 3 is related to the survey and the representation of three cross-sections and to the completion of the longitudinal sections with vaulted surfaces and edges superjacent the continuous internal ledge.

In this phase, the same systems of survey and representation have been used, integrating them with the cloud of point data, generated from LIDAR survey performed with 3D laser scanner, and with data derived by interpretation of the "solid image", as follows.

The contribution of LIDAR survey and solid images are very important results for the geometric interpretation of the vaulted surfaces. The height of vaults, with the complexity of the baroque decoration system (characterized by the simultaneous presence on the vaulted surface of decoration in relief and

painted trompe l'oeil decoration), make it difficult to interpret the geometry of vaults and the hierarchy of decorative details.

Starting from the cloud of points, multiple sections have been used, importing it into a CAD drawing software, to identify the superjacent decorative shapes (with section of the point cloud we mean points between two parallel planes distant 2 cm.).

To represent the vaults, the solid image was tested: the solid image is a experimental technique based on the correlation of a laser scan and the photographic images taken by a binded camera on the laser scanner (Chiabrando, Nex; Dishes; Rinaudo, 2008).

In particular, the researchers responsible for the representations conducted trials on vectorial solid images, testing the software "Sirio" (beta version) developed by SIR, Spin Off of the Politecnico di Torino.

3.4 Phase 4 - 7 days: plan of the vaulted roof obtained via orthorectified photograph methodology

Data belonging to the cloud of points taken with LIDAR and photographic pictures taken with zenith axis have been integrated in order to obtain an orthophoto projection of the vault. For interpretation and choice of the decorative artistic elements have been used sections of the point clouds.

3.5 Phase 5 - 7 days: survey and representation through integration of orthophoto projection, 3D model and direct measurements

A procedure similar to that used to draw the plan of the vaulted roof of the Church (orthophoto projection) has been used for the survey and the graphic restitution (in scale 1:20) of the front internal strip in correspondence of the structural lesion of the North-East corner.

4. CONCLUDING REMARKS

At the end of the architectural survey of the Church of the Confraternita della Misericordia, it is possible to conclude:

- at the present time, the digital data flow coming from the acquisition instruments (total station, laser scanner, calibrated photo cameras) down to the virtual model and to the graphic representation, it is not automatic. Especially in presence of external constraints typical of real cases the time requested to the human operator in order to integrate the different procedures is widely longer with respect to the acquisition and automatic data processing time;
- solid images vectorialization is certainly very efficient for continuous surfaces but strong difficulties emerge in presence of discontinuities. In the case of an architectural building characterized by a complex decorative apparatus it is necessary to foresee an integration of the solid image with the information coming from other system output;
- traditional 2D drawing does not take advantage from the peculiarities of a 3D modelling produced by the modern acquisition instrument and devices.

In order to identify a more efficient way for using 3D data, the research team is going on to experiment new methodologies of virtual modelling starting from the data obtained in the present data acquisition campaign. (Lo Turco, Sanna, 2009).

More over, the methodological approach of this case study has been used also for educational purposes in the academic courses dealing with the management of 3D data to build 3D virtual models.

In the present time, within the PhD Program Cultural Heritage, a research about the possibilities given by the virtual modelling for monitoring and testing the restoration yard is in process. The Politecnico di Torino – Department of Building Engineering and Territorial Systems (DISET) plan, in collaboration with the Confraternita della Misericordia, to develop the research in order to investigate the possibilities given by the virtual modelling to forecast and control different operating solutions proposed by the restoration design. In particular, these procedures will be adopted to test the lighting technologies and for evaluating the characteristics of the surfaces to be restored.

REFERENCES

Lingua, A.; Piumatti P.; Rinaudo F., 2003. Digital photogrammetry: a standard approach to cultural heritage survey, In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Ancona, Italy, Vol. XXXIV, Part 5/W12, pp. 210-215.

Bornaz, L.; Dequal, S., 2003. The solid image: a new concept and its applications. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Ancona, Italy, Vol. XXXIV, Part 5/W12, pp. 78-82.

Chiabrando, F.; Nex, F.; Piatti, D.; Rinaudo, F., 2008. Il rilievo metrico della Chiesa della Misericordia di Torino a supporto del cantiere di restauro. In: *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*, Vol. 1, pp 61-82.

Lo Turco, M.; Sanna, M., 2009. Digital modelling for architectural reconstruction. The case study of the Chiesa Confraternita della Misericordia in Turin. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Kyoto, Japan.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Compagnia San Paolo di Torino, under the high control and supervision of the Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici del Piemonte (arch. Paola Salerno) and of Soprintendenza al Patrimonio Storico, Artistico ed Etnoantropologico (dott. Cristina Mossetti), has recently sustained the integral restoration of the internal decorative apparatus of the Church of the Confraternita della Misericordia with a significant financial effort.

This article illustrates the survey and representation methodologies used and the results obtained within the consultancy contract between the Politecnico di Torino - Department of Building Engineering and Territorial Systems (DISET) and the Arciconfraternita di S. Giovanni Battista Decollato detta "della Misericordia" di Torino, entitled "Architectural survey and graphic representation of the Church of the Confraternita della Misericordia located in via Barbaroux 41 in Torino - Lotto A: Survey and graphic restitution in scale 1:50 of the inside of the nave of the Church"

The Politecnico di Torino research team belongs to the Departments of Building Engineering and Territorial Systems (DISET) and of Land, Environment and Geo-Engineering (DITAG). It is composed by prof. eng. Secondino Coppo (research director), prof. eng. Fulvio Rinaudo (metric measurements responsible), eng. Maurizio Bocconcino (DISET), arch. Filiberto Chiabrando (DITAG), eng. Elena Marchis (DISET), eng. Francesco Nex (DITAG), eng. Dario Piatti (DITAG), eng. Paolo Piumatti (DISET), arch. Marco Vitali (DISET); eng. Marco Sanna, contract professor at the Politecnico di Torino, has been added to the group as virtual modelling expert.

Software Sirio (Beta version) tested and used for restitution of the solid photography is developed and engineered by SIR (Soluzioni Innovative per il Rilevamento) Spin-Off Company of Politecnico di Torino.

Checking, testing and monitoring the different phases of the restoration yard of the Church of the Confraternita della Misericordia will be the subject of the Ph.D. Thesis of eng. Elena Marchis.

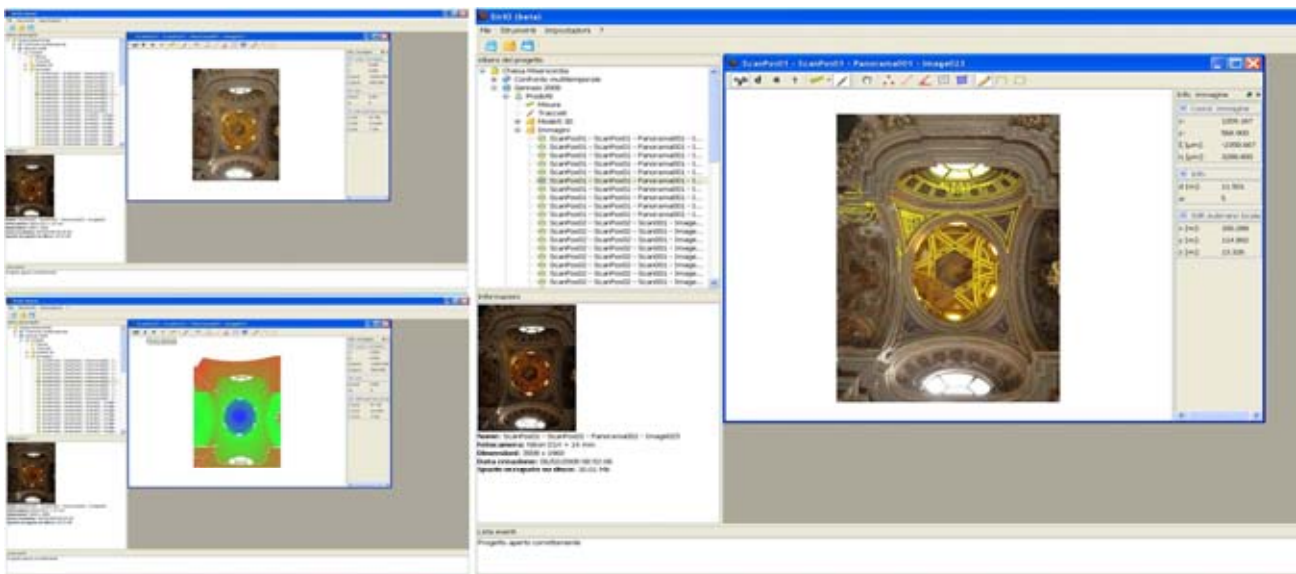


Figure 5. View of the interface of the software for the vectorialization of the solid image; the software Sirio (beta release) was tested during the survey.

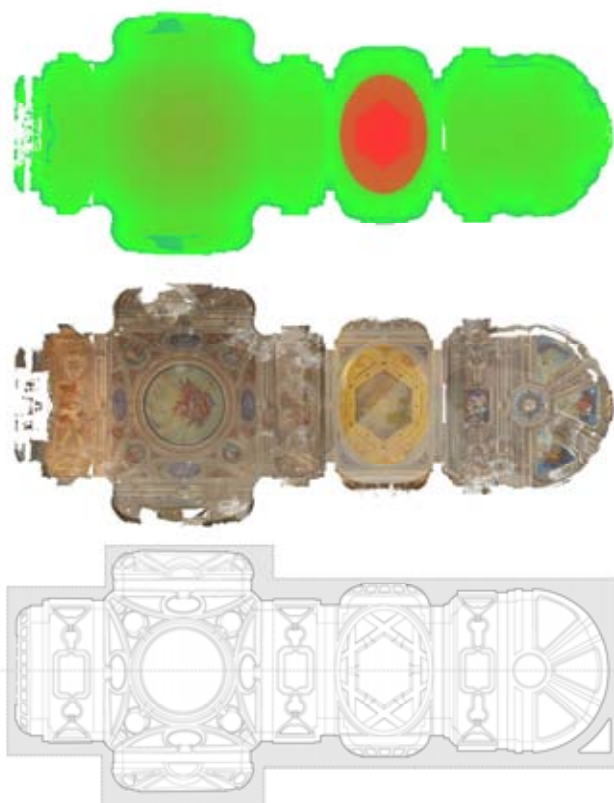


Figure 6. The 3D orthofoto was used to obtain the representation of the vaults.

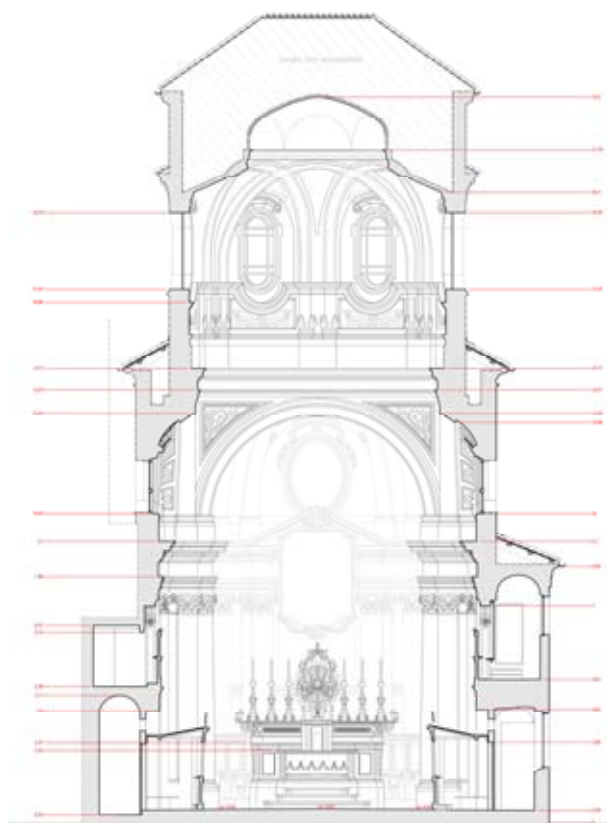


Figure 7. One of the final drawings: transversal section (original scale 1:50) of the vault over the altar.

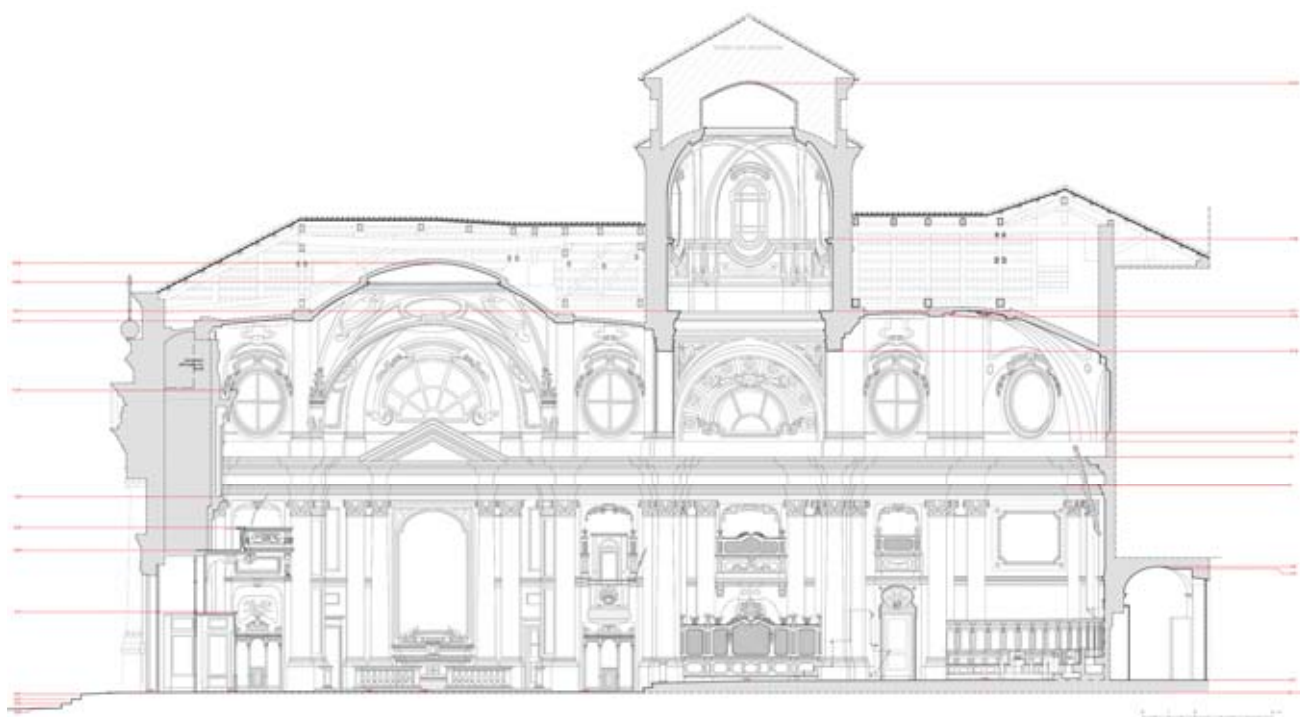


Figure 8. One of the final drawings: longitudinal section (original scale 1:50) of the hall of the Church.