

Rilievo del Castello d'Illasi (Verona) mediante metodologie geomatiche integrate per l'analisi strutturale

Massimo Fabris^{1[0000-0002-4901-8522]}, Vladimiro Achilli¹, Andrea Menin¹,
Michele Monego^{1[0000-0002-7790-9656]}

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, via Marzolo 9 – 35131 Padova, e-mail: (massimo.fabris)(vladimiro.achilli)(andrea.menin)(michele.monego)@unipd.it

Abstract. Le metodologie geomatiche per il rilievo 3D, come la fotogrammetria terrestre e da drone e il laser a scansione terrestre (Terrestrial Laser Scanning – TLS) sono ampiamente utilizzate in diversi ambiti (architettonico, archeologico, beni culturali) per finalità conoscitive, documentative e di restauro conservativo [1][2] e la loro integrazione con le misure topografiche classiche e i sistemi GNSS permette la generazione di reti di inquadramento, la misura accurata dei target di riferimento e la georeferenziazione dei dati nei sistemi nazionali e/o internazionali.

Queste metodologie sono state impiegate nel rilievo 3D del Castello d'Illasi, un edificio medievale largamente degradato, sito in provincia di Verona. In vista del recupero statico della struttura, l'obiettivo del rilievo era finalizzato alla conoscenza geometrica dell'edificio, sia per le porzioni interne che esterne, come dato di partenza per le necessarie analisi strutturali. Per questo motivo, oltre alle tecniche di rilievo ad alta risoluzione (TLS) sono state sperimentate anche procedure speditive con l'utilizzo di sensori a basso costo (drone Parrot Anafi e smartphone) confrontandone i risultati. In dettaglio, la rete topografica di riferimento, costituita da 7 vertici posizionati sia all'interno che all'esterno dell'edificio, è stata misurata con la stazione integrata Leica TC1201 per georiferire i target, e quindi le nuvole di punti, in uno stesso sistema di riferimento. I punti della rete sono stati successivamente misurati con un ricevitore GNSS Leica Viva GS 15 in modalità RTK per la georeferenziazione del rilievo nel sistema UTM fuso 32. Le caratteristiche geometriche delle murature del Castello e della Torre sono state acquisite con il drone Parrot Anafi equipaggiato con sensore CMOS da 1/2,4" e diagonale di 7,83 mm. Il rilievo è stato effettuato integrando diversi voli: inizialmente è stato realizzato un volo dell'area di studio con altezza da terra compresa tra 45 e 60 metri, acquisendo 152 immagini con angolo di presa zenitale o sub-zenitale per rilevare la parte sommitale della collina che ospita la struttura e le murature, insieme alle pareti verticali interne del Castello che, seppur non sia presente la copertura, sono piuttosto ravvicinate tra loro e non permettono spazi di manovra al loro interno; successivamente, è stato effettuato un volo per ciascuna delle pareti esterne del Castello e della Torre, ad una distanza di circa 10 metri, acquisendo 258 immagini. Fotografie con overlap elevato sono state acquisite anche da terra, utilizzando la camera SLR Canon EOS 5Ds ad alta risoluzione (50,6 MP), ad una distanza dalle pareti di circa 5-10 metri. Il rilievo TLS è stato realizzato utilizzando il laser scanner a tempo di volo Leica ScanStation P20: lo strumento è stato posizionato sui punti della rete topografica acquisendo 6 nuvole di punti, con

risoluzione di 3 mm a 10 m per le 4 scansioni esterne, più distanti dalla struttura, e 6 mm a 10 m per le scansioni interne alle mura. Ciascuna scansione è stata effettuata con un'adeguata sovrapposizione con la precedente e utilizzando il metodo del “punto indietro noto”, che permette di ottimizzare i tempi di scansione, misura dei target e allineamento (eseguito tramite il software Cyclone), attraverso l'utilizzo di una poligonale lungo la quale posizionare, misurare e verificare le posizioni dei punti stazione. Le immagini acquisite da drone sono state utilizzate per estrarre la nuvola di punti dell'area di studio e delle murature dell'edificio mediante la tecnica Structure from Motion (SfM) per mezzo del software Agisoft Metashape; lo stesso approccio è stato utilizzato per generare le nuvole di punti delle murature del Castello e della Torre dalle immagini acquisite da terra (Fig. 1). L'impiego di 16 target ha permesso la georeferenziazione del rilievo fotogrammetrico e il controllo delle accuratèzze dei modelli prodotti (errore medio calcolato sui target di 6 mm per la nuvola di punti prodotta da immagini SLR e 11 mm per la nuvola prodotta da immagini aeree da drone). Tramite il software CloudCompare è stato possibile eseguire i confronti delle nuvole di punti multi-sorgente per valutarne le accuratèzze geometriche, usando come riferimento il modello TLS. Sono state evidenziate le aree in cui la corrispondenza è risultata migliore e quelle in cui sono invece state calcolate distanze maggiori tra le superfici dei modelli digitali. Si è potuto riscontrare, inoltre, come i diversi approcci fotogrammetrici presentino vantaggi e svantaggi in termini di qualità e accuratèzza del dato prodotto e di copertura dell'area. Infine è stato possibile valutare come, per gli scopi del rilievo orientato alla produzione di dati per l'analisi strutturale, l'impiego di metodologie più speditive ed economiche possa fornire modelli adeguati in termini di accuratèzza metrica e completezza geometrica.



Fig. 1. Viste del modello 3D finale del Castello e della Torre ottenuto con i dati fotogrammetrici.

Riferimenti bibliografici

1. Betti, M., Bonora, V., Galano, L., Pellis, E., Tucci, G., Vignoli, A.: An Integrated Geometric and Material Survey for the Conservation of Heritage Masonry Structures. *Heritage* 4, 585–611 (2021).
2. Bentkowska-Kafel, A., MacDonald, L.: *Digital Techniques for Documenting and Preserving Cultural Heritage*. Arc Humanities Press, Croydon (2017).