

Robot marini autonomi per analisi batimetriche e mappature intelligenti dei fondali

Alessandro Ridolfi^{1,2,*}, Nicola Secciani^{1,2}, Mascha Stroobant³, Matteo Franchi^{1,2}, Leonardo Zacchini^{1,2}, Riccardo Costanzi^{1,4}, Giovanni Peralta^{1,4}, Luigi E. Cipriani⁵

*alessandro.ridolfi@unifi.it

¹Interuniversity Center of Integrated Systems for the Marine Environment (ISME)

²Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze (DIEF)

³Area Ricerca e Trasferimento Tecnologico, Unità Progetti di Ricerca, Università degli Studi di Firenze

⁴Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Centro di Ricerca "E. Piaggio", Università di Pisa

⁵Direzione "Difesa del Suolo e Protezione Civile" - "Tutela Acqua, Territorio e Costa", Regione Toscana

Introduzione

L'impatto di eventi meteorologici straordinari è un argomento cruciale quando si parla di conservazione e gestione dell'ambiente marino-costiero. Questi negli ultimi anni stanno diventando, come conseguenza del riscaldamento globale, non solo più frequenti ma anche più violenti. Il sovrapporsi di questi ai normali processi geomorfologici fa sì che le zone costiere siano sottoposte ad un'ampia gamma di processi caratterizzati da scale temporali e spaziali molto diverse. La pianificazione e la gestione delle zone litorali richiede pertanto una conoscenza puntuale dei fenomeni che le caratterizzano (Bartolini et al., 2018). Il monitoraggio periodico è un'attività vitale e funzionale, ma effettuato nella sua modalità standard di solito non fornisce informazioni che possano supportare efficacemente il processo decisionale di breve periodo. Tali operazioni risentono infatti di una considerevole complessità logistica e di costi elevati poiché, generalmente, comportano l'impiego di aeromobili o veicoli marittimi dotati di sensori specifici. Inoltre, la disponibilità di tali mezzi non è sempre garantita; pertanto, condurre tali campagne di monitoraggio richiede solitamente una lunga pianificazione. Di conseguenza, raccogliere informazioni subito prima o subito dopo un evento di interesse (ad esempio, una tempesta particolarmente violenta) rimane difficile da realizzare. Da questa difficoltà deriva spesso la perdita di dati cruciali per migliorare i modelli incaricati di prevedere fenomeni come la distribuzione dei sedimenti, i cambiamenti volumetrici e la migrazione delle barre.

Il potenziale della robotica marina

Dispositivi robotici compatti, come ad esempio veicoli autonomi di superficie (ASV), veicoli subacquei autonomi (AUV) e veicoli a comando remoto (ROV), possono rappresentare una valida alternativa e una soluzione a tale problematica. Negli ultimi decenni, questi veicoli sono diventati sempre più compatti e robusti. Inoltre, sono ora in grado di eseguire rilievi frequenti, rapidi e completamente autonomi grazie a strategie di rilevamento ottimizzate. ASV, AUV e ROV sono tutti in grado di trasportare un'ampia varietà di sensori, alcuni dei quali servono alla navigazione e altri, il cosiddetto "payload", che invece vengono utilizzati per la raccolta di dati sensibili sull'ambiente. Uno degli aspetti più importanti della robotica marina è rappresentato dalla strategia di navigazione intesa come la stima in tempo reale della posizione, dell'orientamento e della velocità del veicolo. Infatti, il segnale GNSS non è un'opzione negli ambienti subacquei a causa della nota proprietà dell'acqua di assorbire altamente le onde elettromagnetiche. L'importanza di questo aspetto va oltre la capacità di muoversi agevolmente lungo il percorso desiderato: riguarda anche la capacità di geo-referenziare i dati acquisiti. Le moderne tecniche di navigazione coinvolgono comunemente approcci di sensor fusion che fondono i dati provenienti dai vari sensori equipaggiati secondo l'approccio di Kalman (Bresciani et al., 2020). I tipici sensori su cui si fa affidamento per la navigazione sono i Doppler Velocity Logs (DVL) che misurano la velocità del veicolo e le Inertial Measurements Units (IMU) che forniscono dati inerziali (come accelerazioni, velocità angolari e, nella maggior parte dei casi, anche riferimenti magnetici). Per quanto riguarda il payload è invece possibile equipaggiare sensori acustici, come Side Scan Sonars

(SSS), Multi-Beam Echo Sounders (MBES), o Single-Beam Echo Sounders (SBES), oppure ottici, come camere subacquee. In ambienti dove la torbidità dell'acqua è molto bassa, i cambiamenti di luce sono poco frequenti e nei casi in cui si necessiti informazioni sul colore si ricorre ai sensori di tipo ottico; quando invece queste condizioni non sono soddisfatte si preferisce utilizzare sensori di tipo acustico. È inoltre possibile utilizzare contemporaneamente entrambe le tipologie di sensore per fondere poi in post-processing i dati raccolti al fine di migliorarne la qualità. Attraverso l'utilizzo di questa sensoristica è possibile ricavare informazioni interessanti nella forma di mosaici ottici o acustici, oppure mappe batimetriche (vedi Figura 1)(Franchi et al., 2018). Un'ultima importante caratteristica dei droni marini è la capacità di ottimizzare le missioni in maniera autonoma per massimizzare la copertura dell'area da investigare, evitare ostacoli o aree pericolose, oppure minimizzare il consumo energetico o il tempo missione. Generalmente si ricorre a due tipi di approcci: *combinatorial planning*, se si ha conoscenza a priori del sito, oppure *sampling-based planning*, se viceversa, l'ambiente da esplorare non è conosciuto.

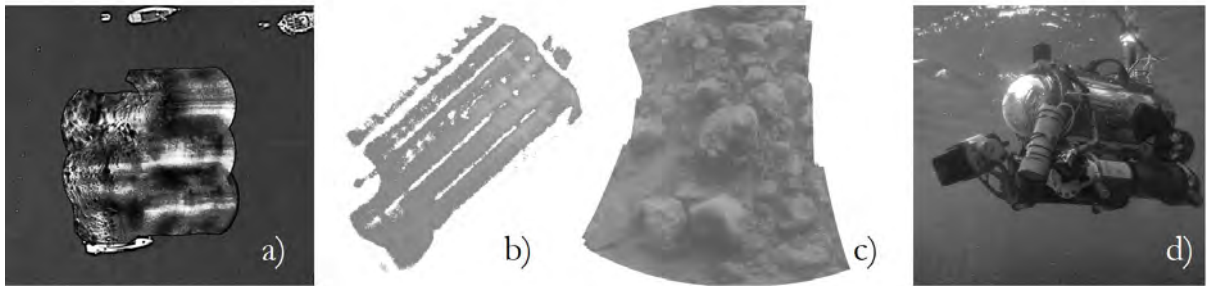


Figura 1. Un esempio di: a) mosaico acustico, b) nuvola di punti batimetrica, c) mosaico ottico acquisiti con FeelHippo d), l'AUV compatto realizzato dal Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Firenze.

Discussione e conclusioni

L'uso di questi veicoli robotici per integrare le attuali strategie di monitoraggio costiero si presenta come particolarmente promettente, soprattutto quando si considerano gli ambienti microtidali. Le caratteristiche che li rendono complementari alle tecniche standard di monitoraggio riguardano principalmente il tempo di intervento, la ridotta necessità di personale e la possibilità di esplorare aree in acque molto basse e le condizioni di opere di difesa rigida dopo una forte mareggiata. Questi veicoli richiedono generalmente poca logistica e breve preavviso prima dell'impiego sul campo. Ciò significa che possono essere utilizzati sia per indagini intensive (ad esempio, subito dopo un evento estremo o una tempesta) che per il monitoraggio ricorrente. Inoltre, essendo alimentati da algoritmi basati sull'intelligenza artificiale, questi robot possono navigare, raccogliere dati e prendere decisioni autonomamente.

Bibliografia

- Bartolini S. et al. "Augmented virtuality for coastal management: A holistic use of in situ and remote sensing for large scale definition of coastal dynamics." ISPRS International Journal of Geo-Information 7.3 (2018): 92.
- Bresciani M., et al. "Comparative analysis of EKF and Particle Filter performance for an acoustic tracking system for AUVs exploiting bearing-only measurements." Global Oceans 2020: Singapore-US Gulf Coast. IEEE, 2020.
- Franchi M. et al. "A forward-looking sonar-based system for underwater mosaicing and acoustic odometry." 2018 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicle Workshop (AUV). IEEE, 2018.