

## TECNICHE PER LA MISURA E IL MONITORAGGIO DELLA SUPERFICIE DEL FONDO DI UN MODELLO FLUVIALE

M. Lo Brutto

Dipartimento di Rappresentazione, Università di Palermo, via Cavour 118, 90133 Palermo  
[lobruzzo@unipa.it](mailto:lobruzzo@unipa.it)

**KEY WORDS:** fotogrammetria digitale, DSM, autocorrelazione

### RIASSUNTO ESTESO

L'impiego di modelli fluviali per lo studio delle variazioni della morfologia del fondo è un argomento oggetto di interesse nel campo dell'idrologia a causa dei molteplici fenomeni interconnessi alla evoluzione di alvei naturali.

Presso il laboratorio del Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Applicazioni Ambientali dell'Università di Palermo, già da diversi anni, viene utilizzato un modello fluviale a fondo mobile per studiare i metodi di previsione della deformazione planimetrica ed altimetrica di un alveo naturale. L'installazione sperimentale è costituita da un canale meandriforme lungo circa 20 metri e largo 50 centimetri, riempito con sabbia di diametro caratteristico  $D_{50}=0.65$  mm e peso specifico immerso pari a  $\gamma_s=1650$  kg/m<sup>3</sup>. Le ricerche condotte nel corso degli anni sono state finalizzate a ricostruire la configurazione di equilibrio del fondo deformato per effetto del deflusso della corrente.

A partire dalla fine degli anni novanta sono state condotte numerose prove per sviluppare e verificare procedure fotogrammetriche digitali che consentissero di ottenere in maniera automatica ed con un elevato livelli di accuratezza il modello digitale della superficie (Digital Surface Model – DSM) del fondo del canale. Le prove effettuate avevano consentito di ottenere risultati soddisfacenti compatibilmente con la strumentazione adoperata.

Nel corso degli ultimi anni il notevole sviluppo delle procedure fotogrammetriche di *image matching* e la disponibilità di sistemi laser *short range* o di sistemi a luce strutturata ha portato ad eseguire nuovi test per rendere le procedure di misura sempre più efficienti sia in termini di precisione metrica che dal punto di vista operativo.

Un primo lavoro è stato condotto utilizzando dati acquisiti in precedenti rilievi per eseguire una verifica sul miglioramento delle procedure di *image matching*. In particolare, è stata utilizzata la ripresa fotogrammetrica realizzata nel 2005 (Franco, Lo Brutto, 2005) ed è stato ricalcolata la superficie del modello utilizzando il nuovo modulo di estrazione automatica del DSM del software Socet Set denominato NGATE (*Next-Generation Automatic Terrain Extraction*). Il confronto tra il modello realizzato nel precedente lavoro e il nuovo modello ha permesso di effettuare delle prime considerazioni sulle potenzialità delle nuovi algoritmi di calcolo utilizzati.

Successivamente sono state eseguite delle nuove campagne di rilievi poiché nel corso dell'ultimo anno il modello fluviale è stato smontato e ricollocato in una differente posizione. Il modello è stato ricostruito con la medesima configurazione geometrica e con la stessa tipologia di sabbia ma con alcune differenze che hanno influenzato in maniera determinante la scelta delle procedure di rilievo adottate. In particolare, le pareti, costituite sempre con lastre di policarbonato trasparente di spessore di 2 mm ed inizialmente alte 25 cm, sono state realizzate con una altezza di 50 cm; le zone esterne alle pareti del modello sono state riempite di sabbia (Figura 1).



Figura 1

Per il rilievo del fondo del nuovo modello sono state previste due campagne di rilievo realizzate rispettivamente con procedure fotogrammetriche e con un laser scanner short range. Attualmente è stato condotto soltanto il rilievo fotogrammetrico mentre il rilievo laser è previsto nei prossimi mesi.

A differenza di quanto fatto nei precedenti rilievi fotogrammetrici, la nuova configurazione del modello fluviale ha comportato l'utilizzo di procedure che non necessitavano di punti di appoggio rilevati topograficamente. Per tale motivo si è optato per l'utilizzo del sistema Z-Scan della Menci Software. Tale sistema si basa sull'impiego di una camera fotografica digitale, opportunamente calibrata, che esegue tre differenti prese muovendosi su una barra calibrata. Il sistema consente quindi di eseguire le prese con orientamenti esterni noti ed è integrato con un software appositamente realizzato che consente di ottenere in maniera totalmente automatica "nuvole di punti" molto simili a quelle generate con laser scanner.

Per coprire l'intero modello sono state realizzate 24 triplette eseguendo delle prese nadirali da una distanza di circa 1.4 m dal fondo del canale (Figura 2). Le prese sono state effettuate imponendo una base di 0.10 m tra le due prese più esterne.



Figura 2

Per ogni tripletta è stata calcolata una "nuvola di punti" con un passo di circa un 1 mm. La successiva unione delle "nuvole di punti" attraverso tecniche di registrazione tipiche dell'elaborazione dei dati laser scanner ha consentito di ottenere un primo modello della superficie del canale. La sperimentazione condotta ha evidenziato la semplicità operativa della fase di rilievo e la buona affidabilità delle procedure di calcolo del sistema Z-Scan. Alcuni aspetti richiedono ulteriori approfondimenti, in particolare una verifica metrica condotta anche attraverso un confronto con rilievi laser scanner e uno studio sulle procedure di mosaicatura delle "nuvole di punti" generati che rappresenta una delle maggiori fonti di errore nella ricostruzione complessiva del fondo del modello fluviale.

## BIBLIOGRAFIA

Abd-Elrahman A., Gad-Elraab M., 2008. Using commercial-grade digital camera images in the estimation of hydraulic flume bed changes: case study. *SALIS (Surveying and Land Information Science)*, March 2008, vol. 68, n. 1.

Rieke-Zapp D.H., Nearing M.A., 2005. Digital close range photogrammetry for measurement of soil erosion. *The Photogrammetric Record*, 20(109), 69-87.

Franco V., Lo Brutto M., 2005. Impiego della fotogrammetria digitale per lo studio della morfologia del fondo di un modello fluviale. *Atti della 9° Conferenza Nazionale ASITA*, 15-18 novembre 2005, Catania.