

## Mappatura di ecosistemi marini mediante immagini ottiche acquisite da UUV

Mattia Carello<sup>1</sup>[0000-0002-5262-7409], Alessandro Lambertini<sup>1</sup>[0000-0002-5896-1088]\*,  
e Luca Vittuari<sup>1</sup>[0000-0002-9815-1004]

<sup>1</sup> DICAM – Università di Bologna,  
(mattia.carello, alessandro.lambertini, luca.vittuari)@unibo.it

**Abstract.** La mappatura degli ecosistemi marini per una pesca sostenibile è l'obiettivo principale del progetto *Interreg Italia-Croazia SUSHI DROP* (acronimo di: *Sustainable fISheries wIth DRONes data Processing*). Ad oggi, lo studio di questi ecosistemi presenta diverse criticità rispetto all'ambiente terrestre e per questo motivo solo una piccola percentuale di queste aree è stata oggetto di missioni di rilievo e mappatura in dettaglio. Alcuni dei problemi riguardano le condizioni dell'ambiente sottomarino che è ostile e pericoloso per le operazioni subacquee in cui sono coinvolti operatori umani: profondità superiori ai 40m, presenza di ambienti ostili per le basse temperature, sversamento di inquinanti, presenza di fauna pericolosa. Altri problemi riguardano la logistica e di conseguenza le difficoltà economiche: le missioni di rilevamento subacqueo richiedono in genere una strumentazione particolarmente onerosa. Uno dei principali risultati del progetto *SUSHI DROP* è stato lo sviluppo di un prototipo funzionante di *Unmanned Underwater Vehicle* (UUV), realizzato in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ingegneria del Mare (CNR—INM). Il prototipo di UUV, denominato *Blucy*, è stato appositamente progettato per il rilievo della zona bentonica con tecniche non invasive rispetto all'uso di reti a strascico [1]. Gli UUV sono infatti piattaforme efficienti per l'esplorazione marina e risolvono i principali problemi nel rilevamento di ambienti sommersi. *Blucy* è stato testato con successo nelle acque profonde del mare Adriatico. L'UUV in oggetto è progettato per essere utilizzato in due modalità tra loro complementari: come *Remotely Operated Vehicle* (ROV) per missioni in ambienti complessi o come *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) per consentire rilievi strumentali automatici di ampie porzioni di mare. L'equipaggiamento di bordo dell'UUV comprende molteplici strumenti scientifici dedicati allo studio di importanti parametri dell'ambiente sottomarino (conducibilità, temperatura, pressione e velocità del suono), strumentazione per il posizionamento di precisione avanzata, sensori passivi e attivi per il rilevamento dell'ambiente sottomarino in grado di raccogliere informazioni sulle popolazioni e comunità di pesci. La mappatura degli habitat rappresenta un ottimo strumento per stimare l'impronta antropica e valutare le condizioni fisico-chimico-biologiche in cui le comunità ittiche si ritrovano. Con le moderne tecniche della geomatica è possibile realizzare un modello tridimensionale dell'ambiente rilevato mediante procedure non invasive. Una delle tecniche più utilizzate è la *Structure from Motion* (SfM), che consente di elaborare sequenze di fotogrammi realizzando una rappresentazione tridimensionale della scena osservata, fornendo allo stesso tempo

indicazioni qualitative e quantitative sulle condizioni degli organismi nei fondali marini. A bordo di *Blucy*, la fotocamera ottica ad alta risoluzione è installata sul fondo dell'UUV, orientata nadirale, per consentire l'acquisizione di immagini del fondale marino. La fotocamera ed il suo obiettivo sono contenuti all'interno di un cilindro metallico a tenuta stagna che presenta un foro coperto da uno spesso vetro piatto oltre il quale osservare il fondale. Questa configurazione, oltre alle caratteristiche dell'ambiente subacqueo, introduce necessariamente degli errori nei fotogrammi che potrebbero deteriorare la qualità degli elaborati ottenuti mediante tecniche di SfM. Per garantire i migliori risultati all'elaborazione dei dati è necessario prevedere una calibrazione della fotocamera che tenga conto della configurazione di installazione e del tipo di ambiente marino. A tal scopo è stato creato un toolbox di calibrazione della camera, basato su software open source, in grado di correggere questi errori. Una peculiarità di questo approccio per la calibrazione è lo svolgimento della procedura in aria, senza la necessità di effettuarla in immersione, risultando quindi particolarmente agevole. Il modello di correzione degli errori è basato su Pinax [2] e l'elaborazione eseguita si appoggia sul software di calcolo scientifico open source Octave [3]. Con le opportune correzioni calcolate dal toolbox, i fotogrammi andranno ad alimentare la pipeline SfM. Verranno confrontati i risultati in termini di densità della nuvola dei punti e di errore di riproiezione dei pixel, nel caso di calibrazione tradizionale e nel caso di calibrazione con il toolbox, evidenziando il miglioramento ottenuto utilizzando il toolbox in oggetto.

## Riferimenti bibliografici

1. Lambertini A, Menghini M, Cimini J, Odetti A, Bruzzone G, Bibuli M, Mandanici E, Vittuari L, Castaldi P, Caccia M, De Marchi L. Underwater Drone Architecture for Marine Digital Twin: Lessons Learned from SUSHI DROP Project. *Sensors* 22(3), 744 (2022). <https://doi.org/10.3390/s22030744>
2. Łuczyński T, Pfiingstorn M, Birk A. The Pinax-model for accurate and efficient refraction correction of underwater cameras in flat-pane housings. *Ocean Engineering* 133, 9-22 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.01.029>
3. Eaton J W, Bateman D, Hauberg S, Wehbring R. GNU Octave version 6.4.0 manual: a high-level interactive language for numerical computations (2021). <https://octave.org/octave.pdf>