

La geomatica per la documentazione dei borghi storici: metodologie e casi studio

Enrico Breggion^{1,2}, Andrea Martino^{1,2}, Andrea Sattin¹

¹ Laboratorio di Geomatica CIRCE, Dipartimento di Culture del Progetto, Università IUAV di Venezia, Dorsoduro 1827, 30123 Venezia – (ebreggion; amartino; asattin)@iuav.it

² Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli studi di Trieste, Via Alfonso Valerio 6/1, 34127 Trieste – (enrico.breggion; andrea.martino)@phd.units.it

Keywords: Rilievo multi-scala; SLAM; UAV; Patrimonio culturale.

1. Abstract

La conservazione della memoria storica, artistica e architettonica dei borghi storici italiani rappresenta un tema di interesse sempre più rilevante nel contesto della salvaguardia del patrimonio culturale nazionale. Questi luoghi, spesso situati in aree rurali o montane, custodiscono un'eredità unica che rischia di essere perduta a causa di fenomeni come l'abbandono, il degrado e le calamità naturali. In questo scenario, l'utilizzo delle tecniche e delle tecnologie avanzate della geomatica offre nuove e potenti opportunità per digitalizzare e preservare la forma fisica e l'identità culturale di questi borghi.

Le moderne tecnologie di acquisizione, elaborazione e visualizzazione dei dati spaziali stanno rivoluzionando il modo in cui è possibile documentare e studiare il patrimonio architettonico e urbano. Strumenti come UAV equipaggiati con sensori avanzati e dispositivi portatili dotati di tecnologia SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) permettono di raccogliere informazioni dettagliate su vasta scala in tempi relativamente brevi. Inoltre, le piattaforme software per la gestione e l'analisi dei dati geospaziali sono diventate sempre più accessibili, consentendo anche a utenti non professionisti di interagire con queste informazioni.

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di esplorare e mettere in luce le possibilità offerte dallo sviluppo tecnologico nell'ambito della geomatica negli ultimi anni, in particolare per quanto riguarda la digitalizzazione di grandi aree come i borghi storici. Questi contesti richiedono approcci multi-scala, poiché è necessario operare a diverse scale di dettaglio e restituzione: dalla scala architettonica, necessaria per documentare gli edifici storici con precisione, fino alla scala urbana, utile per analizzare le caratteristiche morfologiche e paesaggistiche del territorio.

Un altro obiettivo fondamentale è affrontare le sfide connesse all'utilizzo di differenti sensori e alla gestione e all'elaborazione dei dati provenienti da diverse fonti. La combinazione di metodologie differenti richiede infatti un'attenta pianificazione e l'adozione di strategie per garantire la coerenza e l'integrazione dei dati raccolti.

Per illustrare concretamente queste possibilità, sono stati selezionati due casi studio rappresentativi:

1. Fiumefreddo Bruzio (CS): questo borgo, situato in Calabria, è stato oggetto di studio nell'ambito del progetto GENESIS ("GESTione del rischio SISmico per la valorizzazione turistica dei centri storici del Mezzogiorno"). Il progetto mira a coniugare la tutela sismica con la valorizzazione turistica, attraverso un'approfondita conoscenza del tessuto urbano e architettonico. Il rilievo ha coinvolto l'intero centro storico, con acquisizioni mirate sia alla scala 1:50, per dettagli architettonici degli edifici, sia alla scala 1:200, per una visione d'insieme dell'area urbana. La superficie totale rilevata è stata di circa 90 ettari;

2. Cibiana di Cadore (BL): situato nelle Dolomiti bellunesi, questo borgo è noto per i suoi murales che adornano le facciate

delle case. La digitalizzazione del centro storico ha seguito un approccio simile al primo caso, con elaborati alle scale 1:50 e 1:200, coprendo una superficie di circa 190 ettari. L'obiettivo era quello di creare una base dati dettagliata per supportare sia la conservazione del patrimonio locale sia iniziative di promozione culturale e turistica.

Per entrambi i casi studio, sono state impiegate le seguenti metodologie di rilievo e acquisizione dati:

- **rilievo fotogrammetrico aereo:** utilizzando un drone DJI Mavic 3M dotato di ricevitore GNSS con correzione delle osservazioni tramite metodologia NRTK sono state eseguite missioni di volo per acquisire immagini ad alta risoluzione. Queste immagini sono state successivamente elaborate per generare ortofoto, DTM, DSM e curve di livello. I voli sono stati pianificati a differenti quote per aumentare il livello di dettaglio, in particolare per le coperture degli edifici, permettendo così una migliore ricostruzione delle geometrie dei tetti e delle strutture sopraelevate;



Figura 1. Ortofoto 1:200 del borgo di Fiumefreddo Bruzio.

- **tecnologia SLAM:** La tecnologia SLAM, implementata attraverso il dispositivo Stonex X120 Go, ha permesso di acquisire nuvole di punti muovendosi a piedi lungo le vie dei centri storici. Questo approccio ha consentito di rilevare in maniera efficace e dettagliata la totalità dei fronti degli edifici, catturando elementi architettonici, decorazioni e dettagli costruttivi spesso difficili da documentare in tempi brevi. La possibilità di muoversi liberamente negli spazi urbani ha reso

questa tecnologia particolarmente adatta per contesti complessi e articolati come i centri storici.

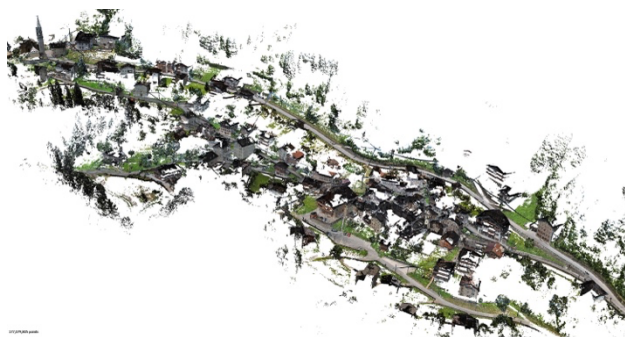


Figura 2. Nuvola di punti SLAM del borgo di Cibiana di Cadore.

Per assicurare la coerenza tra i diversi set di dati e l'integrazione tra le diverse modalità di acquisizione, sono stati identificati e materializzati dei caposaldi. Questi punti di controllo sono stati acquisiti mediante ricevitore GNSS in modalità NRTK, garantendo un'accuratezza centimetrica nella posizione. Questo ha permesso di georeferenziare correttamente le nuvole di punti provenienti dalle diverse fonti e di inserire i dati in un sistema di riferimento comune.

L'approccio metodologico adottato ha permesso di ottenere risultati significativi in termini di qualità dei dati e di efficienza operativa. La combinazione di rilievo fotogrammetrico aereo e tecnologia SLAM ha consentito di coprire vaste aree in tempi ridotti, senza compromettere il livello di dettaglio necessario per le diverse scale di rappresentazione.



Figura 3. Modello integrato fotogrammetrico e SLAM del comune di Cibiana di Cadore.

Un aspetto rilevante emerso dai casi studio riguarda l'accessibilità e la sostenibilità economica di queste tecnologie. Fino a pochi anni fa, la digitalizzazione di aree così estese avrebbe richiesto risorse significative, rendendo tali interventi di difficile attuazione. L'avanzamento tecnologico ha ridotto i costi e i tempi di acquisizione ed elaborazione, aprendo nuove possibilità.

L'esperienza maturata attraverso i casi studio di Fiumefreddo Bruzio e Cibiana di Cadore dimostra come l'integrazione di tecnologie avanzate nel campo della geomatica possa rivoluzionare l'approccio alla documentazione e alla conservazione dei borghi storici. L'adozione di metodologie multi-scala e l'utilizzo di differenti sistemi di acquisizione consentono di superare le limitazioni delle tecniche tradizionali, offrendo risultati di elevata qualità in tempi e costi contenuti.

Queste innovazioni tecnologiche rappresentano un'opportunità preziosa per i piccoli comuni, spesso dotati di risorse limitate, permettendo loro di intraprendere iniziative di tutela e valorizzazione del proprio patrimonio culturale. Inoltre, la

disponibilità di dati dettagliati e accurati costituisce una base solida per lo sviluppo di progetti integrati che coniughino la conservazione con la promozione turistica e culturale, contribuendo al rilancio economico e sociale di queste realtà.

In prospettiva, l'ulteriore evoluzione delle tecnologie della geomatica, unita a una crescente sensibilità verso la salvaguardia del patrimonio storico, potrà favorire la diffusione di queste pratiche su scala più ampia.

References

Balletti, C., Breggion, E., Gerla, F., Guerra, F., Martino, A., 2024. Venice: A Test Field for Urban Historical Centers Surveying with SLAM, in: 2024 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment (MetroLivEnv). Presented at the 2024 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment (MetroLivEnv), IEEE, Chania, Greece, pp. 224–229. <https://doi.org/10.1109/MetroLivEnv60384.2024.10615680>

Barba, S., Ferreyra, C., Cotella, V.A., Di Filippo, A., Amalfitano, S., 2021. A SLAM Integrated Approach for Digital Heritage Documentation, in: Rauterberg, M. (Ed.), Culture and Computing. Interactive Cultural Heritage and Arts, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 27–39. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77411-0_3

Chiabrando, F., Spanò, A., Sammartano, G., Teppati Losè, L., 2017. UAV oblique photogrammetry and lidar data acquisition for 3D documentation of the Hercules Fountain. *Virtual archaeol. rev.* 8, 83. <https://doi.org/10.4995/var.2017.5961>

Jiang, S., Jiang, W., Wang, L., 2022. Unmanned Aerial Vehicle-Based Photogrammetric 3D Mapping: A survey of techniques, applications, and challenges. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 10, 135–171. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2021.3122248>

Malinverni, E.S., Pierdicca, R., Bozzi, C.A., Bartolucci, D., 2018. Evaluating a Slam-Based Mobile Mapping System: a Methodological Comparison for 3D Heritage Scene Real-Time Reconstruction, in: 2018 Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (MetroArchaeo). Presented at the 2018 Metrology for Archaeology and Cultural Heritage (MetroArchaeo), IEEE, Cassino FR, Italy, pp. 265–270. <https://doi.org/10.1109/MetroArchaeo43810.2018.13684>

Rabbia, A., Sammartano, G., Spanò, A., n.d. Fostering Etruscan heritage with effective integration of UAV, TLS and SLAM-based methods.

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D., 2012. UAV PHOTOGRAMMETRY FOR MAPPING AND 3D MODELING – CURRENT STATUS AND FUTURE PERSPECTIVES. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XXXVIII-1/C22, 25–31. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011>

Sernani, P., Angeloni, R., Dragoni, A.F., Quattrini, R., Clini, P., 2019. Combining Image Targets and SLAM for AR-Based Cultural Heritage Fruition, in: De Paolis, L.T., Bourdot, P. (Eds.), Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, Cham, pp. 199–207. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25999-0_17

Tanduo, B., Teppati Losè, L., Chiabrando, F., 2023. DOCUMENTATION OF COMPLEX ENVIRONMENTS IN CULTURAL HERITAGE SITES. A SLAM-BASED SURVEY

IN THE CASTELLO DEL VALENTINO BASEMENT. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLVIII-1/W1-2023, 489–496. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W1-2023-489-2023>