



Fig. 1 - Sistema di mappatura mobile portatile trasportato da un operatore durante il rilievo dell'edificio dei Rizzi dell'Università degli Studi di Udine.

di Eleonora Maset,  
Lorenzo Scalerà

**Transizione ecologica e digitale: queste parole chiave rappresentano oggi la strada verso un modello economico di maggiore sostenibilità ambientale e sociale, e ci pongono di fronte a nuove sfide da intraprendere grazie anche all'uso e allo sviluppo delle tecnologie più avanzate.**

## GEOMATICA E ROBOTICA: UN CONNUBIO VINCENTE VERSO L'AUTOMAZIONE DEL RILIEVO

Secondo il percorso delineato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, il rilancio dell'Italia nel periodo post-pandemia da COVID-19 passa da un lato attraverso la digitalizzazione di prodotti, processi e servizi, e dall'altro richiede interventi volti a migliorare la qualità della vita e la sicurezza ambientale. Come già indicato dall'Agenda 2030 dell'Organizzazione delle Nazioni Unite, infatti, ci troviamo in un momento storico in cui la svolta verso uno Sviluppo Sostenibile non può essere ulteriormente rimandata. Tra i 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals - SDGs*) delineati dall'ONU (Nazioni Unite, 2015), ricordiamo in modo particolare l'Obiettivo 11: *Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili*. Migliorare l'urbanizzazione rendendola inclusiva e sostenibile, nonché proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale mondiale sono sfide che necessitano di appropriate tecnologie per essere affrontate adeguatamente. In tale contesto, la Geomatica può giocare un ruolo di primo piano per la salvaguardia del territorio, dalle aree costiere agli ecosistemi montani, per il monitoraggio di strutture e infrastrutture, e per la valorizzazione dei beni culturali, fornendo gli strumenti per una conoscenza aggiornata, dettagliata e precisa dell'esistente. La disciplina della Geomatica

stessa sta vivendo una fase di profonda innovazione, derivante da una sempre maggiore integrazione con tecnologie e metodi sviluppati, tra gli altri, nel campo della Robotica e dell'Informatica. In riferimento alle metodologie di rilievo, tecniche consolidate da decenni quali la Fotogrammetria ed il Laser Scanning (terrestre ed aereo) sono state recentemente affiancate dai sistemi di mappatura mobile portatili, che stanno rivoluzionando in particolar modo il rilievo di ambienti *indoor*. Questi dispositivi possono essere facilmente trasportati da un operatore e l'acquisizione di dati 3D dell'ambiente circostante avviene semplicemente camminando nell'area di interesse. Un esempio è riportato in Figura 1, dove un sistema di scansione portatile è trasportato da una persona durante il rilievo dell'edificio dei Rizzi dell'Università degli Studi di Udine. I sistemi portatili sono particolarmente adatti a supportare tutte quelle attività che richiedono la conoscenza dello stato di fatto di un edificio, attraverso un'acquisizione dei dati rapida ed efficiente. Nuvole di punti ed ortofoto ottenute con questa tecnologia, delle quali si riporta un esempio in Figura 2, possono essere impiegate come dato di origine per creare il modello BIM (*Building Information Model*), fondamentale per manutenzioni e ristrutturazioni edilizie. Inoltre, si sono rivelate utili anche nella gestione di infrastrutture e nel fornire supporto



Fig. 2 - Nuvola di punti (in alto) e ortofoto (in basso) del piano terra dell'edificio dei Rizzi dell'Università degli Studi di Udine. I risultati sono stati ottenuti con strumento laser scanner portatile.

per l'analisi dell'occupazione di edifici in una situazione di emergenza come quella imposta dalla pandemia da COVID-19 (Comai et al., 2020). Il grande vantaggio di tale tecnologia risiede nel fatto di poterla applicare anche in assenza di sistemi esterni di localizzazione basati sul posizionamento satellitare GNSS. Il cuore dei dispositivi di rilievo portatili è infatti rappresentato dagli algoritmi di localizzazione e mappatura simultanea (*Simultaneous Localization and Mapping - SLAM*), metodi nati nel

campo della Robotica grazie ai quali il sensore costruisce la mappa 3D dell'ambiente che lo circonda e al tempo stesso stima la sua posizione all'interno di tale ambiente, senza la necessità di segnale GNSS. Il proficuo dialogo tra Geomatica e Robotica ci sta conducendo verso un futuro, in parte già presente, caratterizzato da una sempre maggiore automazione della fase di rilievo, con i dispositivi di acquisizione (come laser scanner e fotocamere) montati su una piattaforma robotica che può essere controllata da remoto

attraverso l'area di interesse o eseguire la mappatura richiesta in modo autonomo sfruttando metodi di pianificazione del percorso (*path planning*) in ambiente noto o ignoto. Un esempio di piattaforma mobile equipaggiata con sensori attivi e passivi per operazioni di rilievo in tempo reale è rappresentata in Figura 3.

Negli ultimi anni, stiamo assistendo ad una proliferazione di casi studio in svariati campi di applicazione che hanno visto come protagonisti i robot mobili, utilizzati al posto di un operatore umano ad esempio per operazioni di esplorazione ed ispezione in ambienti accidentati, di difficile accesso o pericolosi, garantendo sicurezza e allo stesso tempo flessibilità. In agricoltura, sistemi robotici cingolati o su ruote vengono proposti come supporto meccanico alla semina ed alla raccolta, ma anche per operazioni di mappatura e monitoraggio dello stato delle colture, costituendo così un ausilio fondamentale alla sempre più diffusa pratica dell'agricoltura di precisione. Ultimo ma non meno importante, il rilievo e la digitalizzazione di edifici rappresenta uno dei campi di applicazione più diffuso dei

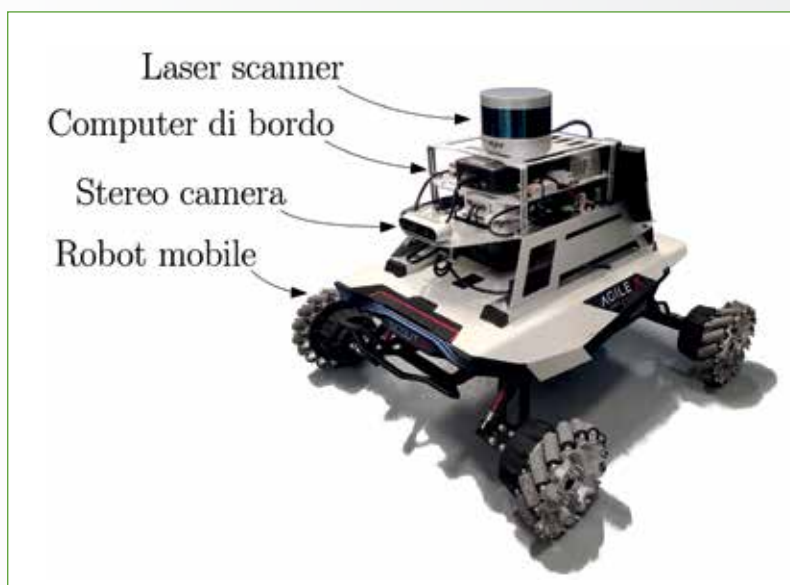


Fig. 3 - Robot mobile equipaggiato con laser scanner, stereo camera e computer di bordo per eseguire rilievi in modo autonomo.



**Fig. 4 - Sistema di mappatura portatile montato su piattaforma mobile. Tale configurazione è stata utilizzata per valutare i vantaggi della piattaforma mobile rispetto al rilievo eseguito manualmente da un operatore.**

sistemi robotici mobili, che possono essere impiegati anche in flotta per una mappatura coordinata più efficiente su grande scala. Un esempio di utilizzo di una piattaforma mobile su cui è montato un sistema laser scanner portatile (Figura 4) per la mappatura di ambienti *indoor* è riportato in (Maset et al., 2022). Tale lavoro mette in luce i vantaggi del rilievo con piattaforma mobile rispetto allo stesso realizzato manualmente da un operatore, evidenziando anche un ridotto livello di rumorosità della nuvola di punti risultante ed una maggiore uniformità nella distribuzione spaziale del dato. Un aspetto fondamentale da tenere in considerazione nell'uso dei sistemi di scansione mobile autonomi è proprio la valutazione quantitativa di precisione e accuratezza del modello

3D ottenuto. Infatti, la qualità della nuvola di punti finale è il pilastro fondamentale per la successiva estrazione di informazioni metriche della scena e, eventualmente, del modello BIM. Spesso questa analisi passa in secondo piano rispetto alla valutazione delle prestazioni del robot mobile e del grado di automazione garantito dagli algoritmi di navigazione: nell'immediato futuro è quindi auspicabile che venga posta maggiore attenzione nei confronti di tale aspetto. Le conoscenze proprie della Geomatica rimangono dunque imprescindibili per ottenere un modello 3D attendibile e accurato. La Robotica non potrà sostituire la Geomatica, ma tramite una sempre più accentuata interdisciplinarietà nell'approccio potranno nascere tecnologie e sistemi per il rilievo capaci di garantire un grado di autonomia e al tempo stesso di accuratezza del rilievo impensabile fino a pochi anni fa. Non resta dunque che attendere per vedere i futuri sviluppi ed i risultati che nasceranno dal connubio tra Geomatica e Robotica. Nel frattempo, nei prossimi numeri di questa rubrica cercheremo di approfondire alcuni aspetti chiave dei metodi di mappatura e localizzazione, e presenteremo applicazioni e tendenze della robotica mobile impiegata per operazioni di rilievo.

#### BIBLIOGRAFIA

Nazioni Unite, Dipartimento per gli affari economici e sociali: *Gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile*. <https://sdgs.un.org/> (2015)  
 Comai, S., Costa, S., Mastrolembo Ventura, S., Vassena, G., Tagliabue, L. C., Simeone, D., Bertuzzi, E., Scurati, G.W., Ferrise, F., Ciribini, A.L.C.: *Indoor mobile mapping system and crowd simulation to support school reopening because of COVID-19: a case study*. 13th GeoInformation for Disaster Management Conference, vol 44, pp. 29–36 (2020)  
 Maset, E., Scalera, L., Beinat, A., Cazorzi, F., Crosilla, F., Fusiello, A., Gasparetto, A.: *Preliminary comparison between handheld and mobile robotic mapping systems*. Proceedings of I4SDG Workshop 2021. Mechanisms and Machine Science, vol 108, Springer, Cham, pp. 290-298 (2022)

#### PAROLE CHIAVE

GEOMATICA; ROBOTICA; MOBILE MAPPING; SLAM; RILIEVO AUTOMATIZZATO

#### ABSTRACT

GEOMATICS AND ROBOTICS: A WINNING COMBINATION TOWARDS THE AUTOMATION OF THE SURVEY  
 The discipline of Geomatics itself is experiencing a phase of profound innovation, resulting from an ever greater integration with technologies and methods developed, among others, in the field of Robotics and of IT.

#### AUTORE

ELEONORA MASET  
 ELEONORA.MASET@UNIUD.IT

LORENZO SCALERA  
 LORENZO.SCALERA@UNIUD.IT

DPIA – DIPARTIMENTO POLITECNICO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE  
 VIA DELLE SCIENZE 206, 33100 UDINE