

Strategie sostenibili a supporto del processo conoscitivo di insediamenti alpini abbandonati: un rilievo low-cost per il recupero della borgata Coletta (VB)

Giacomo Patrucco¹[0000-0003-3061-5316] e Stefano Perri¹[0000-0002-6226-4189]

¹ Dipartimento di Architettura e Design (DAD) – Politecnico di Torino, Viale Mattioli 39, 10125 Torino (Italia), giacomo.patrucco@polito.it, stefano.perri@polito.it

Abstract. Le borgate abbandonate situate sul territorio alpino rappresentano un prezioso patrimonio da recuperare e valorizzare. Molti progettisti si dedicano a questa tematica e la Geomatica può offrire un valido contributo al processo conoscitivo di questi beni. Il presente contributo si pone l'obiettivo di descrivere un approccio sostenibile al rilievo per la documentazione metrica di una borgata alpina abbandonata con l'ausilio, oltre che di tradizionali tecniche topografiche, di un drone commerciale e di uno smartphone.

Parole chiave: patrimonio alpino, recupero, documentazione 3D, fotogrammetria digitale, UAV, sostenibilità, low-cost

1 Introduzione

1.1 Geomatica per la conoscenza del patrimonio alpino

Il patrimonio architettonico delle nostre Alpi rappresenta un'opportunità e una sfida per architetti e progettisti che si dedicano alla conservazione, valorizzazione e recupero di questi insediamenti – che spesso versano in un avanzato stato di degrado e abbandono. Oggigiorno il dibattito sulle strategie più efficaci per restituire una nuova identità e destinazione d'uso a queste strutture è più vivo che mai, e a testimonianza di ciò sempre più spesso è possibile assistere alla nascita di iniziative mirate allo sviluppo di soluzioni progettuali che supportino il riuso di queste borgate abbandonate e l'insediamento di nuove realtà abitative e produttive strettamente connesse con il territorio, nonché esperienze didattiche volte alla formazione di una nuova generazione di progettisti sensibili a queste tematiche [1].

Occorre tuttavia una solida base conoscitiva per approfondire la comprensione di questi luoghi, e la Geomatica può fornire un valido contributo in tale direzione: grazie alle tecniche e strategie sviluppate negli ultimi anni, il suo ruolo come pilastro dei processi di documentazione volti alla conoscenza del patrimonio costruito si è consolidato, fornendo validi strumenti non solo nel campo del rilievo metrico 3D, ma anche un prezioso supporto ad altre discipline che contribuiscono alla conoscenza del territorio montano (si pensi alle indagini geomorfologiche [2] o ai diversi tipi di analisi connesse al monitoraggio per la gestione del rischio legato a fattori ambientali [3] che

oggi è possibile condurre grazie al contributo della Geomatica). È evidente, dunque, la necessità di sviluppare di continuo nuovi strumenti e strategie efficaci a supporto del processo conoscitivo del patrimonio architettonico, fondamento indispensabile per le successive operazioni di studio, valorizzazione e recupero – non solo riguardo al contesto alpino soggetto di questa trattazione, ma anche per l'intero panorama della documentazione dei beni architettonici.

1.2 Sostenibilità del rilievo: approcci non invasivi, rapidi e low-cost

È importante sottolineare una seconda fondamentale esigenza, ovvero quella che riguarda la sostenibilità del rilievo, in ogni sua forma. Un aspetto cruciale è legato alla non invasività delle metodologie adottate, e infatti negli ultimi decenni la tendenza è stata quella di privilegiare sempre più l'utilizzo di soluzioni non invasive di tipo contactless – come le tecnologie LiDAR, o la fotogrammetria digitale [4] – a causa dell'intrinseca fragilità del patrimonio costruito.

Un altro aspetto chiave da considerare riguarda la sostenibilità economica del rilievo: per essere pienamente efficaci, infatti, le soluzioni e le strategie per il rilievo metrico 3D devono essere economicamente sostenibili e, soprattutto, accessibili ad una platea di users più vasta possibile. Anche la questione relativa al tempo necessario per acquisire i dati necessari (spesso caratterizzati da una mole considerevole) occupa una posizione di rilievo all'interno del discorso riguardante la sostenibilità all'approccio conoscitivo [5]: siccome è preferibile che l'occupazione del sito sia rapida e contingentata nel tempo, è fondamentale lo sviluppo di strategie di rapid mapping che consentano di acquisire velocemente le informazioni necessarie per il rilievo.

Il recente sviluppo tecnologico e il costante incremento di nuovi sensori fotografici commerciali e low-cost, spesso implementati all'interno di dispositivi mobili, consentono di acquisire immagini ad alta risoluzione. Oggi è pertanto possibile, nell'ambito di rilievi speditivi e/o low-cost, utilizzare tablet [6], smartphone [7] o altre tecnologie – come action cam e camere 360 [5] – per effettuare acquisizioni fotogrammetriche, ottenendo risultati soddisfacenti sia per livello di dettaglio ottenibile sia per accuratezza metrica.

2 Caso studio: la borgata Coletta

Nel presente contributo l'obiettivo è dunque quello di verificare l'adeguatezza di questa tipologia di approccio al rilievo metrico 3D – speditivo e low-cost, come descritto nel paragrafo precedente – per la conoscenza di una borgata alpina abbandonata situata in una cosiddetta area interna, la valle Ossola. Il caso studio presentato è quello della borgata Coletta (Fig. 1).

Coletta è una borgata satellite della frazione Olinò situata ad una quota di 870 m s.l.m., nel comune di Calasca Castiglione in Provincia del Verbano Cusio Ossola nel nord del Piemonte. È caratterizzata da un piccolo nucleo di edifici, circondato da un paesaggio verticale densamente terrazzato, immerso nelle macchie di bosco alpine. Questo luogo, come molti altri piccoli borghi delle Alpi, nasce secoli fa come sito rurale di raccolta e stoccaggio delle derrate alimentari coltivate nel periodo estivo, da

destinare alle zone abitate dei centri più grandi situati a valle, nei mesi più freddi dell'anno.

La natura fortemente rurale del luogo ha fatto in modo che queste aree venissero profondamente plasmate dalle comunità, per rubare terreno impervio da trasformare in spazio coltivabile; questo è testimoniato dall'immenso patrimonio terrazzato ormai in abbandono e da alcune testimonianze dirette.

Il nucleo di edifici si compone di poche unità, nell'ordine di tre baite e di quattro ruderi ormai abbandonati. Al centro della borgata è presente un forno, ormai in rovina, utilizzato un tempo dagli abitanti come luogo comunitario per la panificazione.

Negli ultimi vent'anni, con la costruzione di piccole infrastrutture per portare una strada carrabile agli alpeggi alle quote superiori, è stata rimossa una piccola area della borgata dove era presente un rudere.

A partire dalle informazioni provenienti dal catasto Rabbini (1873) e dalle tracce in loco ancora leggibili, è ipotizzabile che la borgata fosse più estesa e contenesse alla sua massima estensione undici edifici tradizionali, un forno e un capitello votivo.

Gli edifici, costruiti in pietra con tecniche tradizionali del luogo, si compongono di una stalla al pian terreno, un primo piano cucina/focolare/dormitorio, un secondo piano, dedicato a zona notte e un fienile/granaio nel sottotetto aperto. Nella borgata Coletta sono anche presenti edifici di minuscole dimensioni ancora in buono stato di conservazione adibiti a differenti scopi agricoli; al piano terra era presente una cantina per la conservazione dei formaggi, mentre al primo piano si trovava un luogo dedicato al focolare per la caseificazione che, nel periodo autunnale, dopo la raccolta delle castagne, veniva utilizzato come essiccatoio.

Recentemente la borgata è stata oggetto di interesse per un piano di rifunzionalizzazione per indirizzare gli sforzi progettuali al recupero delle sue strutture, da destinare a nuovi tipi di utilizzo. Per supportare tale iniziativa con una base conoscitiva adeguata, è stato eseguito un rilievo metrico 3D dell'intera borgata, utilizzando strumenti, metodi e strategie low-cost.



Fig. 1. Foto aerea della borgata Coletta.

3 Il rilievo della borgata: un approccio low-cost

Al fine di fornire alle successive elaborazioni un comune sistema di coordinate locali, si è proceduto preliminarmente con la misurazione di una rete topografica di inquadramento con tecnica topografica tradizionale, utilizzando una stazione totale. Complessivamente sono stati misurati 8 vertici principali (Fig. 2), distribuiti su più livelli altimetrici; inoltre sono state acquisite alcune semplici misure di direzione determinate in andata e ritorno per distribuire dei punti di controllo negli spazi interni non intervisibili dalle aree limitrofe. L'accuratezza osservata in seguito alla compensazione della rete topografica è <1 cm.

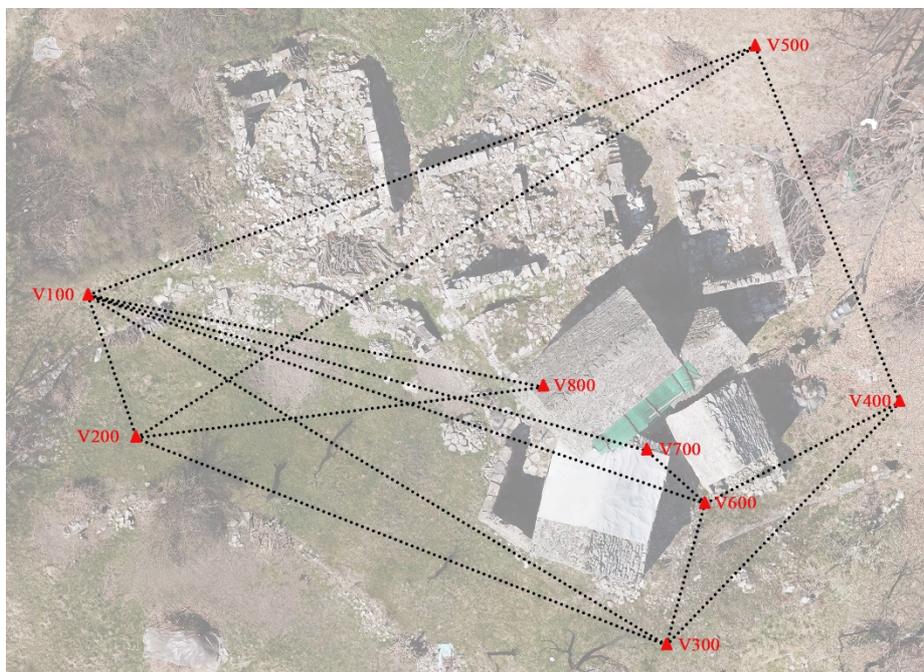


Fig. 2. Schema dei vertici principali della rete topografica.

A partire dai vertici distribuiti sulla superficie dell'intera area da rilevare, sono state effettuate delle misurazioni di una serie di punti di dettaglio, sia sulle superfici esterne degli edifici e dei ruderi, che nei locali interni degli edifici principali. Sono stati misurati sia tradizionali target a scacchiera di carta posizionati nelle parti inferiori dell'edificio, che punti naturali nelle parti superiori, sulle aree difficilmente raggiungibili dagli operatori. I punti sono stati acquisiti in modo da poterli utilizzare successivamente come Ground Control Points (GCP) e Control Points (CP) durante le elaborazioni fotogrammetriche: non solo per orientare e scalare i modelli, ma anche per poter effettuare un controllo sulla qualità metrica dei risultati finali.

Successivamente, per la documentazione complessiva della borgata, è stata pianificata un'acquisizione UAV utilizzando un mini-drone commerciale sviluppato da

DJI (modello: Mavic Pro) equipaggiato con una camera con sensore CMOS 1/2.3'' (12.35 Megapixels; lunghezza 26 mm [35 mm equivalente] $f/2.2$; risoluzione dell'immagine 4000x3000 pixels) (Fig. 4a). L'obiettivo del rilievo era quello di acquisire le superfici esterne sia orizzontali che verticali della borgata (i tetti e le facciate). È stata eseguita una serie di voli ravvicinati sia nadirali, per coprire correttamente le coperture, che obliqui (45°); inoltre, laddove necessario, sono stati eseguiti dei voli con l'asse principale della camera orizzontale (Fig. 3). La distanza di acquisizione media è stata di – approssimativamente – 6 metri con una Ground Sample Distance (GSD) stimata di circa 2 mm.

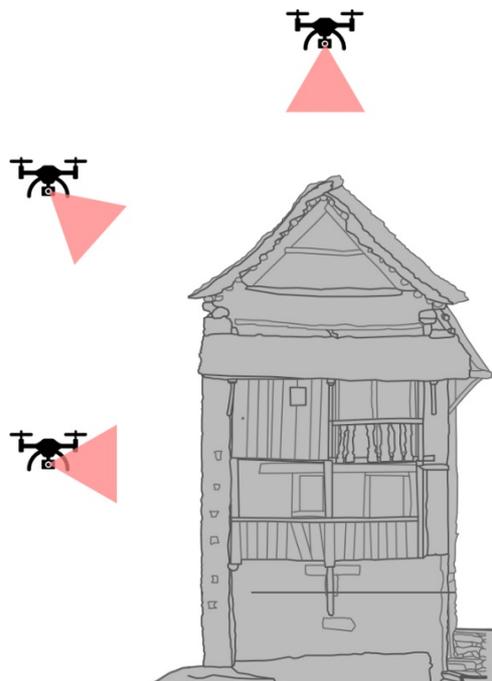


Fig. 3. Schema di acquisizione del rilievo fotogrammetrico UAV.

Complessivamente sono stati acquisiti 946 fotogrammi aerei. Nella parte interna della borgata (al centro dei tre edifici situati nella parte meridionale) a causa degli spazi ristretti non c'erano le condizioni per acquisire in sicurezza le immagini da drone, per questo motivo sono state integrate delle immagini acquisite da terra, seguendo un approccio close-range. In questo caso sono state acquisite 922 immagini. Per quanto riguarda la fotogrammetria terrestre di questi spazi, oltre che i vani interni, è stato utilizzato uno smartphone (modello: Samsung Galaxy A5 del 2017) (Fig. 4b) dotato di camera ISOCELL 3P8 (S5K3P8) avente le seguenti caratteristiche: sensore CMOS 1/3.1'', 16 Megapixels; $f/1.9$; lunghezza focale 27 mm (35 mm equivalente), risoluzione dell'immagine 4608x3456 pixels. In totale sono stati acquisiti circa 4054 fotogrammi che ricoprono tutti i vani interni e le porzioni di edifici esterni non rilevabili con il drone. La distanza di acquisizione media è di circa 2 metri, con un GSD stimato

di circa 0.5 mm. Questo numero elevato di fotogrammi è dovuto dalla complessità degli spazi indoor della borgata e dal fatto di voler garantire una elevata sovrapposizione tra le immagini, per facilitare le successive elaborazioni fotogrammetriche. A causa delle pessime condizioni di illuminazione riscontrate nei locali interni degli edifici, le acquisizioni sono avvenute mentre l'operatore indossava una torcia frontale equipaggiata con un diffusore, in modo da illuminare omogeneamente i vani rilevati.

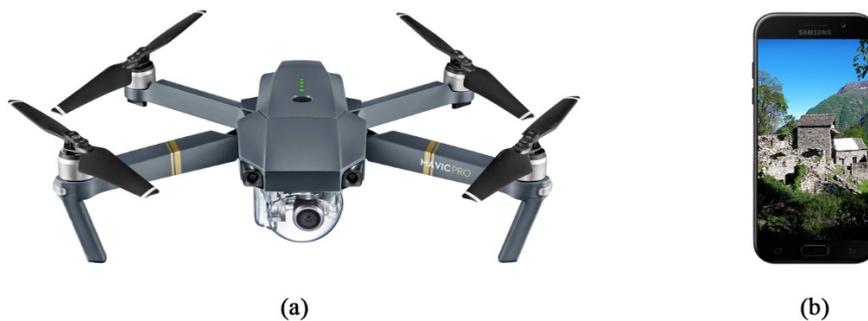


Fig. 4. Sensori utilizzati durante il rilievo: (a) DJI Mavic Pro; (b) Samsung Galaxy A5 2017.

Le operazioni di rilievo – comprensive di misure topografiche, rilievo fotogrammetrico UAV e rilievo fotogrammetrico close-range terrestre – hanno coinvolto due operatori e si sono svolte nell'arco di tre giorni.

4 Elaborazione dei dati

I circa 5000 fotogrammi acquisiti sono stati successivamente elaborati utilizzando un software fotogrammetrico basato su algoritmi di tipo Structure-from-Motion. La piattaforma utilizzata è il popolare software fotogrammetrico Agisoft Metashape, seguendo un workflow tradizionale (allineamento delle immagini; generazione dei tie-points; scalatura, orientamento e bundle adjustment a partire dai punti acquisiti con la stazione totale; controllo metrico sui GCP e sui CP; generazione di una nuvola densa fotogrammetrica) [8].

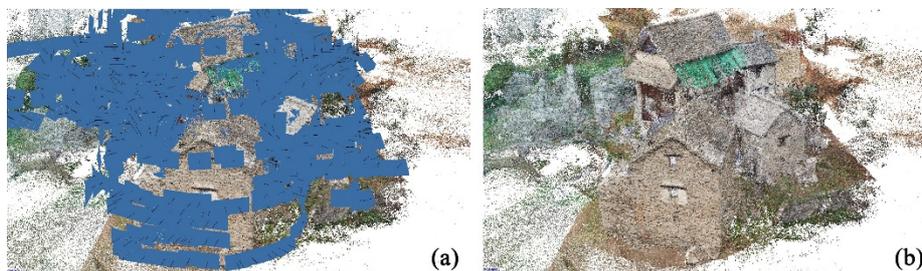


Fig. 5. Elaborazione fotogrammetrica: (a) Blocco fotogrammetrico di immagini orientate; (b) Nuvola sparsa costituita da tie-points.

Le immagini dell'involucro esterno degli edifici che compongono la borgata sono state elaborate complessivamente in un unico progetto fotogrammetrico, mentre è stato creato un progetto diverso per ciascun ambiente interno, opportunamente riferito nel corretto sistema di riferimento mediante l'utilizzo dei punti misurati dalla stazione totale (in media 10-15 per ciascun vano, posizionati il più omogeneamente possibile). Circa il 60-70% dei punti misurati con stazione totale dai vertici della rete topografica è stato utilizzato come GCP, i restanti punti come CP. L'accuratezza media osservata sui punti di controllo è di circa 2 cm.

5 Risultati

Grazie alla registrazione dei diversi modelli nel medesimo sistema di coordinate relative in cui sono stati elaborati i dati, il risultato finale al termine del processo fotogrammetrico è un modello tridimensionale completo dell'intera borgata – sotto forma di nuvola di punti densa – sia per quanto riguarda le superfici esterne che quelle interne (Fig. 6-7). Al netto di alcune aree della nuvola di punti connotate da una discreta rumorosità o aberrazioni cromatiche – dovute principalmente alle condizioni di illuminazione durante la fase di acquisizione – il risultato finale è connotato da un dettaglio elevato e da un'accuratezza metrica rispondente agli scopi prefissati del rilievo. L'elevata definizione spaziale del modello e l'alta risoluzione radiometrica consentono una conoscenza approfondita del manufatto architettonico, sia per quanto riguarda la sua morfologia e le sue geometrie, che per la consistenza materica e il suo stato di conservazione.

A partire da questo modello realizzato con strategie low-cost è possibile quindi ottenere diversi prodotti metrici caratterizzati da un'elevata accuratezza, quali ortoregistrazioni ad alta risoluzione e sezioni della nuvola di punti densa (Fig. 7-8) che consentono – in un secondo momento – la produzione delle tradizionali rappresentazioni architettoniche (Fig. 9) – piante, prospetti e sezioni in scala 1:100-1:50 – necessarie agli architetti coinvolti nella riqualificazione e nel recupero della borgata, per poter impostare il proprio lavoro di progetto.



Fig. 6. Viste 3D della nuvola di punti fotogrammetrica derivata dall'unione tra il dataset aereo (superfici esterne) e quello terrestre (outdoor e indoor).



Fig. 7. Sezione della nuvola di punti fotogrammetrica (edificio principale).

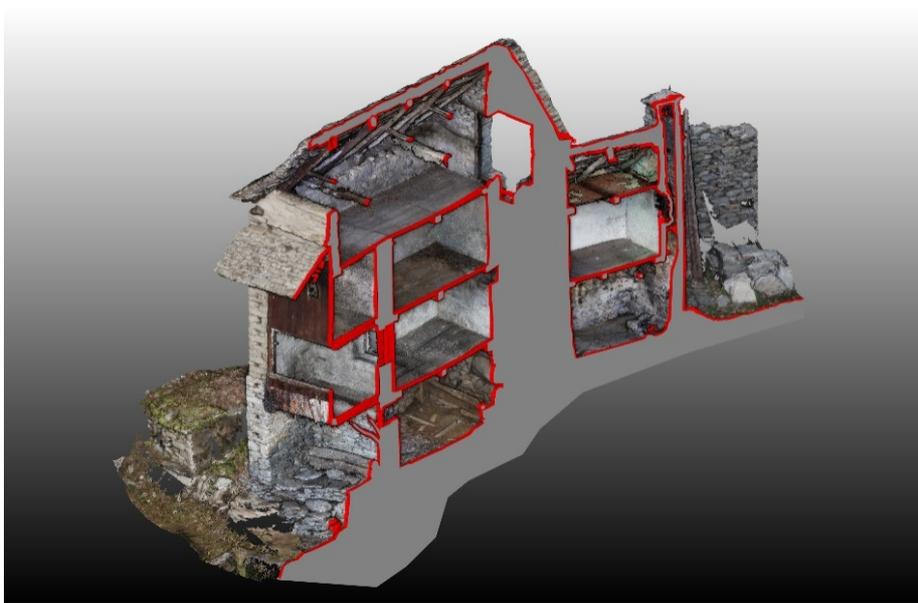


Fig. 8. Vista assonometrica della sezione della nuvola di punti fotogrammetrica dell'edificio principale.

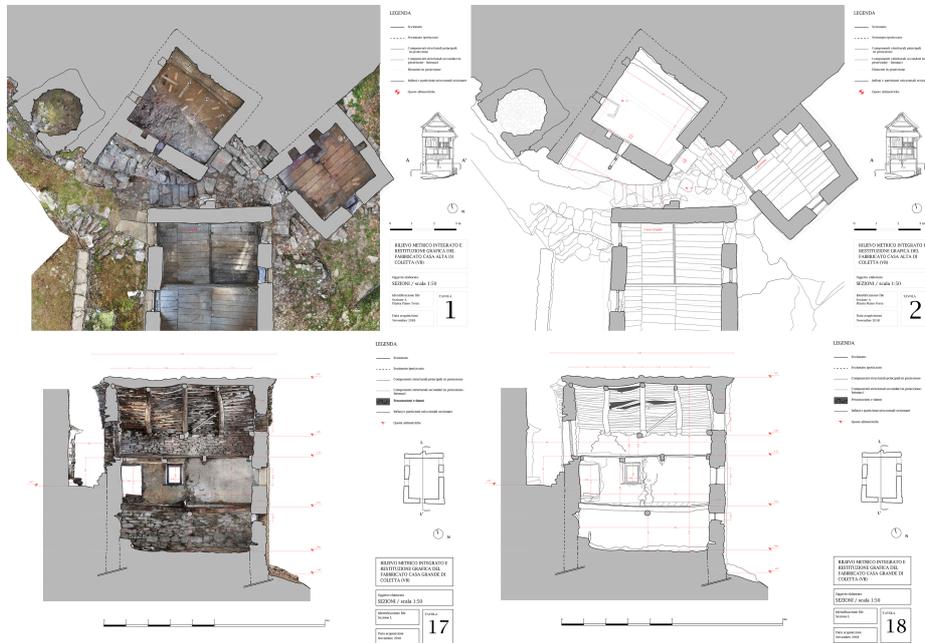


Fig. 9. Esempi di disegni architettonici a supporto delle attività progettuali, realizzati a partire dalle nuvole di punti fotogrammetriche.

6 Conclusioni

Durante la pianificazione di un rilievo occorre trovare un equilibrio – un compromesso – tra i diversi aspetti che contribuiscono alla sua sostenibilità, tra i quali spiccano quello economico, legato al costo degli strumenti impiegati; quello relativo alle tempistiche necessarie per completare l'acquisizione dei dati; o ancora l'aspetto relativo all'accuratezza metrica raggiungibile. È importante stabilire preliminarmente gli obiettivi del rilievo – per esempio la scala desiderata – e, a seconda di questi, stabilire quale sia l'approccio più adeguato.

Nel corso dell'esperienza illustrata nel presente contributo, l'integrazione tra sistemi low-cost e tecniche topografiche tradizionali è stata giudicata la strategia che meglio rispondeva a tali parametri, in particolare considerando la necessità di connettere spazi esterni e interni con un buon grado di precisione. Si è pertanto proceduto al fine di dimostrare l'adeguatezza di questo tipo approccio per la documentazione del patrimonio costruito alpino. Considerando anche l'estensione della borgata, e le tempistiche relativamente ridotte durante le quali il rilievo è stato condotto, va sottolineato come lo sviluppo incrementale delle performance di queste nuove tecnologie commerciali porti all'ottenimento di risultati assolutamente competitivi. Nel caso osservato, con l'ausilio di un drone commerciale e di uno smartphone, è stato possibile realizzare un'acquisizione dati completa dell'intera borgata alpina:

approssimativamente sono stati rilevati circa 2000-2500 metri quadrati – comprendenti gli ambienti interni degli edifici, i ruderi e le aree limitrofe acquisite con il drone – in un lasso di tempo relativamente breve. Come è stato riportato nei paragrafi precedenti, questi strumenti low-cost consentono di ottenere dei prodotti connotati da un'elevata qualità (sia in termini di livello di dettaglio che di risoluzione radiometrica). Pur non potendo raggiungere i medesimi risultati di sensori più costosi e performanti, che richiedono investimenti economici e spesso anche expertise maggiori da parte degli operatori, occorre sottolineare come, oltre la già citata qualità dei prodotti ottenibili, anche la maneggevolezza e la facilità di utilizzo di questi strumenti contribuiscano a renderli competitivi.

L'utilizzo di tali sensori, se coniugati all'impiego di tradizionali tecniche di misura topografica – consolidate e imprescindibili per coloro che lavorano nell'ambito della documentazione metrica 3D, nonché necessarie per orientare, scalare e controllare metricamente i modelli generati seguendo le strategie fotogrammetriche descritte precedentemente – consente di non sacrificare l'accuratezza metrica del prodotto finale. L'introduzione sul mercato tecnologico di soluzioni Commercial Off-the-Shelf (COTS) economicamente accessibili e caratterizzate da performance elevate sta favorendo l'adozione di queste strategie anche nell'ambito della documentazione del patrimonio costruito – compreso, dunque, quello alpino, che per la sua stessa natura necessita di particolari accorgimenti e attenzioni – favorendo il processo conoscitivo di questi luoghi che rappresentano un patrimonio, spesso abbandonato, che merita di essere recuperato e rivissuto.

Sempre più spesso stiamo assistendo a proposte legate al mondo della ricerca o a iniziative di tipo privato finalizzate allo studio e al recupero di queste realtà montane, e il costante sviluppo di nuove soluzioni legate all'approfondimento della conoscenza di questi luoghi e di questi spazi non può che favorire questi processi.

Riferimenti bibliografici

1. Cuneo, C., Regis, D., Spanò, A.: Riabitare le Alpi. Archistor, Extra 7, Parte II, (2020)
2. Spanò, A., Sammartano, G., Tunin, F. C., Cerise, S., Possi, G.: GIS-based detection of terraced landscape heritage: comparative tests using regional DEMs and UAV data. *Applied Geomatics*, 10(2), 77-97 (2018)
3. Núñez-Andrés, M. A., Buill, F., Hürlimann, M., Abancó, C.: Multi-temporal analysis of morphologic changes applying geomatic techniques. 70 years of torrential activity in the Rebaixader catchment (Central pyrenees). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 314-335 (2019)
4. Francolini, C., Bitelli, G., Borghi, B., Galletti, F.: High-resolution 3D surveying in support of Cultural Heritage. *Proceedings 2019 IMEKO TC-4 International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage*, 277-281 (2019)
5. Teppati Losè, L.: Applicazioni di rapid mapping tramite sistema Freedom 360 a Norcia. *Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*, Anno 152, LXXIII, N. 3, 193-197 (2019)
6. Di Pietra, V., Dabove, P., Lingua, A.: Fotogrammetria terrestre e tecnologia tablet in scenari post sisma. Il caso studio della Chiesa di Sant'Agostino in Amatrice. *Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*, Anno 152, LXXIII, N. 3, 238-241 (2019)

7. Brandolini, F., Patrucco, G.: Structure-from-Motion (SFM) Photogrammetry as a Non-Invasive Methodology to Digitalize Historical Documents: A Highly Flexible and Low-Cost Approach? *Heritage*, 2(3), 2124-2136 (2019)
8. Ewertowski, M. W., Tomczyk, A. M., Evans, D. J. A., Roberts, D. H., & Ewertowski, W.: Operational Framework for Rapid, Very-high Resolution Mapping of Glacial Geomorphology Using Low-cost Unmanned Aerial Vehicles and Structure-from-Motion Approach. *Remote Sensing*, 11(1), 65 (2019).

#AsitaAcademy2021