

Il modello digitale ad alta risoluzione della fascia costiera del delta del Po

Guido SELVI (*), Bruno MATTICCHIO (**)

(*) REGIONE VENETO – Unità Periferica Genio Civile di Rovigo, Via della Pace, 1/D – 45100 Rovigo, tel. 0425 397369, fax. 0425 397272, guido.selvi@regione.veneto.it

(**) Ipros Ingegneria Ambientale S.r.l., Corso del Popolo, 8 – 35131 Padova, tel. 049 660647, matticchio@ipros.it

Riassunto.

In molte zone della fascia costiera del delta del Po sono evidenti fenomeni erosivi ed arretramenti della linea di riva, riconducibili principalmente al diminuito apporto di materiale solido dal fiume, alla subsidenza e all'azione del moto ondoso. Inoltre sono sempre più frequenti situazioni di dissesto prodotte dalle mareggiate sulle spiagge, sui cordoni dunosi e sul sistema degli "scanni" che delimitano le lagune.

Strumento indispensabile per lo studio della evoluzione della linea di costa è il "modello digitale" ad alta risoluzione della fascia costiera, ottenuto combinando il rilievo LIDAR delle aree emerse con i rilievi batimetrici estesi alla fascia attiva del trasporto solido litoraneo.

Nel presente rapporto si descrivono le prime valutazioni condotte sui dati acquisiti nel tratto di litorale a sud della foce del Fiume Adige.

E' stata esaminata da una parte la completezza dei dati, con riferimento sia alla copertura della fascia di interesse a cavallo della linea di riva, sia alla classificazione dei dati "ground" e "overground", dall'altra l'accuratezza dei dati stessi sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico.

Abstract .

In many zones of the coastal strip of the delta of the river Po are evident erosive phenomena and retrogradation, referable principally to decreased produce of solid material from the river, to the subsidence and the action of waves.

Furthermore are always more frequent damage situations produced by the sea-storms on the beaches, on the sand dunes and on the system of "scanni" that delimit lagoons.

It is important for the study of the evolution of the shoreline is the "digital model" to high solution of the coastal strip, obtained combining the LIDAR survey of the emerged areas with the batimetric surveys extended to the active strip of solid transport.

In this report are described the first evaluations resulted from the acquired data in the south coast section of the mouth of the river Adige.

It has been examined on one side the completeness of data, with reference to the coverage of the considered strip, and to the classification of the data "ground" and "overground", on the other one the accuracy of the same data from the the planimetric and altimetric point of view.

1 - Premesse.

Il 26 aprile 2006 è stata condotta da parte della ditta Compagnia Generale Ripreseeree di Parma, su incarico della Regione Veneto, Unità Periferica Genio Civile di Rovigo, una campagna di rilievo con sensore LIDAR aerotrasportato su tutta la fascia costiera del delta del Po, dalla foce del fiume Adige, a nord, alla foce del Po di Goro, a sud.



Fig. 1 -Fascia coperta dal rilievo LIDAR .

2 - Descrizione dei dati

La presente analisi è stata effettuata sui dati Lidar (Light Detection and Ranging) acquisiti sull'area della foce del fiume Adige, in prossimità dell'abitato di Rosolina Mare, il 26 Aprile 2006 tra le ore 14:07 e le 14:36 UTC.

La misura dell'altezza di marea al momento dell'acquisizione, risultava pari a -0.30 m sul livello del medio mare (Genova 1942).

La ditta incaricata dell'acquisizione (Compagnia Generale Ripreseeree, CGR, Parma) ha utilizzato un sensore Lidar ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper) OPTECH.

Il volo è stato effettuato ad una quota di circa 1200 m, a velocità costante e lungo rotte parallele alla linea di costa ed utilizzando un angolo di scansione di 20° (ottenendo quindi un'ampiezza della fascia rilevata per ciascuna passata di circa 400 m) ed una frequenza di scansione pari a 36 Hz.

La larghezza della fascia rilevata è di circa 800 m, mentre la sua superficie ammonta a circa 605 ha.

3 - Elaborazione dati ground-overground

Attraverso un apposito software commerciale, la ditta incaricata dell'acquisizione (CGR, Parma) ha elaborato le nuvole di punti laser provvedendo a realizzare due dataset disgiunti, quello relativo ai cosiddetti punti "ground", relativi al suolo e quello dei punti "overground", relativi alla sommità della vegetazione e dei tetti degli edifici.

La densità dei punti "ground" risulta di circa 0.84 punti/m² mentre quella dei punti "overground" risulta di circa 1.01 punti/m².

Dalle due nuvole di punti ottenute dalle suddette elaborazioni si possono costruire il modello digitale del terreno (DTM, Digital Terrain Model) e il modello digitale della superficie (DSM, Digital Surface Model).

Nel presente lavoro il modello digitale di elevazione è stato costruito e visualizzato utilizzando sia una struttura a griglia a maglie quadrate di 0.5 m di lato, chiamata anche matrice di elevazione (grid) sia una rete a maglie triangolari irregolari (TIN).

La fascia di costa rilevata si estende per circa 57 km con una larghezza non inferiore a 750 m (Fig. 1).

I dati sono stati elaborati per ottenere, relativamente al tratto di costa considerato, i "prodotti" maggiormente significativi.

Sono state predisposte, in particolare, rappresentazioni a curve di livello e a scala di colori per la definizione del profilo della linea di costa e dell'altimetria della spiaggia retrostante, ed elaborazioni tridimensionali per visualizzare la consistenza delle opere di difesa (pennelli e difese radenti).

Esse evidenziano d'altra parte le notevoli potenzialità dei dati raccolti, che potranno supportare numerose future applicazioni concernenti sia l'aggiornamento della cartografia costiera, per gli aspetti della morfologia e del rischio, sia valutazioni locali di dettaglio ai fini della progettazione degli interventi di difesa.

Per le fasi di controllo dell'accuratezza dei dati Lidar e per la creazione dei prodotti si sono utilizzati opportuni softwares commerciali.

Per le fasi di analisi dell'accuratezza verticale mediante confronto con i dati topografici rilevati in campo, si sono invece sviluppati codici specifici in linguaggio di programmazione Fortran.

Per prima cosa si è proceduto alla creazione del grid di dati Lidar con maglie da 0.5 m, scelta basata sull'effettiva densità di acquisizione delle nuvole di punti Lidar.

I grid ottenuti dai dati ground e overground sono stati confrontati tra loro e con l'immagine georeferenziata, ottenuta come mosaico delle due ortofoto disponibili sull'area di studio.

Nella Fig. 3.1 è riportato un esempio del confronto in due diversi punti tra il grid ottenuto dai dati Lidar ground e quelli overground, unito alla visualizzazione dello stesso punto sull'ortofoto (punto di vegetazione ad altro fusto).

Come si nota, la quota del punto sul grid overground relativo ad un albero (visibile nell'ortofoto a colori di Fig. 2) è molto elevata (dell'ordine dei 10 m), mentre il corrispondente punto del grid ground è correttamente posto a quota del suolo nudo.

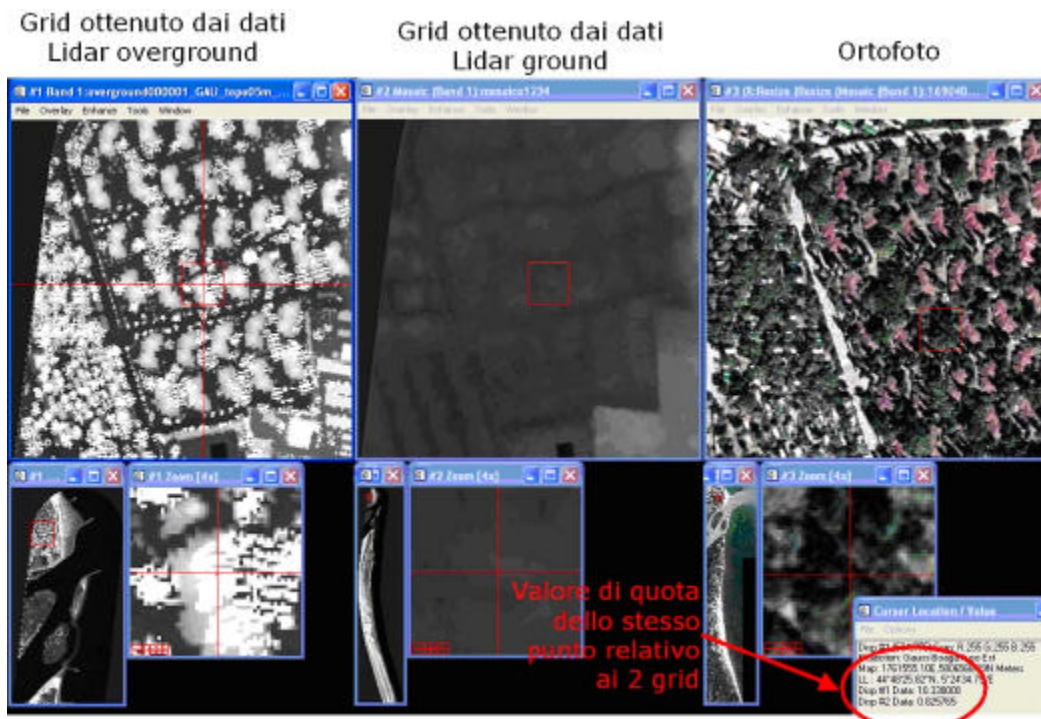


Fig. 2 - Confronto dei valori di quota relativi ai punti ground e overground, e confronto visivo con l'ortofoto co-georeferenziata.

Nelle zone prive di ostacoli elevati (quali possono essere edifici e vegetazione) il first e last pulse si sovrappongono ed hanno lo stesso valore di quota, e quindi anche i dati ground e overground coincidono.

Nelle zone in cui sono presenti edifici, la procedura semiautomatica adottata dal software ha prodotto l'eliminazione dei punti dal dataset ground.

Inoltre, come risulta da altre verifiche sui pennelli in roccia, la quota dei punti ground e overground coincide.

Correttamente, infatti, tale manufatto non è trattato come un edificio ma come altri rilevati considerati parte del terreno (ad esempio gli argini dei fiumi, i rilevati stradali e le spalle dei ponti).

Numerose elaborazioni analoghe effettuate in altre zone del dominio hanno prodotto risultati simili.

Si può dunque ritenere che le nuvole di punti ground e overground siano state correttamente predisposte e siano adeguate per la produzione dei DTM e DSM ad alta risoluzione.

4 - Prodotti

Una volta costruito sulla base dei dati ground e overground il grid relativo al terreno e quello del suo complemento, si è proceduto all'implementazione di programmi atti a produrre curve di livello in formato vettoriale, modelli tridimensionali e mappe a colori in formato raster.

4.1 – Mappe. Un file DTM ottenuto con il metodo del grid si presta ad essere visualizzato in due dimensioni mediante un'immagine raster (ad esempio in formati .tif e .jpg) assegnando a ciascun pixel dell'immagine un colore corrispondente all'elevazione della corrispondente cella del DTM, come riportato in Fig. 3.

Il grid può anche essere salvato sotto forma di un file ASCII con elencate tutte le triplette di punti (x, y, z), ognuna rappresentante una maglia della griglia quadrata regolare costruita sulla base dell'insieme dei punti originali, irregolarmente distribuiti.

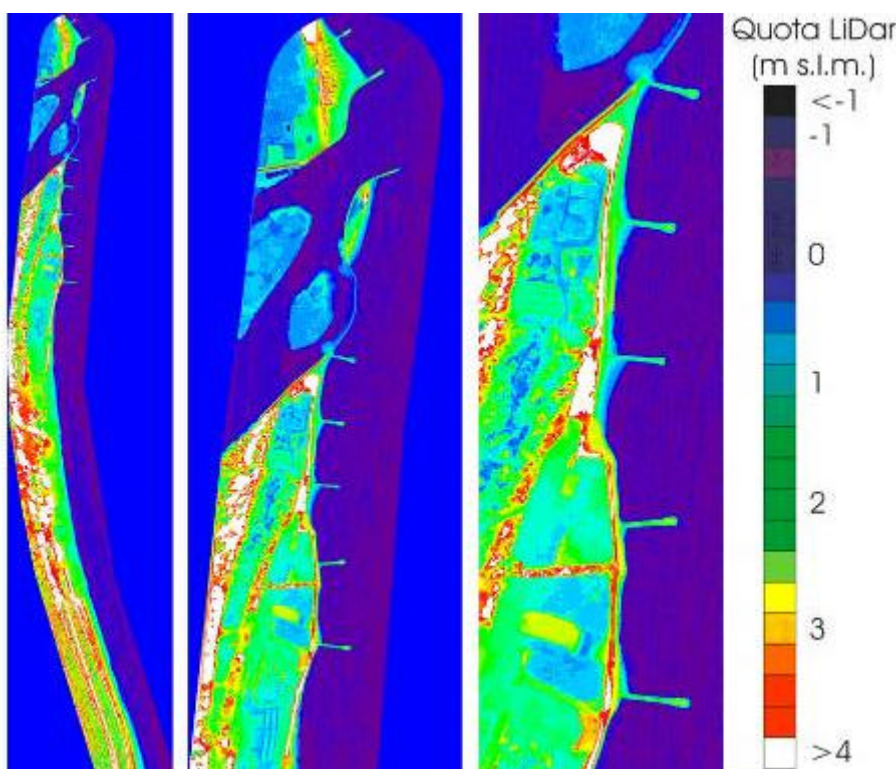


Fig. 3 - Rappresentazione a colori ad intervalli regolari del grid ottenuto dai punti Lidar ground con maglia quadrata di 0.5 m di lato.

4.2 - Dati vettoriali. A partire dal grid dei dati Lidar ground si sono identificate le curve di livello in formato vettoriale, relative alla linea di costa (0 s.l.m.m.) e alle quote +1 e +2 m s.l.m.m.

Al fine di stabilire con maggior precisione la linea di costa, si è implementata la stessa procedura per il grid overground.

Come ci si aspetterebbe nel caso di punti Lidar acquisiti con accuratezza, le due linee coincidono perfettamente (ovvero il first e last pulse per le zone di costa coincidono).

4.3 - Visualizzazioni immagini 3D. Con il software commerciale utilizzato è possibile sovrapporre le informazioni di elevazione del grid ottenuto da dati puntuali (x, y, z) con un'immagine georeferenziata nello stesso sistema di coordinate (in questo caso il sistema di coordinate Gauss-Boaga, fuso Ovest).

Si è quindi proceduto a sovrapporre il grid dei dati ground a 0.5 m con il mosaico delle ortofoto a colori naturali, ottenendo una visualizzazione tridimensionale dell'area di studio, di cui si riporta esempio nella Fig. 4.



Fig. 4 - Modello tridimensionale di parte della foce del fiume Adige e dei primi due pennelli.

5 - Accuratezza orizzontale

E' stata condotta una prima valutazione sull'accuratezza orizzontale dei dati Lidar utilizzando il grid con maglia regolare di 0.5 m di lato ottenuto dai dati ground, e mettendolo a confronto con l'ortofoto co-georeferenziata in alcuni punti significativi.

Dalle immagini è messo in evidenza che il dato Lidar rappresenta con ottima precisione la posizione degli elementi morfologici considerati.

E' difficile quantificare con accuratezza lo scarto planimetrico tra il dato Lidar e la foto.

In primo luogo il confronto è reso arduo dal fatto che la risoluzione della foto è di 2 pixel/m, il che consente di individuare i limiti degli oggetti con un errore dell'ordine di 0.5÷1 m, e che il Lidar ha a sua volta risoluzione di circa 1 punto/m, da cui consegue un errore planimetrico nell'individuazione degli stessi limiti, dell'ordine di 1÷1.5 m.

In secondo luogo la stessa ortofoto è affetta da un certo errore planimetrico che, quantomeno, può essere valutato nell'ordine della dimensione del pixel (0.5 m).

Tuttavia, un'analisi approfondita condotta anche esaminando i dati "overground", i quali riportano, ad esempio, i tetti degli edifici, i cui bordi risultano essere di agevole individuazione anche sulla foto, ha permesso di concludere che il confronto tra il dato Lidar e la foto è particolarmente soddisfacente.

Le massime differenze che si riscontrano sono dell'ordine di 2 m, ossia dello stesso ordine di grandezza delle incertezze che, per quanto detto prima, sono insite nel metodo stesso di valutazione.

6 - Accuratezza verticale

A partire dalla nuvola di punti acquisiti con laser altimetro Lidar è anche possibile costruire DTM a maglie triangolari irregolari (TIN), ovvero produrre modelli costituiti da un insieme di punti quotati collegati da segmenti a formare una rete continua di triangoli.

Nel presente studio il TIN è stato creato con un codice scritto nel linguaggio di programmazione Fortran.

Si è proceduto al confronto diretto del TIN costruito sulla base dei dati Lidar ground, con i dati dei rilievi topobatimetrici disponibili, effettuati con strumentazione tradizionale.

Sono stati presi in esame, in particolare, il rilievo della linea di riva, piede opere e sezioni marittime acquisite dalla ditta TE.MA. nel novembre 2005, e il rilievo di 14 sezioni effettuato dal DiSGAM dell'Università di Trieste nel luglio 2006.

A titolo di esempio si riporta la verifica effettuata sul primo pennello (Fig. 5) dove si è proceduto al confronto tra i punti altimetrici rilevati in situ e la triangolazione ottenuta dai dati Lidar ground. Quest'ultima è stata costruita con il metodo di Delaunay che connette, attraverso maglie triangolari, ogni punto Lidar acquisito al suo vicino naturale.

In Fig. 6 è riportata la configurazione planimetrica delle maglie triangolari ottenute congiungendo terne di dati Lidar ground contigui.

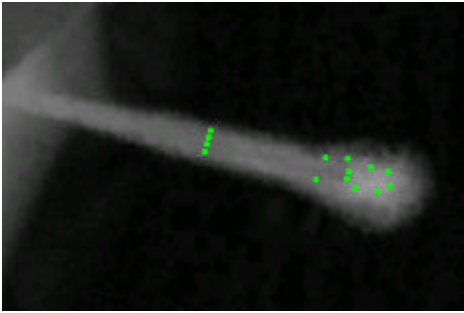


Fig. 5 - La localizzazione dei dati discreti rilevati in situ (pallini verdi) è sovrapposta al dato Lidar ground grigliato a 0.5 m.

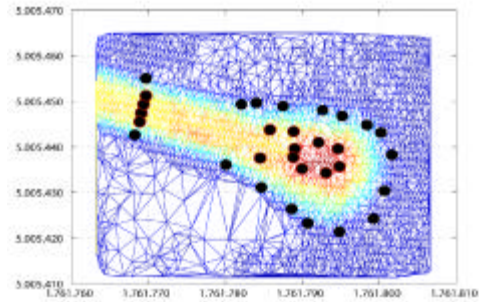


Fig. 6 – Configurazione planimetrica del dato LIDAR. I punti neri localizzano i dati acquisiti in situ.

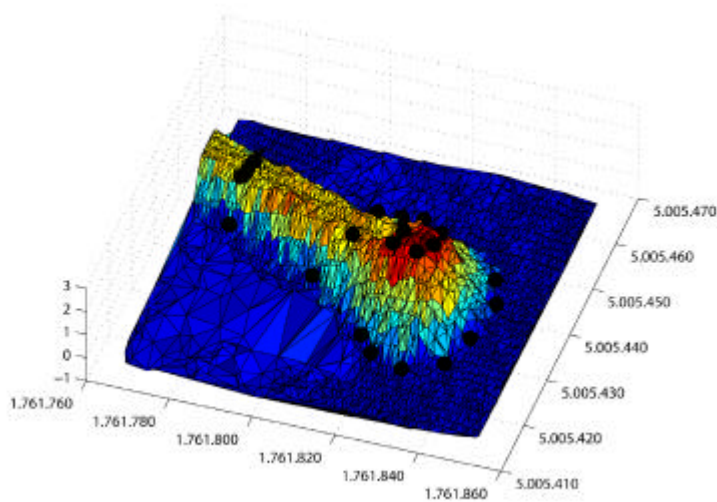


Fig. 7 – Ricostruzione tridimensionale del dato.

7 - Conclusioni

In conclusione, le valutazioni effettuate consentono di affermare che i dati Lidar rilevati lungo il litorale di Rosolina forniscono una rappresentazione della morfologia della parte emersa della fascia costiera generalmente dettagliata ed accurata.

Ulteriori analisi dei dati saranno condotte anche con il confronto del rilievo di precisione a terra di aree test di opportune caratteristiche (piazzole o aree asfaltate) incluse nel dominio del rilievo Lidar.

Bibliografia

- Ackermann F. (1996), "Airborne laser scanning for elevation models", GIM, Geomatics Info Magazine, Vol. 10 n. 10, ottobre 1996, pag. 24-25
- Aminti, P. (2002), "Impiego della scansione laser nel rilievo dei volumi emersi delle spiagge e delle scogliere", Bollettino SIFET n. 4/2002.
- French J.R., (2003), "Airborne LIDAR in support of geo-morphological and hydraulic modelling" Earth surface Processes and Landform, 28 , pag. 321-335
- Larson M. e al. (2003), "Analysis and modelling of field data on costal morphological evolution over yearly and decadal time scales", Journal of Costal Research, 19(4), pag. 760-775
- Maso M. (2002), "Misure laserscanning e batimetria multibeam sull'asta principale del fiume Brenta", Atti della 6^a Conferenza ASITA 2002
- USGS (2004), "Report of the USGS Lidar Workshop sponsored by the Land Remote Sensing Program", St. Petersburg, FL , November 2002