

# Fotogrammetria topografica e subacquea per la modellazione 3D georeferenziata unificata

<sup>1</sup>Ali Alakbar Karaki, <sup>1</sup>Stefano Cunietti, <sup>1</sup>Ilaria Ferrando, <sup>1</sup>Domenico Sguerso

<sup>1</sup>Geomatics Laboratory, Department of Civil, Chemical and Environmental Engineering (DICCA), University of Genoa, 16145, Genoa, Italy

## Introduzione

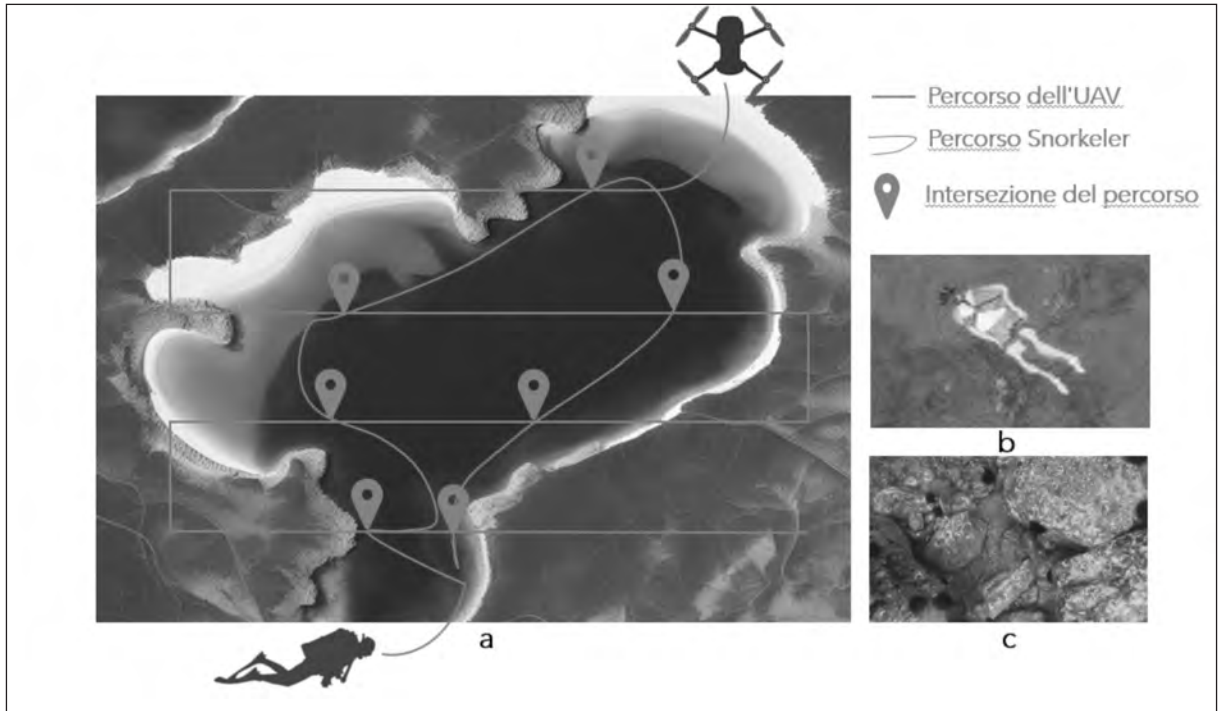
La fotogrammetria è emersa come strumento fondamentale in numerose discipline, illustrando il modo in cui comprendiamo e interagiamo con l'ambiente circostante. L'articolo presenta una metodologia innovativa che integra la fotogrammetria topografica tramite un veicolo aereo senza pilota (UAV) con la fotogrammetria subacquea. Questa metodologia trova ampie applicazioni in campi quali il rilevamento, la cartografia, l'archeologia, la geologia e il monitoraggio ambientale. La sua capacità di ricostruire modelli tridimensionali accurati (Obanawa et al., 2020) a partire da immagini bidimensionali ha spinto questo strumento all'avanguardia della moderna analisi geospaziale e a realizzare un approccio interdisciplinare (Karaki et al., 2022). L'integrazione di queste due applicazioni, la fotogrammetria topografica e subacquea, rappresenta un'importante opportunità per creare un quadro unificato per l'analisi geospaziale delle aree costiere, fornendo un modello 3D continuo per l'ambiente emerso e sommerso.

## Area di studio e metodi

Il metodo proposto integra la fotogrammetria topografica da UAV con la fotogrammetria subacquea eseguita da uno snorkeler, con l'obiettivo di combinare dati provenienti da ambienti diversi in un modello 3D coerente e georeferenziato. Gli elementi chiave includono la fotogrammetria topografica basata su UAV e la fotogrammetria subacquea condotta da uno snorkeler. Lo snorkeler, una fotocamera subacquea e un marker rivolto verso l'alto, funge da GCP dinamico rispetto all'UAV. La metodologia si basa sulla localizzazione fotogrammetrica della posizione dello snorkeler, in sostituzione del sistema di navigazione globale (GPS). Le tecniche di elaborazione delle immagini determinano la posizione dello snorkeler e calcolano le coordinate della fotocamera durante la raccolta dei dati subacquei, con il supporto di ortofoto che armonizzano le informazioni spaziali aeree. Collegando questi approcci, questo studio fa progredire la modellazione geospaziale, ampliando le possibilità di valutazione globale del paesaggio. Per fornire una comprensione più chiara della metodologia, abbiamo fatto un'applicazione attraverso un caso di studio pratico a Sestri Levante e abbiamo acquisito i dati provenienti dall'UAV e dallo snorkeler e, attraverso l'elaborazione dei dati, abbiamo stimato la posizione dello snorkeler al fine di collegare entrambi gli ambienti.

## Risultati e discussione

L'implementazione della metodologia proposta ha dato risultati degni di nota, evidenziando l'efficacia e l'adattabilità dell'approccio nella fusione di dati provenienti da ambienti diversi. L'ordine di fusione dei dati è stato correlato alla stima accurata della posizione dello snorkeler e, come risulta dall'applicazione sul campo, la stima del posizionamento dello snorkeler è stata paragonabile all'ordine di errore delle ortofoto ottenute provenienti da UAV, non superiore a pochi centimetri. La valutazione dell'errore è stata effettuata mediante processi di Bundle Block Adjustment. Quindi, attraverso l'impiego



**Figura 1** L'integrazione tra fotogrammetria topografica e subacquea; (a) mostra l'intersezione dei percorsi; (b) snorkeler rilevato dall'UAV; (c) immagine subacquea

sistematico della fotogrammetria topografica da UAV e della fotogrammetria subacquea simultanea da parte degli snorkelisti, è stato possibile creare un modello coerente e georeferenziato che integra i paesaggi terrestri e quelli acquatici.

### Conclusioni

Il successo di questa metodologia dipende dall'abile integrazione di più componenti, tra cui una precisa pianificazione del percorso di volo per gli UAV, metodi innovativi di acquisizione dei dati subacquei e tecniche di elaborazione delle immagini. Attraverso la generazione di ortofoto e modelli georeferenziati, la metodologia non solo dimostra la sua efficacia in termini di posizionamento, ma rafforza anche la sua applicabilità in diversi contesti interdisciplinari.

### Bibliografia

- Karaki, A.A., Bibuli, M., Caccia, M., Ferrando, I., Gagliolo, S., Odetti, A. and Sguerso, D., 2022. Multi-platforms and multi sensors integrated survey for the submerged and emerged areas. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(6), p.753.
- Obanawa, H., Tabayashi, Y., Murakami, T., Kohno, H., Shimokawa, S. and Mizutani, A., 2020. Underwater three dimensional measurements. *Geophysical Approach to Marine Coastal Ecology: The Case of Iriomote Island, Japan*, pp.139-151.