

Realizzazione di modelli digitali topo-batimetrici



da drone

Irene Mammi^a, Lorenzo Rossi^{a,b}, Giovanni Vitale^a, Antonio Zeoli^c



^a Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze, ^b GeoCoste S.n.c., ^c Officina Tecnica S.r.l.
email Lorenzo Rossi: lrossi@geocoste.com

Introduzione e Metodologia

Il presente lavoro costituisce una sperimentazione del rilievo combinato topografico e batimetrico da drone attraverso tecniche fotogrammetriche.

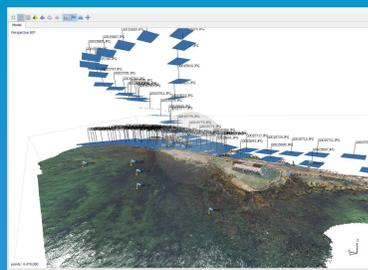
L'indagine è stata effettuata da GeoCoste snc a San Giorgio (BA) nel Marzo 2015 per conto di FUGRO Spa e finalizzata alla progettazione del percorso per utenze telefoniche sottomarine di SubCom LLC. Il rilievo topo-batimetrico, il DSM (Modello Digitale della Superficie) e l'ortofoto della zona di interesse sono stati realizzati applicando una tecnica fotogrammetrica su foto aeree di prossimità (bassa quota) acquisite mediante un Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto.



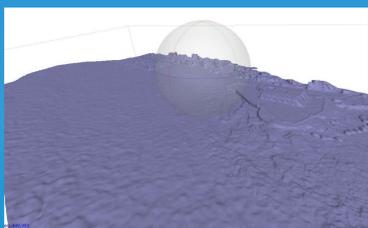
L'SAPR utilizzato (drone) è un velivolo a sei rotori a propulsione elettrica equipaggiato con un sistema automatico di stabilizzazione, GPS, un "camera mount" stabilizzato per fotocamera ed un ecoscandaglio di precisione. Il sistema di guida prevede sia il completo controllo dell'operatore a terra che la navigazione autonoma su rotte pre-impostate.

Il flusso di lavoro ha previsto tre fasi:

- rilievo aereo (pianificazione del volo, taratura e calibrazione degli strumenti di bordo e acquisizione immagini ad alta risoluzione, acquisizione Ground Control Point). I GCP, per la georeferenziazione e la creazione del DTM batimetrico sono stati acquisiti avvicinando il drone alla superficie del mare in modo che l'ecoscandaglio si immergesse di circa 30 cm;
- elaborazione delle immagini con tecnica fotogrammetrica (orientamento delle immagini, processo di ortorettifica, e la restituzione degli oggetti grafici in forma numerica)
- rilievo dei GCP a terra e topografico della spiaggia emersa e dei primi fondali (-1m) tramite GPS RTK e rilievo batimetrico singlebeam per la verifica dei dati.



Punti di ripresa e GCP



Modello digitale del terreno



Mosaicatura ortofoto. Questa permette di identificare la natura del fondale, outcrops, condotte e target sommersi.

Elaborazione dei dati

I singoli fotogrammi sono stati ortorettificati seguendo la procedura della triangolazione aerea di un blocco di immagini che ricostruisce l'orientamento interno ed esterno della presa e utilizzano un modello digitale del terreno ottimizzato iterativamente per le correzioni delle deformazioni dovute alla morfologia del territorio. In questo modo vengono eliminati gli effetti dovuti alla distorsione della lente e all'orientamento della macchina fotografica (roll, pitch, heading) grazie all'utilizzo dei parametri di assetto del velivolo (acquisiti dalla IMU/GPS di bordo) e l'inserimento dei GCP (sia terrestri che marini) da parte dell'operatore nel sistema di riferimento prescelto. Le fasi di elaborazione sono state: allineamento scatti, generazione mesh triangolari e modello digitale del terreno (5 x 5 cm), estrazione curve di livello ed orto rettificata, e la creazione del mosaico georeferenziato delle ortofoto.

Il rilievo batimetrico da drone si è esteso fino a circa -4 m di profondità, per la fotocamera è stata dotata di particolari filtri sulle frequenze del blu e del verde. Le immagini sono state quindi elaborate attraverso il software ENVI per evidenziare ulteriormente le forme di fondo; sono state inoltre apportate modifiche per la correzione radiale e per la rifrazione aria-acqua. Il vantaggio della bassa quota di volo (50 m) rispetto ad immagini satellitari ha consentito inoltre di trascurare correzioni atmosferiche e di ottenere accuratissime di ordine centimetrico. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software PhotoScan ed alcuni applicativi proprietari. Ulteriori sviluppi del metodo prevedono estrazione di dati batimetrici fra rapporti spettrali fra bande di immagini digitali nonché da semplici regressioni polinomiali che legano l'intensità del pixel alla profondità.



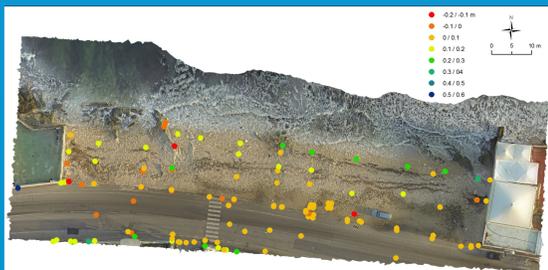
DEM topo-batimetrico con curve di livello ottenuto da rilievo drone

Verifica e Confronto dei dati

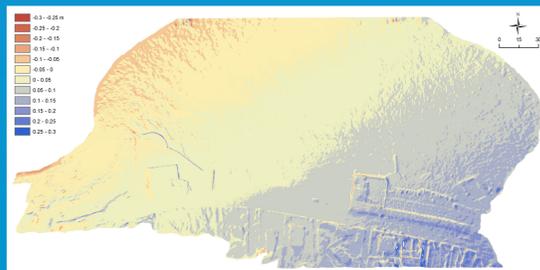
L'accuratezza del sistema di acquisizione da drone è stata testata confrontandolo con il modello digitale della spiaggia emersa e dei fondali ottenuto con rilievo GPS RTK unito ad un rilievo single-beam per la parte idrografica.

La comparazione è stata effettuata calcolando le differenze in quota tra il rilievo da drone ed i punti acquisiti tramite rilievo tradizionale prima sul dem originale e poi sulla versione ottimizzata calibrando il modello sia con dei GCP a terra che in mare. I confronti puntuali fra misure dirette topografiche e batimetriche e i DTM estrapolati da drone non sono da ritenersi completamente indicativi a causa dell'elevata rugosità dei fondali, per la natura misto sabbioso-rocciosa, e per quella ciottolosa della spiaggia emersa.

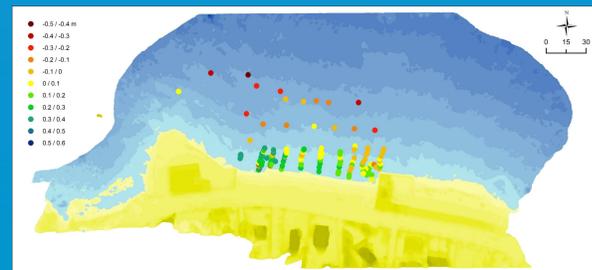
La tecnica proposta mostra notevoli vantaggi soprattutto in aree come quella in oggetto in cui un rilievo di dettaglio in acqua bassa non è ottenibile attraverso nessuna altra tecnologia. I risultati ottenuti mostrano un grado di accuratezza equiparabile ad un rilievo tradizionale.



Differenza in quota fra il modello DEM ottenuto da drone e rilievo topografico sulla spiaggia emersa. L'errore massimo è di 52 cm mentre quello medio è di 8 cm



Differenze in quota fra il DEM ottenuto da drone e la sua versione corretta con punti di controllo.



Differenze in quota fra il DEM ottenuto da drone, corretto con i punti di controllo, ed il rilievo batimetrico. Errore massimo 52 cm, errore medio 16 cm.

Altre Applicazioni

SICUREZZA BALNEAZIONE

Il rilievo batimetrico da drone permette di restituire mappe di pericolosità per la balneazione sia in coste alte



Monitoraggio post-mareggiata di buche in coste sabbiose



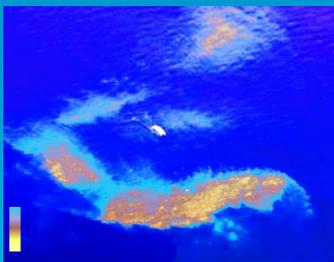
Proposta di segnaletica per evidenziare la pericolosità dovuta alla presenza di scogli sommersi (in rosso)

MONITORAGGIO "PLUME"

Attraverso le immagini da drone è possibile monitorare in tempo reale i "plume" di sedimenti durante i dragaggi. Un campionamento diretto della torbidità permette di associare al colore del pixel un valore di riferimento.



Plume sedimenti da dragaggio



Classificazione della torbidità

MONITORAGGIO SCOGLIERE

Il rilievo fotogrammetrico da drone permette di creare DTM di alta precisione di strutture poco accessibili come le dighe foranee o le scogliere parallele emerse e soffolte. Attraverso la mosaicatura di ortofoto è inoltre possibile cartografare semplicemente la loro posizione e conformazione.



DTM diga foranea



Mappatura scogliera da drone