

Flusso di lavoro

**Rilievo topografico integrato**

Il rilievo topografico integrato consiste nell'integrazione tra una **stazione topografica robotica**, uno scanner ed un sistema di fotogrammetria.

L'**obiettivo** è quello di rilevare oggetti tridimensionali complessi e di ottenere informazioni complete e dettagliate.

**Rilievo fotogrammetrico aereo**

Il rilievo fotogrammetrico aereo consiste nell'acquisire delle immagini fotografiche da **droni** per scopi metrici.

L'**obiettivo** in questo caso è la restituzione di un modello del fabbricato e del suo primissimo intorno da utilizzare come base per la produzione degli elaborati grafici.

**Rilievo fotogrammetrico digitale**

Il rilievo fotogrammetrico digitale consiste nell'utilizzo di una **macchina fotografica** o di un semplice **telefono cellulare** per effettuare il rilievo.

L'**obiettivo** è il medesimo del rilievo fotogrammetrico aereo, ma differisce nelle modalità di acquisizione dei dati.

Rilievo topografico integrato

**Fase di campagna**

**Punti di stazione**  
GXX Vertici di controllo  
AXX Altri vertici

Visualizzazione della nuvola di punti con rete topografica sul software Trimble Business Center.

"Trimble Business Center è un software in lingua italiana studiato per l'elaborazione e la gestione di dati provenienti da diversi tipi di sensori (dati ottici, GNSS, Imaging, laser scanner, droni ecc.)".<sup>1</sup>

Al fine di ottenere un buon risultato è necessario pianificare la **rete di inquadramento topografico** e definire tutti i punti di stazione necessari per le acquisizioni.

Nel caso specifico del castello è stata realizzata una **poligonale aperta**, di cui due stazioni rilevate tramite sistema satellitare GPS, senza rete di raffittimento.

<sup>1</sup> <https://www.trimble-italia.com/products/software/trimble-business-center>, consultato il 05/09/2021.

Fase di elaborazione

"Trimble RealWorks è progettato specificamente per l'elaborazione e l'analisi di nuvole di punti. Il software fornisce una soluzione completa in modo efficiente per registrare, analizzare, modellare e creare risultati finali utilizzando i dati da qualsiasi fonte".<sup>2</sup>

Per ottenere tutti gli elaborati è necessario procedere attraverso **ulteriori elaborazioni** della nuvola di punti attraverso il software RealWorks.

Il prodotto finale è una nuvola di punti semplice e di facile gestione, con possibilità di **visualizzazioni differenti** in base alla necessità.

Il passaggio successivo è la creazione dei vari profili di sezione, sia in pianta sia in elevato, per poter disegnare gli **elaborati di rilievo** necessari alle varie analisi.

<sup>2</sup> <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-realworks>, consultato il 05/09/2021.

Visualizzazione della nuvola di punti del prospetto ovest del castello in colori RGB sul software Trimble RealWorks.

Classificazione automatica della nuvola di punti. Classificazione manuale della nuvola di punti. Visualizzazione del modello del prospetto.

Elaborati

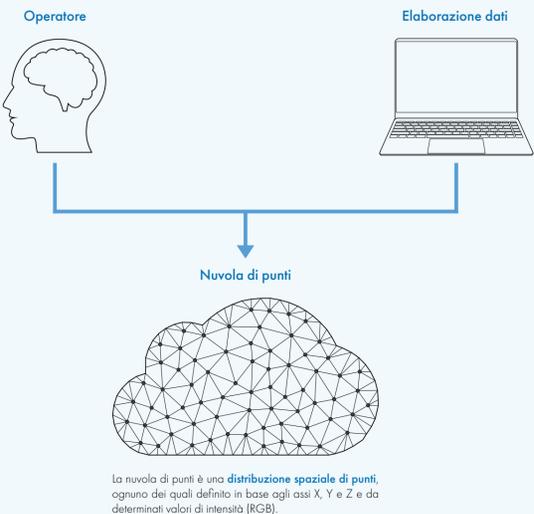
Elaborazione del prospetto ovest del castello su software Autodesk AutoCad con ortofoto esportata dal software Trimble RealWorks.

L'ultima fase del **fuso di lavoro** è data dalla generazione dei vari profili di sezione ottenuti da CloudCompare e dagli ortofotopiani di Trimble RealWorks. Questo permette di partire da **nuvole di punti** e **modelli texturizzati** per la redazione del rilievo del castello alle varie scale.

La precisione della scansione laser ottenuta dalla stazione totale robotica permette di generare **ortofoto** estremamente precise nei vari dettagli architettonici. Inoltre, l'integrazione con i valori RGB dei punti rilevati fornisce un'immagine chiara della **consistenza attuale** dell'architettura.

FASE DI CAMPAGNA

FASE DI ELABORAZIONE



Rilievo fotogrammetrico aereo

**Fase di campagna**

Planimetria del castello con rappresentazione dei piani di volo effettuati durante i rilievi.

**Piani di volo con punti di presa**

- Volo a griglia
- Volo ellittico

I vari **piani di volo** sono stati precedentemente individuati in base alla morfologia del terreno circostante, alle alberature esistenti ed alla geometria planimetrica e altimetrica del castello. Il risultato ottenuto dopo il rilievo è una banca dati di circa **600 fotografie** utilizzabili all'interno dei programmi.

Fase di elaborazione

**Modello DJI Phantom 3**

- Eliche
- Motori
- Frame (telai)
- Piedi di atterraggio
- Telecamera

**Dati tecnici**

- Peso: 1.236 grammi
- Sistema GPS integrato
- Velocità massima 16 m/s
- Telecamera integrata 4K
- Lunghezza focale 20 mm

"AgiSoft Metashape è un prodotto software autonomo che esegue l'elaborazione fotogrammetrica di immagini digitali e genera dati spaziali 3D da utilizzare in applicazioni GIS, documentazione del patrimonio culturale e produzione di effetti visivi, nonché per misurazioni indirette di oggetti di varie scale".<sup>3</sup>

Dopo aver inserito le **immagini acquisite** durante i sopralluoghi all'interno del software è necessario definire il loro orientamento relativo per poter generare la nuvola di punti rada.

Le **elaborazioni successive** consistono nella generazione della nuvola di punti densa, nel modello e nella sua texturizzazione da cui estrapolare tutte le ortofoto necessarie al rilievo.

<sup>3</sup> <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-realworks>, consultato il 05/09/2021.

Visualizzazione della nuvola di punti rada. Visualizzazione della nuvola di punti densa. Visualizzazione del modello texturizzato.

Elaborati

Elaborazione della planimetria del castello su software Autodesk AutoCad con ortofoto esportata dal software Agisoft Metashape Professional.

L'utilizzo della **fotogrammetria digitale** per il rilievo rappresenta un approccio intuitivo organizzato per fasi di lavoro, e attraverso strumenti semplici ed efficaci è possibile ottenere ottimi risultati.

Il **prodotto finale** non solo sarà di facile lettura e di buona gestione, ma avrà al suo interno **molissimi dati** di natura differente, come informazioni relative al colore e alla geometria del manufatto architettonico rilevato. Attraverso i programmi si possono esportare gli ortofotopiani da inserire negli **elaborati tecnico-grafici**.

Elaborati tecnici e grafici

Possibilità di produrre elaborati tecnici e grafici in **planimetria** e in **elevato** (sezioni e prospetti) con elevata precisione e alto dettaglio.

Realizzazioni di **ortofotopiani** di planimetria, prospetti e sezioni orientati su un preciso sistema di riferimento.

Modelli tridimensionali

Rappresentazione di **modelli tridimensionali** a vari livelli di dettaglio di ogni componente ed elemento architettonico dell'oggetto del rilievo.

Possibilità di integrazione con **texture** realistiche provenienti dalle scansioni.

Rilievo fotogrammetrico digitale

**Fase di campagna**

Il software Agisoft Metashape Professional consente non solo di elaborare immagini aeree, ma anche **fotografie terrestri**.

Per il castello di Verzuolo sono state necessarie delle acquisizioni tramite **geometrie di presa** differenti in base alla forma planimetrica dello spazio interno da rilevare.

Ogni ambiente è stato rilevato tramite fotogrammetria in base alle proprie **caratteristiche morfologiche**; in particolare, sono state prese in considerazione:

- Forma planimetrica
- Presenza di arredi e oggetti interni
- Luminosità generale dell'ambiente
- Luce puntiforme proveniente dai serramenti esterni
- Elementi architettonici inseriti nel locale

Tale strumento metodologico è stato utilizzato in diversi ambienti interni al castello con particolare **pregio architettonico**, più precisamente nelle sale con pareti e soffitti affrescati.

La macchina fotografica utilizzata è una **Panasonic Lumix GX80** e obiettivo 12-32 mm.

<sup>4</sup> ROCCO M., Strumenti avanzati per la modellazione dell'architettura, Dispense del saggio di ricerca, Torino, 2021.

**Prese ad assi paralleli**<sup>4</sup>

**Prese a geometria mista**<sup>4</sup>

**Prese ad assi convergenti**<sup>4</sup>

Fase di elaborazione

**Impostazioni fotocamera**<sup>4</sup>

- Bassa sensibilità ISO per diminuire il rumore di fondo
- Scattare immagini alla massima risoluzione possibile
- Salvare le immagini in formato RAW
- Chiudere il più possibile il diaframma
- Tempo di presa di almeno 1/60esimo di secondo
- Non modificare la distanza focale durante le prese

**Pre-elaborazione immagini**<sup>4</sup>

- Le immagini devono essere originali, non devono essere ritagliate, distorte o trasformate geometricamente
- Medesimo orientamento del quadro per tutte le immagini (orizzontale o verticale)
- Le immagini possono essere corrette in alcuni loro parametri (bilanciamento del bianco, luminosità globale, luci e ombre).
- Possibilità di correggere l'aberrazione cromatica
- Possibilità di correggere la distorsione radiale e tangenziale

**Requisiti dell'oggetto**<sup>4</sup>

- Evitare oggetti di colore uniforme, lucidi e riflettenti
- Preferibile un cielo nuvoloso e una luce diffusa
- Non spostare oggetti durante le prese
- Evitare oggetti e scene piatte

<sup>4</sup> ROCCO M., Strumenti avanzati per la modellazione dell'architettura, Dispense del saggio di ricerca, Torino, 2021.

Visualizzazione della nuvola di punti rada. Visualizzazione del modello texturizzato. Visualizzazione delle posizioni di ripresa.

Elaborati

Elaborazione del profilo di sezione dell'ambiente su software Autodesk AutoCad con ortofoto esportata dal software Agisoft Metashape Professional.