

Stima della batimetria di un invaso artificiale mediante elaborazione di immagini multispettrali: l'invaso di Bilancino

Carmelo Santoro (*), Tiziana Pileggi (*), Enrica Caporali (*), Rocco Furferi (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Firenze

(**) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Firenze

Sommario

I laghi artificiali sono soggetti al fenomeno dell'interrimento, ovvero al progressivo accumulo al fondo dei sedimenti trasportati dagli affluenti che, nel corso degli anni, riduce la capacità utile d'invaso e quindi l'efficienza dell'opera. Un'efficiente gestione dell'invaso necessita, dunque, di un monitoraggio continuo della capacità che le comuni tecniche di rilievo batimetrico rendono alquanto costoso. La necessità di aumentare la frequenza dei rilievi e di contenere i costi ha stimolato lo sviluppo di modelli di stima batimetrica basati sull'elaborazione di immagini satellitari. In questo lavoro vengono presentate le tecniche di elaborazione sviluppate sulle immagini multispettrali dell'invaso di Bilancino (Barberino di Mugello, Firenze) per la stima della batimetria del fondo del lago artificiale e discussi i risultati preliminari ottenuti.

Abstract

Reservoirs sedimentation, or the progressive accumulation at the artificial lake bottom of sediments transported by the lake tributaries, is an important phenomenon to be studied, since over the years, reduces the reservoir capacity and its effectiveness. For an efficient management of reservoirs, the constant monitoring of the capacity is required. The need to increase the frequency of surveys and at the same time to contain the costs, has stimulated the development of models to estimate bathymetry through the satellite images processing. In this work the processing techniques developed on multispectral images of the Bilancino artificial lake reservoir (Barberino di Mugello, Firenze) for the bathymetry estimation are presented and the obtained preliminary results are discussed.

Caso di studio e insieme dei dati

Le prime elaborazioni di immagini multispettrali per stime batimetriche sono state effettuate su aree costiere caratterizzate da minimi livelli di torbidità dell'acqua, in modo tale da limitare l'influenza del materiale in sospensione sui risultati ottenuti dalle elaborazioni.

In questo lavoro sono riportati i risultati preliminari di stima della batimetria del lago di Bilancino, sul fiume Sieve (Barberino di Mugello, Firenze), mediante lo sviluppo di procedure di calcolo basate sull'applicazione del modello di Jupp (1988). Il modello è incentrato sulla diversa capacità di penetrazione in acqua delle componenti della radiazione elettromagnetica e sulla capacità dei sensori satellitari di discriminarle; ovvero sul principio che le onde elettromagnetiche che compongono la luce penetrano l'acqua raggiungendo profondità che dipendono anche dalla torbidità dell'acqua e sono tanto maggiori quanto minore è la loro lunghezza d'onda.

I dati di base utilizzati nelle elaborazioni sono: una immagine *QuickBird* nelle 4 bande Blue (B), Green (G), Red (R) e NearInfraRed (NIR), ad alta risoluzione (2.4 m), acquisita nel 2004 in condizioni di visibilità ottimale, la CTR 1:5.000 e la carta di un rilievo batimetrico, si ipotizza del 2004, dell'invaso di Bilancino, digitalizzata sulla quale è stato costruito il DTM del fondo del lago. Prima di applicare il modello è stato effettuato il ritaglio dell'immagine *QuickBird* mediante la creazione di una maschera (uno *shapefile* poligonale digitalizzato manualmente) prestando

particolare attenzione ad evitare le zone d'ombra (pixel neri, a radianza prossima a zero) nonché ad eliminare i pixel molto bianchi (presumibilmente i riflessi delle barche).

Elaborazione e discussione dei risultati

In una prima elaborazione, è stato utilizzato il modello di Jupp nella sua formulazione classica, applicato alle 4 bande dell'immagine e su tutta la superficie dell'invaso, selezionando i valori di radianza massimo e minimo per ogni banda. La procedura ha portato alla creazione di 4 immagini in cui ad ogni pixel è associato un valore numerico indicativo della profondità stimata secondo la relativa banda. L'immagine risultata è una matrice in cui il valore di ogni pixel è ottenuto dalla media dei valori dei pixel calcolati per le 4 bande. I risultati ottenuti non sono accettabili per gli scostamenti troppo grandi tra i valori stimati e quelli misurati, ad esempio, la massima profondità stimata risulta di soli 11 m a fronte di 22 m misurati.

Nella elaborazione successiva, è stato ritenuto opportuno trattare separatamente le 4 immagini relative alle 4 bande spettrali dell'immagine QuickBird. Ciascuna matrice risultata è stata confrontata con il rilievo batimetrico o DTM del fondo dell'invaso per rilevare lo scostamento del valore di profondità calcolato dal modello rispetto a quello del DTM. Si è potuto così osservare che nell'immagine relativa alla banda del blu, gli scostamenti dal valore del DTM inferiori a 2 m erano concentrati nella fascia di acque profonde (15-25 m), proprio la fascia dei livelli di profondità che la radiazione blu riesce a raggiungere. La stessa cosa è stata verificata per le immagini nelle altre bande. Per questo motivo, per ciascuna immagine elaborata, sono stati estratti i pixel "migliori" (in cui la differenza rispetto al valore del DTM risultava inferiore ai 2 m), tutti mosaicati successivamente in un'unica immagine; nelle aree di passaggio tra una fascia di profondità e l'altra, è rimasto un elevato numero di pixel vuoti (no data) che sono stati calcolati come media dei valori di profondità tra le fasce. Per "riempire" i pixel no data tra la fascia 5-15 m e 15-25 m (G e B), ad esempio, sono stati mediati i valori di profondità ottenuti dall'elaborazione delle immagini G e B. Il risultato finale è stato analizzato tracciando l'andamento altimetrico di un transetto e producendo uno *scatter plot*. L'immagine ottenuta è risultata accettabile anche se sono presenti pixel vuoti.

Nel tentativo di migliorare i risultati, si è passati ad un ulteriore approccio basato sulle *Depth Of Penetration Zones* (Deidda, 2008). A differenza della metodologia precedente, il modello di Jupp, per ogni banda, è applicato su 4 aree denominate "DOP Zones" definite mediante fasce di profondità individuate dal DTM. Per la banda B il modello è stato applicato alla fascia 15-25 m (DOP Zone 1), per la G alla fascia di profondità 5-15 m, per la R alla fascia 1-5 m, e infine per la NIR alla fascia 0-1 m. I risultati ottenuti sono stati mosaicati in un'unica immagine che, già a prima vista è apparsa diversa da quella ottenuta in precedenza poiché le fasce di profondità sono risultate troppo marcate all'interno dell'invaso. Il profilo altimetrico del fondale ottenuto in questo caso è stato definito "a gradoni" avendo attribuito ai pixel della DOP Zone 1 (15-25 m) un valore di profondità compreso tra 20 e 22 m e ai pixel della DOP Zone 2 (5-15 m), valori di profondità tra 10 e 15 m. Tra il valore massimo della Zone 2 e il minimo della Zone 1 c'è un "salto" di 5 m, così come tra la Zone 2 e la 3 e tra la Zone 3 e 4. Anche in questa seconda applicazione i risultati ottenuti non sono da ritenersi soddisfacenti.

In conclusione, la stima della batimetria di un vaso artificiale tramite elaborazione di immagini multi spettrali, non rappresenta, per il momento, una valida alternativa alle tecniche classiche di rilievo batimetrico. Vi sono, tuttavia, ampi margini di miglioramento del modello, considerando soprattutto la continua e rapida evoluzione dei sensori messi in orbita dotati anche di bande specifiche per gli studi batimetrici come, ad esempio, la *Coastal Band* del sensore *WorldView2*.

Bibliografia

- Deidda M.(2008), "Impiego di immagini satellitari per il monitoraggio della dinamica costiera" *Ricerche di Geomatica*, AUTECA.
- Jupp D.L.B. (1988), "Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters." In *Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone*, Gold Coast, Queensland, Australia, pp. IV.2.1 - IV.2.19.