

# Metodologie della geomatica per l'analisi e lo studio degli interventi di salvaguardia delle linee di costa

Vincenzo Barrile <sup>(a)</sup>, Antonino Fotia <sup>(a)</sup>, Maria Siclari <sup>(a)</sup>, Franco Aliotta <sup>(b)</sup>  
Rosa Ponterio <sup>(b)</sup>,

<sup>(a)</sup> Laboratorio di Geomatica, Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Energia Dell'Ambiente e dei Materiali - DICEAM, Università Mediterranea di Reggio Calabria, 89123 Feo di Vito, Reggio Calabria, Italy

[vincenzo.barrile@unirc.it](mailto:vincenzo.barrile@unirc.it) , [antonino.fotia@unirc.com](mailto:antonino.fotia@unirc.com)

<sup>(b)</sup> CNR-Istituto Processi Chimico-Fisici (sez. Messina), Via G. La Farina 237, 98123 Messina, Italy

[ponterio@ipcf.cnr.it](mailto:ponterio@ipcf.cnr.it), [aliotta@ipcf.cnr.it](mailto:aliotta@ipcf.cnr.it)

## Abstract

Il fenomeno dell'erosione costiera che può essere riconducibile sia a cause naturali che, in particolar modo, agli effetti di numerose cause di natura antropica che agiscono lungo i bacini e versanti (come nel caso di estrazioni in alveo, di invasi artificiali, di rimboschimenti, sistemazioni idrauliche, subsidenza delle aree di pianura per emungimenti, ecc.) o lungo la stessa linea di costa (opere portuali, foci armate, opere di difesa costiera, ecc.), ha portato tutte le istituzioni ad impegnarsi per fronteggiare gli effetti dei fenomeni di dissesto dei litorali.

Da alcuni anni il Laboratorio di Geomatica dell'università Mediterranea di Reggio Calabria sta conducendo, sul territorio della Provincia Reggina, attività di ricerca e studi di geomatica, in relazione al monitoraggio delle linee di costa e delle opere di difesa costiera attraverso l'uso di immagini satellitari, droni (ad oggi anche con un drone sottomarino per realizzare modelli tridimensionali) ed ecoscandagli anche per individuare e tracciare le linee di costa e le linee batimetriche, e

L'obiettivo della presente nota riguarda, nel particolare, la costruzione di un modello 3d del fondale ottenuto tramite tecniche fotogrammetriche su immagini acquisite da drone sottomarino e successiva stima delle precisioni ottenute per confronto con rilievo batimetrico da ecoscandaglio.

## Introduzione

Il fenomeno dell'erosione costiera è una realtà sempre più presente della quale prendere atto, riconducibile a numerose cause sia naturali che antropiche che agiscono lungo bacini e versanti (come nel caso di estrazioni di alveo, di invasi artificiali, di rimboschimenti, sistemazioni idrauliche, subsidenza delle aree di pianura per emungimenti ecc.) o lungo la stessa linea di costa (opere portuali, foci armate, opere di difesa costiera, ecc.) (Komar, 2000). Pertanto lo studio dei cambiamenti del litorale e i processi dell'erosione rivestono un ruolo fondamentale per la pianificazione, il monitoraggio, la tutela e la gestione della

costa in quanto intere comunità hanno sviluppato complessi urbani, infrastrutture viarie, e attività commerciali proprio a ridosso della costa. Il monitoraggio dell'evoluzione delle spiagge diventa quindi punto cardine per ogni politica territoriale in cui sia coinvolta la fascia costiera (Addo, 2013). Nello specifico, l'analisi è stata condotta sulla spiaggia di Bocale (RC), sita sul litorale ionico della provincia di Reggio Calabria e caratterizzata da intensi processi erosivi soprattutto negli ultimi quindici anni. Il monitoraggio di un litorale ed il tratto di mare ad esso antistante riveste un ruolo fondamentale nello studio delle zone costiere e consequenzialmente risulta essere un valido strumento per la definizione delle politiche di intervento nella gestione e tutela della costa.

Ogni intervento progettuale deve essere preceduto da una puntuale analisi dello stato esistente e seguito da un monitoraggio di opportuna durata, allo scopo di verificare le condizioni del progetto e confrontare le condizioni del litorale interessato prima e dopo l'intervento, sia dal punto di vista geometrico che dinamico (Muhammad et. All, 2017). In particolare, il confronto dei risultati previsti per mezzo delle modellazioni adottate e dei rilievi effettuati in questa fase, porterà ad una verifica sia delle variazioni morfologiche sia degli interventi attuati nella zona oggetto di studio, valutandone in particolar modo efficacia e durabilità.



*Figura 1 – Inquadramento territoriale*

Gli obiettivi del monitoraggio effettuato nella presente nota possono essere dunque riassunti in:

- studio dell'evoluzione della linea di costa nel tempo nel tratto interessato attraverso un sistema GIS;
- valutazione dell'efficacia degli interventi di difesa;
- studi del profilo batimetrico (attraverso modello 3D da ROV).

## **RILIEVI ED ELABORAZIONI**

### **Rilievo della spiaggia emersa**

Per poter valutare la variazione della linea di costa nel tempo, sono state acquisite dal WebGis dell'Autorità di bacino regionale, le ortofoto relative al periodo compreso tra 2002-2018, per il paraggio di Bocale. Poiché l'ortofoto relativa all'anno 2018, non presenta l'intervento di difesa

costiera recentemente attuato (marzo 2018), è stato utilizzato un sistema a pilotaggio remoto (UAV), per la realizzazione della stessa.

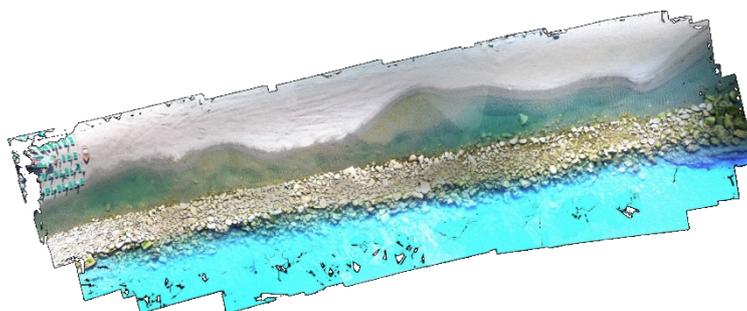
Il modello di drone utilizzato è il Dji Phantom 4 equipaggiato di camera in grado di scattare foto a 20 Megapixel e dotato di motori da 300 Watt. L'angolo del campo visivo è di 110° o di 85°.

Per poter circoscrivere al meglio la zona interessata dal rilievo, si è scelto di programmare due piani di volo con quote differenti (rispettivamente 25 m e 30 m), overlap di acquisizione delle immagini impostato al 60%, inclinazione della camera a 90°. Poiché il territorio presentava elementi facilmente contraddistinguibili (le cui coordinate sono state acquisite tramite GPS) si è proceduto ad utilizzarli come marker.

I fotogrammi acquisiti a quote differenti sono stati elaborati utilizzando il software Agisoft Photoscan.

Nello specifico è stato effettuato il seguente processo di elaborazione (Barrile et al. 2016):

- Caricamento immagini: le immagini acquisite in campo vengono assegnate ad un Chunk per l'elaborazione;
  - Allineamento foto: realizzazione di una Sparse Cloud, costituita da tie point principali comuni a più fotogrammi;
  - Inserimento dei Markers rilevati a terra: inserimento delle coordinate rilevate tramite GPS nei punti di controllo precedentemente scelti, al fine di ottenere una precisione più accurata delle elaborazione delle immagini;
  - Costruzione di una Dense Cloud: ottimizzazione della Sparse Cloud;
  - Elaborazione Mesh: collezione di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma di un oggetto, grazie alla quale si genera una maglia di poligoni che definisce al meglio il nostro elaborato digitale, dando successivamente vita al nostro modello 3D;
  - Creazione del 3D Model Texture: realizzazione della texture e sua parametrizzazione attraverso idoneo algoritmo, al fine di ottenere un modello 3D ancora più dettagliato.
  - Costruzione Ortofoto: tutta la superficie dell'oggetto viene così divisa in parti piane e in parti verticali; attraverso la modalità mapping Ortophoto il programma produce una consistenza della texture più compatta al fine di avere rappresentazioni delle scene planari.
- L'ortofoto ottenuta è riportata in Figura 2.



*Figura 2 – Inquadramento territoriale*

## Elaborazione Gis

Avendo a disposizione le ortofoto storiche (anni 2002-2007-2011-2012-2015-2017-2018) e quella costruita tramite drone, si e' proceduto ad una loro georeferenziazione e alla sovrapposizione degli shapefile della linea di costa dati dalle cartografie alle diverse epoche, rendendo cosi' possibile la visualizzazione di eventuali cambiamenti significativi nel tempo nel tratto di costa interessato (figura 3).

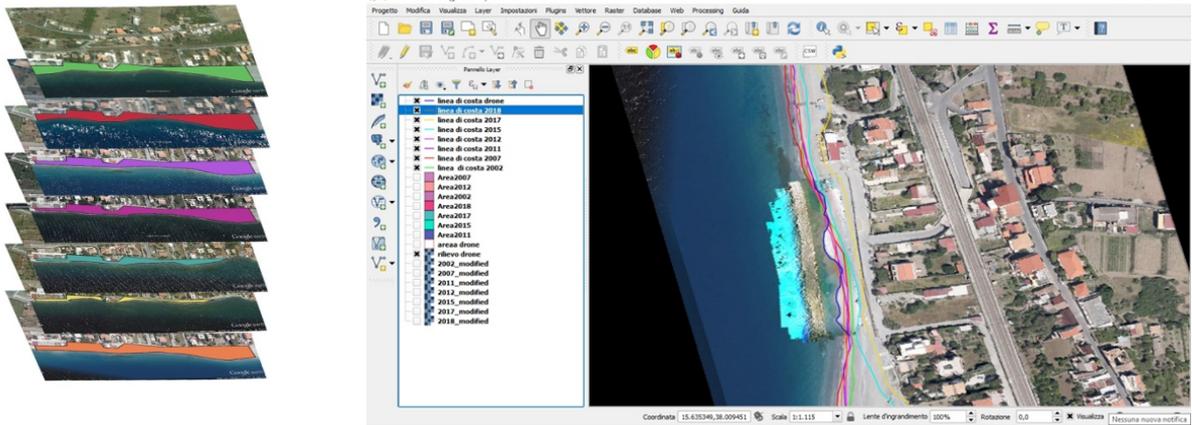


Figura 3 – Sovrapposizioni aree e linee di costa

## RILIEVO SPIAGGIA SOMMERSA

### Rilievo con ROV e con ecoscandaglio

Per quanto riguarda il rilievo della parte sommersa e' stata utilizzata una idonea strumentazione sperimentale (collaborazione del Laboratorio di Geomatica con CNR-IPCF di Messina), cioe' un drone sottomarino altamente performante.



Figura 4 – ROV sperimentale

Lo stesso è costituito da due camere stagne, la prima delle quali (posta a prua del ROV) contiene sia l'elettronica di controllo sia una camera full HD utilizzabile sia per la guida del dispositivo da parte dell'operatore posto in

superficie sia per le riprese e lo scatto di fotografie del fondale; la seconda camera invece (posta a poppa) contiene la batteria di alimentazione. L'elettronica di controllo consiste in un Raspberry PI 3 che si occupa della comunicazione con la superficie, dello streaming video e delle operazioni automatiche di calibrazione. Il ROV è caratterizzato da vari sensori di bordo, i quali sono una IMU a nove assi (tre accelerometri, tre giroscopi, tre magnetometri), un sensore di pressione (collocato esternamente alla camera stagna) ed un odometro integrato nel propulsore di coda.

Grazie all'utilizzo di tale sistema sperimentale, è stato eseguito un rilievo del fondale per poter ricavare una ricostruzione 3D di quest'ultimo e valutare la sua configurazione proprio a ridosso dell'opera di difesa costiera.

Le immagini acquisite dal ROV sono direttamente trasmesse ad un pc collegato al ROV tramite idoneo cavo. Il sistema permette dunque in real time di visualizzare il fondale oggetto di indagine.

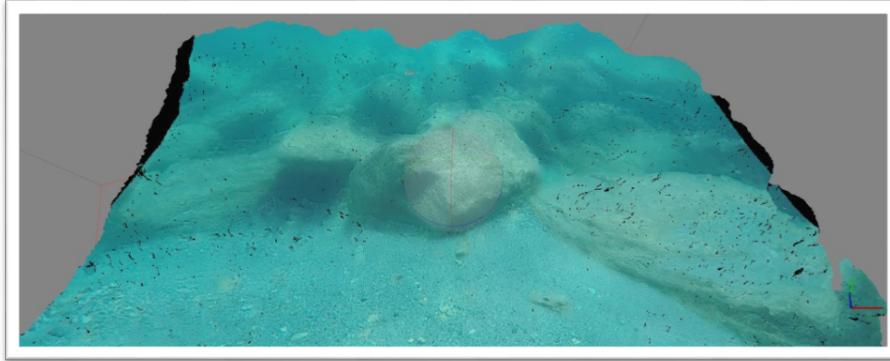


*Figura 5 – Visualizzazione a schermo delle riprese del Rov in movimento*

Il rilievo con il ROV è stato eseguito partendo da una profondità di 4 mt a ridosso della barriera emersa nel paraggio di Bocale. La procedura utilizzata per la ricostruzione del modello 3D (attraverso l'uso del software commerciale Agisoft Photoscan) è la stessa applicata nel paragrafo precedente, al netto del trattamento delle immagini (opportune procedure per il filtraggio e ottimizzazione).

Facendo riferimento ad una maglia di punti opportunamente individuati dal preventivo posizionamento di una griglia sul fondale (di cui è nota sia la distanza dalla barriera sia la profondità) e' stato possibile scalare il modello rendendolo conseguentemente fruibile in termini metrici. (Barrile et al. 2018 a,b) Dai F et al. 2014).

Per quanto riguarda il posizionamento del modello, si è proceduto collegando una boa ad ogni punto della griglia sistemata sul fondale e quindi rilevare le coordinate planimetriche della stessa attraverso GPS Leica GS08 plus, appoggiandosi alla linea di battigia e ai punti utilizzati per la georeferenziazione dell'ortofoto associando successivamente il valore di profondità misurato dalla lunghezza della fune necessaria a mantenere la boa in superficie.



*Figura 6 – Modello 3D del fondale a ridosso della barriera emersa*

Valutata la attendibilità del modello 3D ottenuto (Bhatla et al. 2012) si è quindi proceduto alla determinazione "locale" della batimetria della zona oggetto di indagine (Figura 7b).

Al fine di valutare la qualità dei risultati ottenuti è stata realizzata una batimetria attraverso l'utilizzo di un ecoscandaglio Multibeam che, come noto, è una tecnologia che consente di avere una mappatura ad alta definizione del fondale marino grazie alla mole di dati che si riesce ad acquisire. Il fenomeno fisico su cui si concentra consiste in un sonar acustico che rileva l'eco di ritorno proveniente dal suono emesso dal trasduttore e riflesso dal fondo. Da ciò deriva che il rilievo risultante consiste in una striscia il cui asse continua a seguire la traccia della rotta dell'imbarcazione e che si sviluppa perpendicolarmente a tale asse per un'ampiezza che dipende dalla profondità del fondale e dall'apertura angolare su cui vengono emessi i beams. La frequenza con cui quest'ultimi sono emessi dipende dalle condizioni in cui si realizza il rilievo. In ogni istante il fascio emesso e rilevato dal trasduttore di un multibeam deve essere posizionato correttamente rispetto al sistema utilizzato per eseguire i rilievi. Per tale ragione si deve fare riferimento ad un sistema integrato composto da un sistema GPS RTK (che risulta essenziale per poter georeferire ogni singola distanza misurata dai beams di cui è composto il trasduttore), da un sistema di acquisizione ed elaborazione dei dati e strumentazioni ausiliarie (che hanno il compito di correggere il dato rilevato dall'ecoscandaglio tramite le informazioni riguardanti l'orientamento del fascio del multibeam, i movimenti del trasduttore dovuti al moto ondoso, al rollio ed al beccheggio dell'imbarcazione). I dati misurati dai singoli strumenti sono gestiti da un sistema di navigazione ed acquisizione che provvede ad associare ad ogni distanza misurata dal trasduttore una terna corretta di valori X, Y, e Z nel sistema di riferimento utilizzato. Il criterio di acquisizione dati multibeam si basa sulla copertura totale dell'area da indagare, copertura che è ottenuta tramite la definizione di una griglia a maglie quadrate avendo come base un certo numero di dati spaziali rilevati tramite GPS. Ogni volta che il sistema rileva un punto ricadente all'interno di questa cella, esegue la media di tutte le misure effettuate e fornisce la profondità media per quella specifica unità di superficie. Il risultato è riportato in figura 7°.

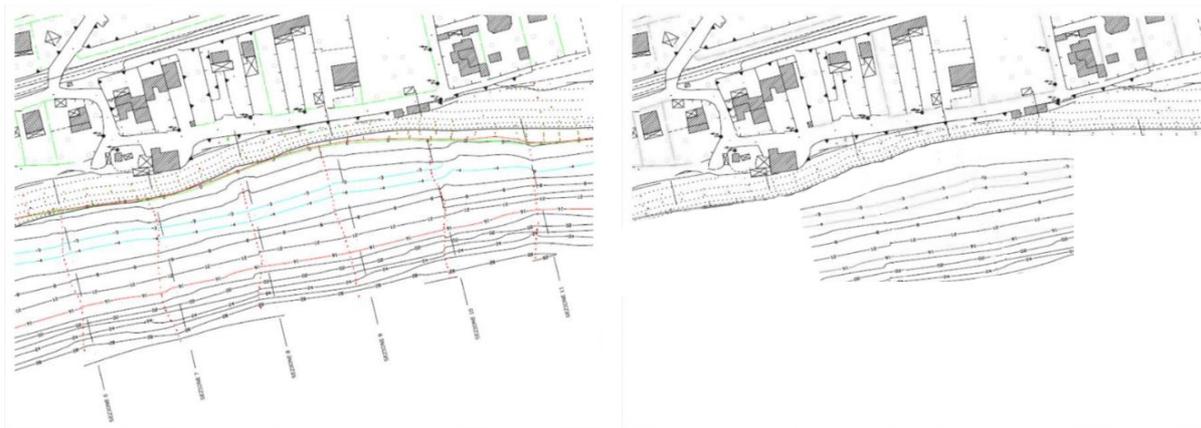


Figura 7 – a) Batimetria da ecoscandaglio- b) Batimetria da Modello 3D (sovrapposizione a cartografia delle isoipse)

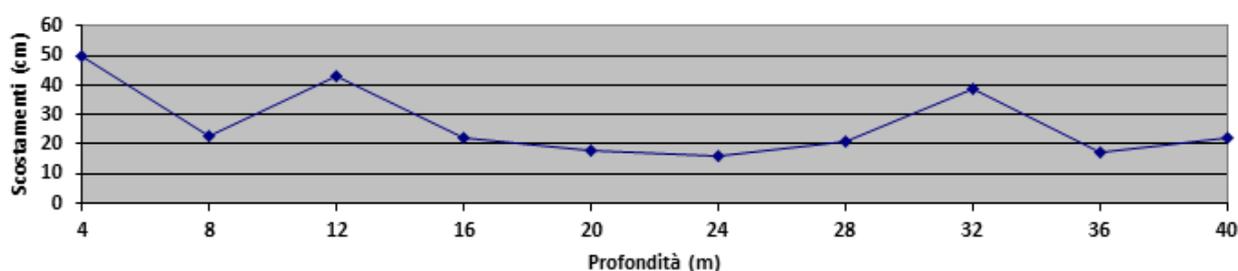


Figura 8 – Andamento delle differenze tra le quote misurate tra ecoscandaglio e modello 3D

Pur se con tutte le limitazioni del caso (essendo la sperimentazione della metodologia adottata solo nella fase iniziale) il confronto delle misure ottenute da modello 3D ROV e sistema Multibeam evidenzia (Figura 8) scostamenti medi dell'ordine dei 50 cm.

La dettagliata modellizzazione 3D grazie all'utilizzo del ROV sperimentale ha consentito di avere una buona valutazione della parte di spiaggia sommersa e di sicuro potrà contribuire ad integrare gli studi propri di tipo idraulico marittimo. (McCoy et al. 2014).

## Conclusioni

Sulla base delle considerazioni e degli studi riportati nei precedenti paragrafi, appare evidente che il fenomeno dell'erosione costiera può e deve essere contrastato con l'attuazione di opportuni interventi.

Attraverso sistemi a pilotaggio remoto (droni) è stato possibile un rilievo della spiaggia emersa nel paraggio di Bocale. L'applicazione di tale sistema ha consentito mediante l'elaborazione dei dati con software Agisoft Photoscan di ottenere un ortofoto della situazione attuale. Quest'ultima, è stata confrontata con cartografie risalenti a epoche diverse (precisamente degli anni: 2002, 2007, 2011, 2012, 2015, 2017, 2018) della linea di costa della località di interesse.

L'analisi ha evidenziato come nel corso degli anni 2002-2018 vi sono stati cambiamenti significativi del litorale oggetto di studio, presentando un'erosione maggiore nell'anno 2017. Successivamente è stato effettuato un rilievo della spiaggia sommersa, confrontando (con risultati accettabili) il dato batimetrico ottenuto da modello 3d costruito tramite ROV (sperimentale) con

quello ottenuto da ecoscandaglio Multibeam (prima della realizzazione della barriera).

Il risultato della presente nota dimostra le evidenti potenzialità delle tecniche della geomatica basate sull'utilizzo di UAV e ROV a supporto degli studi di tipo idraulico al fine di ottenere una base per le future progettazioni.

### **Riferimenti bibliografici**

Barrile V, Bilotta G, Fotia A (2018a). Analysis of hydraulic risk territories: comparison between LIDAR and other different techniques for 3D modeling. *WSEAS transactions on environment and development*, vol. 14, p. 45-52, ISSN: 2224-3496

Barrile V, Fotia A, Bilotta G (2018b). Geomatics and augmented reality experiments for the cultural heritage. *Applied Geomatics*, vol. 10, p. 1-10, ISSN: 1866-9298, doi: 10.1007/s12518-018-0231-5

Muhammad Zikra, Suntoyo, Harish Wirayuhanto, (2017) Coastal Sediment Cells for the North Coast of East Java, Indonesia. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(8), pp. 1247 – 1255

BARRILE V, GELSOMINO V, LAMARI D, SENSINI P (2016). Tecniche imaging per la modellazione 3D spazio-temporale della superficie marina . In: Atti della XX Conferenza Nazionale ASITA. ATTI CONFERENZA NAZIONALE ASITA, p. 698-703, Confederazione ASITA, ISBN: 978-88-941232-6-5, Cagliari, 8-10/11/2016

McCoy A, Golparvar-Fard M, Rigby E. (2014), "Reducing barriers to remote project planning: comparison of low-tech site capture approaches and image-based 3D reconstruction", *J. Architect. Eng.* 20 (1)

Dai F, Feng Y, Hough R. (2014), "Photogrammetric error sources and impacts on modeling and surveying in construction engineering applications", *Visual. Eng.* 2 (1)

Addo, K. A. (2013) Shoreline morphological changes and the human factor. Case study of Accra Ghana. *Journal of Coastal Conservation*, 17(1), pp. 85-91.

Bhatla A, Choe S, Fierro O, Leite F. (2012), "Evaluation of accuracy of as-built 3D modeling from photos taken by handheld digital cameras", *Autom. Construct.* 28 116–127

Luhmann T, Tecklenburg W. (2001), "Hybrid photogrammetric and geodetic surveillance of historical buildings for an urban tunnel construction", *International Workshop on Recreating the Past Visualization and Animation of Cultural Heritage*

Komar, P. D. (2000) Coastal erosion–underlying factors and human impacts. *Shore & Beach*, 68 (1), pp. 3-16.