

SLAM, INTELLIGENZA ARTIFICIALE E ROBOTICA PER LA MAPPATURA DI AMBIENTI AFFOLLATI

di Eleonora Maset
e Lorenzo Scalera

La contaminazione tra fotogrammetria e computer vision è un processo che ha avuto inizio almeno un decennio fa e si trova ora in una fase matura, sebbene non ancora completa. Inoltre, stiamo attualmente assistendo all'ingresso di tecnologie derivanti dalla robotica nel campo della topografia, come ad esempio i sistemi portatili di mappatura mobile (MMS - *Mobile Mapping Systems*).

Infatti, il caso di un operatore umano equipaggiato con sensori laser o telecamere che si muove nell'ambiente allo scopo di effettuare un rilievo è del tutto analogo a quello di un robot che si muove in un ambiente sconosciuto per ottenerne una rappresentazione spaziale (mappatura). Una differenza è che il robot, per potersi muovere, deve contemporaneamente risolvere il problema di localizzazione all'interno di quell'ambiente sconosciuto, ovvero il problema noto come SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*).

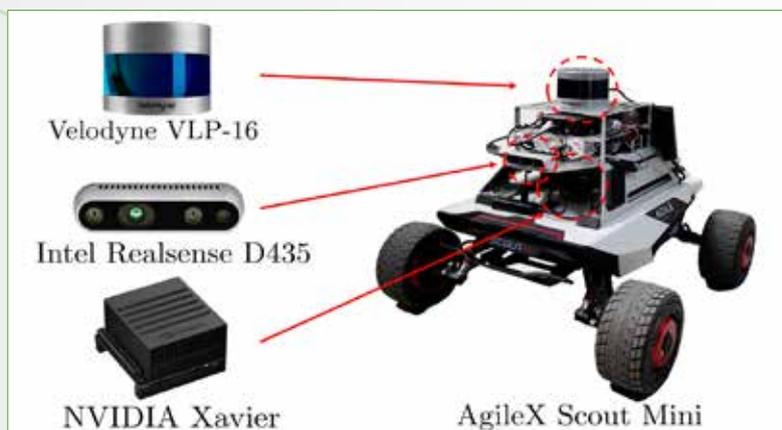


Fig. 1 - Robot mobile utilizzato all'Università degli Studi di Udine per il rilievo autonomo.

I sistemi di mappatura portatili, abbinati alla tecnologia SLAM, hanno recentemente rivoluzionato il rilievo in ambienti privi di segnale satellitare GNSS, spinti dalla crescente richiesta di modelli 3D aggiornati e ad alta risoluzione di edifici e infrastrutture (Maset et al., 2022). Oggi, un operatore può semplicemente portare o "indossare" lo strumento di rilievo mentre cammina attraverso la zona di interesse per ottenere una nuvola di punti dell'ambiente circostante, punto di partenza fondamentale per la creazione di gemelli digitali (digital twins) e la ricostruzione del modello BIM degli edifici. Un ulteriore passo verso l'automazione delle operazioni di rilevamento può essere fatto grazie alla robotica e all'intelligenza artificiale. I robot mobili, o droni terrestri, dotati di strumenti per il rilievo, sono infatti sempre più utilizzati per la digitalizzazione degli edifici (Adán et al., 2019, Maset et al., 2022). Guidati da remoto o autonomi nella navigazione, queste soluzioni rappresenteranno

no nel prossimo futuro un aiuto fondamentale per un rilevamento più efficiente, veloce e preciso. Nonostante i grandi passi compiuti dalla geomatica e dalla robotica in questo settore negli ultimi anni, sono ancora molti i problemi che devono essere affrontati e che richiedono miglioramenti significativi della tecnologia e degli algoritmi, per poter garantire una diffusione capillare dei sistemi di scansione autonomi. Come suggerito da Adán et al. (2019), gli sforzi dovrebbero concentrarsi sull'analisi quantitativa della precisione dei modelli 3D ottenibili con tali sistemi (punto cruciale per un loro impiego per finalità topografiche), sull'implementazione di algoritmi di pianificazione del percorso più efficienti dal punto di vista computazionale, e sull'aumento del grado di autonomia delle piattaforme robotiche mobili in scenari complessi e dinamici. Infatti, i sistemi di mappatura robotici vengono principalmente testati in ambienti interni spesso vuoti, statici e senza la presenza di

persone. Durante la scansione di un edificio o di un ambiente indoor, una delle principali fonti di incertezza e di lacune nei dati è legata alle occlusioni, che si generano ad esempio per la presenza di arredamento e oggetti in generale. Per limitare tali problematiche, è ovviamente necessario effettuare molte scansioni da punti di vista differenti. Il problema diventa ancor più complesso quando sono presenti delle persone, potenzialmente in movimento. Per questo motivo, nell'ambito dei sistemi di mappatura autonomi basati su robot mobili, è fondamentale sviluppare tecniche di acquisizione che consentano di evitare ostruzioni e, al tempo stesso, di rimuovere automaticamente oggetti indesiderati dalla mappa finale.

A tal fine, all'Università degli Studi di Udine è stato recentemente proposto un sistema di rilievo basato su un robot mobile autonomo equipaggiato con un sensore LiDAR e una fotocamera RGB, in grado di gestire la presenza delle persone (Figura 1). Grazie ad un approccio basato sull'intelligenza artificiale e, più nello specifico, su tecniche di *deep learning*, viene identificata automaticamente la posizione delle persone nell'ambiente rilevato, e pianificato un nuovo percorso che porta il robot a scansionare le zone occluse, al fine di ottenere una nuvola di punti completa dell'area di interesse (Tiozzo Fasiolo et al., 2022).

Più nel dettaglio, il processo si articola nei tre passaggi principali seguenti (e può essere ripetuto fino a quando non si ottiene una nuvola di punti completa e priva di persone):

1. *Rilievo iniziale dell'area.* Un primo modello basato sui dati del sensore LiDAR viene acquisito grazie al robot

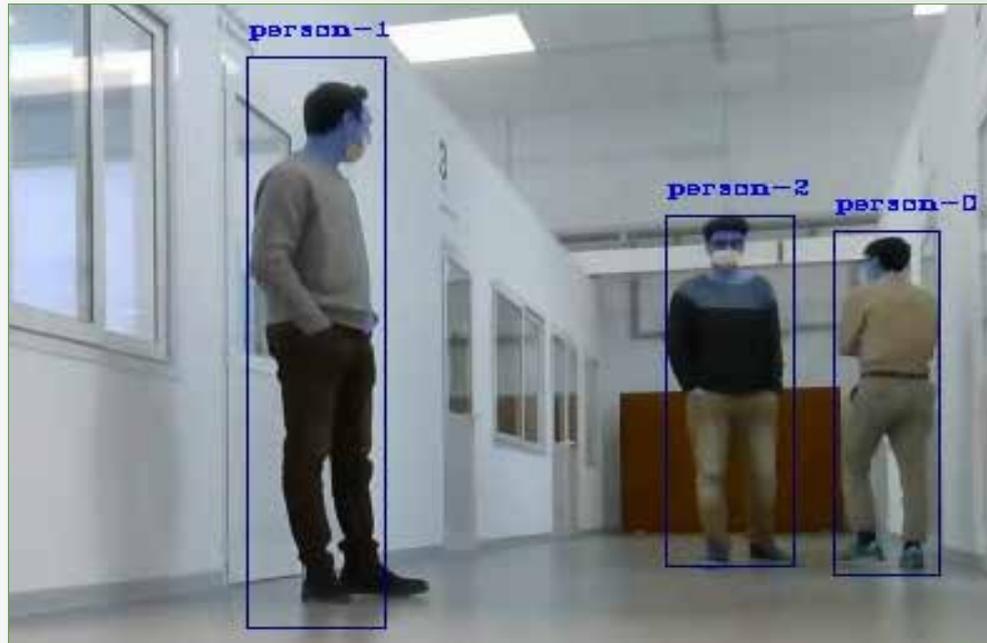


Fig. 2 - Esempio di riconoscimento di persone su un'immagine tramite rete neurale CNN.

mobile che esplora autonomamente l'ambiente, muovendosi verso zone non ancora mappate utilizzando un algoritmo di ricerca della frontiera. Simultaneamente, la fotocamera acquisisce le immagini dell'ambiente, potenzialmente affollato.

2. *Individuazione delle persone.* Contestualmente all'esplorazione, l'identificazione delle

persone viene effettuata sulle immagini RGB sfruttando una Rete Neurale Convolutionale (CNN) sviluppata per la rilevazione degli oggetti (Figura 2). Integrando quindi opportunamente le informazioni sulla posizione delle persone nelle immagini, i relativi valori di distanza misurati dal sensore LiDAR, la posa del robot mobile ottenuta tramite



Fig. 3 - Esempio di ambiente mappato autonomamente dal sistema robotico mobile.

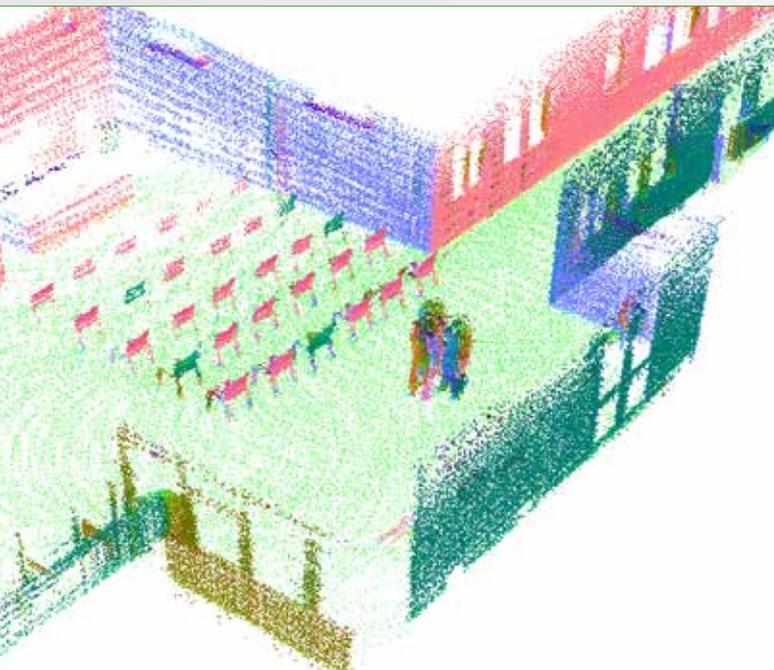


Fig. 4 - Nuvola di punti dell'ambiente rilevato ottenuta in presenza di persone.

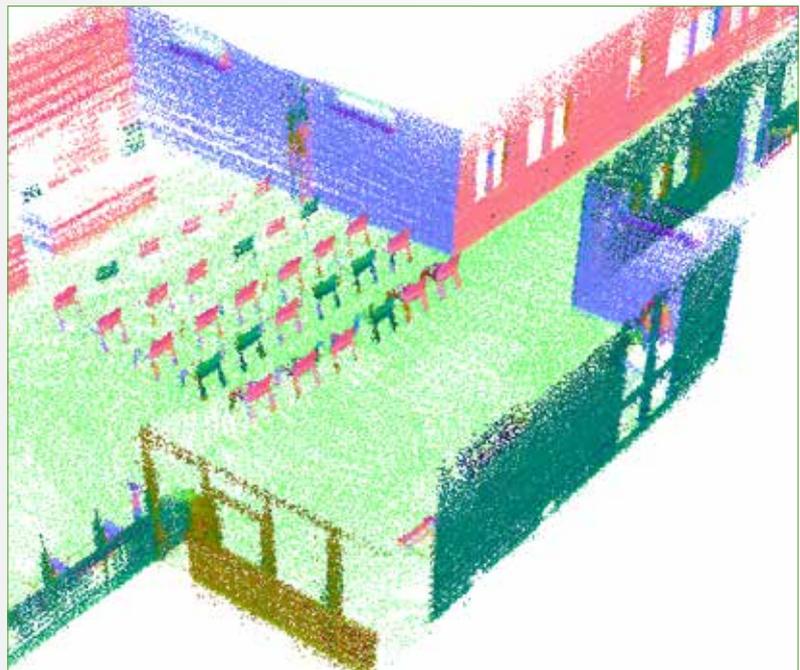


Fig. 5 - Nuvola di punti finale dopo la rimozione automatica dei punti corrispondenti alle persone e la successiva rimappatura delle aree precedentemente occluse.

un algoritmo SLAM e le trasformazioni relative note tra i sistemi di riferimento del sensore LiDAR, della fotocamera e del robot stesso, è possibile stimare la posizione 3D delle persone nell'ambiente. Il volume occupato dalla persona viene semplificato come un parallelepipedo di dimensioni fissate, e tutti i punti misurati dal sensore LiDAR che ricadono al suo interno vengono automaticamente eliminati dalla mappa globale. Inoltre, la posizione della persona nell'ambiente diventa un punto che il robot dovrà rivisitare in seguito.

3. *Rimappatura delle superfici occluse.* In una sessione di rilievo successiva, il robot mobile naviga autonomamente nelle posizioni da cui precedentemente sono state viste le persone, al fine di mappare nuovamente le regioni dell'ambiente precedentemente occluse. Il modello finale viene quindi ottenuto unendo le nuvole di punti acquisite in momenti diversi.

I test sperimentali condotti in diversi contesti affollati dimostrano

l'applicabilità dell'approccio e la fattibilità dell'implementazione. Le Figure 3, 4 e 5 illustrano un esempio di rilievo 3D di un ambiente interno in presenza di persone. Il primo modello ottenuto, rappresentato in Figura 4, è caratterizzato da punti indesiderati, dovuti alla presenza delle persone. Questo è stato poi aggiornato automaticamente dal sistema di mappatura robotico, rimuovendo i punti e rimappando l'area interessata dalla presenza delle persone. Come si può notare in Figura 5, il risultato è una nuvola completa e priva di punti spuri. L'approccio e i risultati ottenuti sono riassunti nel video al link <https://youtu.be/nslraeiyeUM>.

Le potenzialità del metodo sono già evidenti, ma sono in fase di studio ulteriori possibili sviluppi, che auspicabilmente porteranno a gestire il rilievo automatizzato in situazioni ancor più complesse dei casi studio fino ad ora analizzati.

BIBLIOGRAFIA

- Adán, A., Quintana, B., Prieto, S. A., 2019. Autonomous mobile scanning systems for the digitization of buildings: A review. *Remote Sensing*, 11(3), 306.
- Tiozzo Fasiolo, D., Maset, E., Scalera, L., Macaulay, S. O., Gasparetto, A., Fusiello, A. (2022). Combining LiDAR SLAM and deep learning-based people detection for autonomous indoor mapping in a crowded environment. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 447-452.
- Maset, E., Scalera, L., Beinat, A., Visintini, D., Gasparetto, A. (2022). Performance investigation and repeatability assessment of a mobile robotic system for 3D mapping. *Robotics*, 11(3), 54.

PAROLE CHIAVE

SLAM; ROBOTICA; LiDAR; RETE NEURALI; INTELLIGENZA ARTIFICIALE

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

GISTAM 2023

9th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management

Prague, Czech Republic
25-27 April, 2023

The International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management aims at creating a meeting point of researchers and practitioners that address new challenges in geo-spatial data sensing, observation, representation, processing, visualization, sharing and managing, in all aspects concerning both information communication and technologies (ICT) as well as management information systems and knowledge-based systems. The conference welcomes original papers of either practical or theoretical nature, presenting research or applications, of specialized or interdisciplinary nature, addressing any aspect of geographic information systems and technologies.

CONFERENCE AREAS

- Data Acquisition and Processing
- Remote Sensing
- Modeling, Representation and Visualization
- Knowledge Extraction and Management
- Domain Applications

MORE INFORMATION AT: [HTTPS://GISTAM.SCITEVENTS.ORG/](https://gistam.scitevents.org/)

UPCOMING SUBMISSION DEADLINES

REGULAR PAPER SUBMISSION: **NOVEMBER 18, 2022**

POSITION PAPER SUBMISSION: **JANUARY 19, 2023**



SPONSORED BY:



INSTICC IS MEMBER OF:



LOGISTICS:



PAPERS WILL BE AVAILABLE AT:



POST PUBLICATIONS:



IN COOPERATION WITH:



PROCEEDINGS WILL BE SUBMITTED FOR INDEXATION BY:



Scan and connect to:
gistam.scitevents.org



Il Lago Poyang in Cina

Questa immagine Copernicus Sentinel-2 mostra il lago Poyang nella provincia Jiangxi in Cina ed è stata acquisita durante la stagione invernale.

In estate il lago Poyang in Cina è il più grande bacino di acqua potabile, ma nella stagione secca si reduce a meno di un terzo delle dimensioni massime. Come appare chiaramente nell'immagine - catturata il 31 gennaio 2023 - il ritiro delle acque si lascia alle spalle un sistema di zone umide e distese fangose, che costituiscono un importante habitat per uccelli acquatici migratori.

Quella del Poyang è una delle più importanti aree della Cina adibite alla produzione del riso, sebbene gli abitanti locali debbano far fronte a notevoli cambiamenti stagionali del livello dell'acqua, innalzato da regolari e gravi inondazioni.

I satelliti sono stati utilizzati per monitorare l'evoluzione del lago, giacché l'aumento di conoscenze delle dinamiche annuali del Poyang può essere di grande aiuto nella mitigazione delle inondazioni.

In questa immagine in falsi-colori sono state combinate radiazione visibile con quella infrarossa. Questa combinazione permette una facile identificazione dei bacini idrici, la distinzione dei vari tipi di coltivazioni e consente inoltre di differenziare lo stato delle vegetazioni. Siccome i bacini idrici assorbono l'infrarosso, acque poco profonde con una elevata concentrazione di sedimenti appaiono in varie tonalità di blu, mentre i fiumi appaiono in nero.

Il fiume Gan, visibile nell'angolo in basso a sinistra, si riversa verso nord dentro il lago Poyang, attraversando la città di Nanchang, capitale della provincia dello Jiangxi.

Il terreno secco esposto nel bacino del lago appare in marrone chiaro. In contrasto, le zone agricole e le foreste emergono con vibranti tonalità di verde. Nella parte più bassa dell'immagine si può osservare un denso sistema di canalizzazione che alimenta i campi coltivati, che si possono riconoscere come forme rettangolari incastonate all'interno dei canali. Alcuni campi appaiono con una sfumatura blu, fatto che indica che sono impregnati d'acqua.

Traduzione a cura di Gianluca Pititto
Crediti immagine: ESA.

