

TECNICHE DI IMAGE PROCESSING PER LA CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA SUPERFICIALE IN AMBITO FLUVIALE

Massimo MASO

(*) Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione Dorsoduro 3593
30123 VENEZIA - tel. 041.714444 remote.sensing@adbve.it

Abstract

Una delle maggiori difficoltà che si presentano durante le campagne di misura per la caratterizzazione topografica e morfologica delle aste fluviali, e quella di effettuare analisi granulometriche in tempi brevi e con elevato dettaglio, impiegando al minimo risorse umane ed economiche.

Scopo di questo lavoro è la valutazione della fattibilità e lo sviluppo di un modulo software che prevede l'utilizzo di tecnologie image processing implementate nel linguaggio IDL.

La linea progettuale di questo lavoro cerca una soluzione di automatizzazione alla serie di operazioni manuali che devono essere eseguite durante i rilievi di campagna.

Introduzione

La stima numerica relativa alle dimensioni dei singoli clasti costituenti sedimenti o rocce appartenenti ad ambiti fluviali è una misura descrittiva fondamentale che permette di caratterizzare e migliorare la conoscenza dei meccanismi di trasporto e deposizione in tali ambienti.

Unitamente alla geometria dei territori indagati, i valori di granulometria vengono utilizzati da modelli matematici, integrati in ambiente GIS, che riproducono le dinamiche di trasporto solido delle aste fluviali.

Le informazioni derivate da tali dati sono propedeutiche alla realizzazione di Sistemi Informativi Territoriale orientati al supporto delle decisioni pianificatorie nell'ambito della valutazione e mitigazione dei rischi idrogeologici.

Le esperienze condotte nell'ambito della Pianificazione a scala di bacino dimostrano che, ai fini della valutazione dei fattori di rischio ambientale, oltre che alla precisa conoscenza planoaltimetrica georeferenziata della geometria del territorio in esame, risulta prioritaria e fondamentale la caratterizzazione dei parametri fisiografici;

E' solo infatti, con la precisa conoscenza di tali valori, che si possono ottenere proiezioni attendibili dai modelli di simulazione.

E' Dimostrata tale influenza, per esempio, nei casi di ricostruzione degli effetti morfologici di potenziali movimenti franosi durante eventi idrologici intensi, nelle operazioni di svasso di bacini artificiali o nelle simulazioni di eventi di piena naturali o artificiali.

In tutti questi casi le dinamiche di deposito, erosione, portate liquide e solide, livello del fondo vengono direttamente influenzate dalla scabrezza idraulica, parametro che varia nel tempo e nello spazio in funzione della composizione granulometrica.

Una delle maggiori difficoltà che si presentano durante le campagne di misura per la caratterizzazione topografica e morfologica delle aste fluviali, e quella di effettuare analisi granulometriche in tempi brevi e con elevato dettaglio, impiegando al minimo risorse umane ed economiche.

Sulla base delle esperienze mutuate dalle discipline del telerilevamento e di image processing, il presente lavoro propone la sperimentazione di un modulo software che utilizza algoritmi di elaborazione delle immagini basati sulle tecniche della morfologia matematica.

Questo lavoro propone una soluzione di automatizzazione alle serie di operazioni manuali che sono normalmente eseguite durante i rilievi di campagna.

Camminando sul luogo oggetto dei rilievi, immagini opportunamente acquisite, da fotocamere digitali a basso costo ma ad alta risoluzione geometrica, vengono elaborate dal modulo software sviluppato con codice IDL.

I risultati di tali elaborazioni sono la visualizzazione ed il salvataggio in tempo reale degli istogrammi delle frequenze e le curve granulometriche descrittive dei siti indagati.

I benefici di questo approccio sono da individuare nell'aumento delle velocità di esecuzione, sostanziale illimitatezza dei campioni di studio, bassi costi, ripetibilità dell'analisi.

Metodologia manuale Caratterizzazione e rilevamento granulometrico

Il procedimento che comunemente si utilizza, per il rilevamento granulometrico (che si vuole sostanzialmente automatizzare) è il metodo del "quadrillage" (FABRIZIO R. & BIANCO G., 2002; MEUNIER E ALTRI, 1987), adatto al rilevamento in campagna, per la caratterizzazione granulometrica dei sedimenti più grossolani appartenenti alle ghiaie.

Tale metodo consiste nel misurare la lunghezza dei tre assi principali ortogonali tra loro, di ogni clasto che si viene a trovare in corrispondenza dei nodi di una rete metallica a maglia quadrata Figura 1.

La distanza tra un nodo e il successivo, lungo l'asse verticale e quello orizzontale della medesima rete, è di 5 cm. È importante durante il rilevamento in campagna, localizzare un punto di campionamento rappresentativo dell'area in esame, dove siano presenti le diverse classi granulometriche.

Per assegnare una dimensione lineare ad ogni clasto, che si viene a trovare in corrispondenza di un nodo della maglia, si misurano le lunghezze dei tre assi principali e ortogonali tra loro ($a > b > c$; Fig. 2), calcolando successivamente la loro media aritmetica. Il valore così ottenuto rappresenta il diametro medio della particella di sedimento approssimata ad una sfera.



Figura 1- Rete metallica a maglia quadrata utilizzate nelle misure di campagna

Il campione rappresentato dalla porzione di sedimento ricoperto dalla superficie del “quadrillage”, viene diviso in classi di dimensione (o classi granulometriche: Tabella 2), ognuna delle quali contiene una certa percentuale di campione originario. Queste percentuali rappresentano sia la “frequenze di peso”, sia la “frequenza di numero” di ogni singola classe granulometrica.

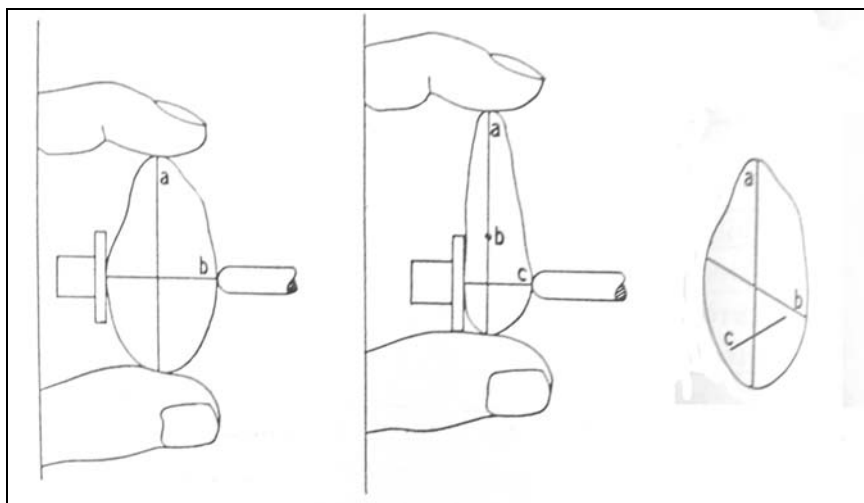


Figura 2-Misura dei tre assi principali $a > b > c$ di un ciottolo (da PETTIJOHN F. J., 1957)

KELLERHALS E ALTRI (1971) e MEUNIER E ALTRI (1987) hanno dimostrato che entrambe le frequenze sono equivalenti, almeno in linea teorica, e pertanto identica a quella che si ottiene per setacciatura. Nella pratica si è dimostrato che il metodo del “quadrillage” restituisce una curva di frequenza che approssima bene quella di setacciatura, solo per materiali grossolani, questo perché con tale metodo non è possibile ottenere dei risultati precisi per classi granulometriche di materiale molto fine (KELLERHALS E ALTRI, 1971).

Ottenute le frequenze per ogni classe granulometrica secondo la classificazione UDDEN WENTWORTH (Tabella 2), si costruisce l’istogramma di frequenza che definisce la distribuzione granulometrica nelle diverse classi e la curva granulometrica che rappresenta la distribuzione percentuale dei clasti.

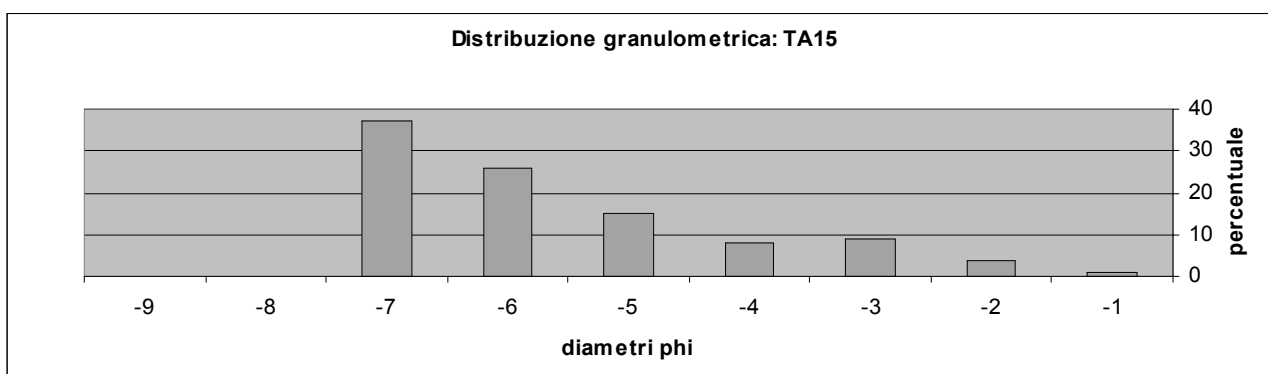


Figura 3-Istogramma delle frequenze

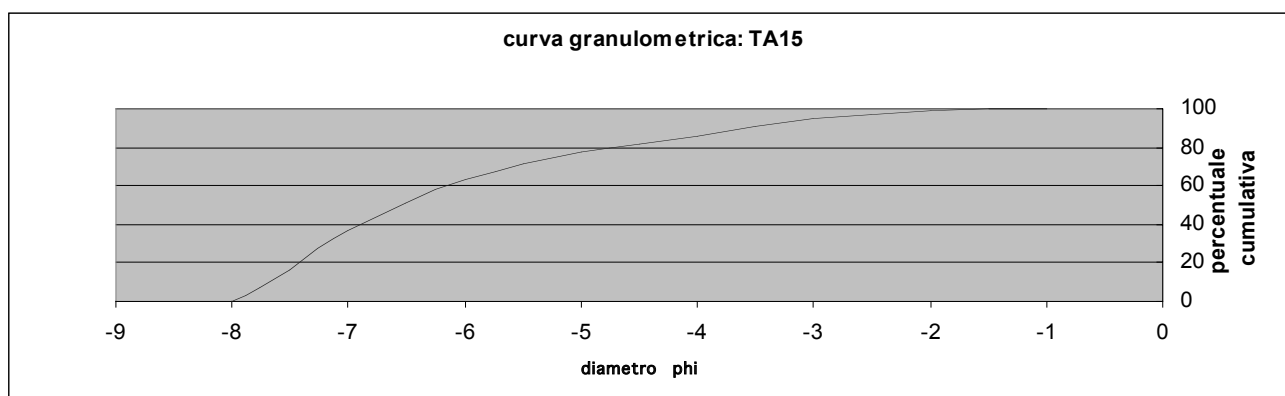


Figura 4 -: Curva granulometrica

Parametri granulometrici		
	phi	mm
d_{90}	-3,6	12,1
d_{50}	-6,5	90,5

Tabella 1: parametri granulometrici di monografia

Diametri		Classi granulometriche
d (mm)	scala Φ	
> 256	> -8	Masso
Da 256 a 128	Da -8 a -7	Ciottolo molto grossolano
Da 128 a 64	Da -7 a -6	Ciottolo grossolano
Da 64 a 32	Da -6 a -5	Ciottoletto medio – grossolano
Da 32 a 16	Da -5 a -4	Ciottoletto medio
Da 16 a 8	Da -4 a -3	Ciottoletto medio – fine
Da 8 a 4	Da -3 a -2	Ciottoletto fine
Da 4 a 2	Da -2 a -1	Granulo
Da 2 a 1	Da -1 a 0	Sabbia molto grossa

Tabella 2: classi granulometriche (UDDEN WENTWORTH)

Per facilitare la lettura dei diagrammi delle curve granulometriche e il trattamento statistico dei dati, KRUMBEIN W. C. e PETTIJOHN F. J. (1938) proposero l'uso della scala Φ , la quale, non è altro che la trasposizione in logaritmo in base due, della scala UDDEN WENTWORTH:

$$\Phi = - \log_2 d \quad (1)$$

Con tale scala diventa più facile e rapida la determinazione dei parametri granulometrici, e nell'interpretazione del loro significato geometrico.

Per via grafica si ricavano i parametri granulometrici tab1 :

- Φ_{50} : diametro medio dei clasti espresso nella scala Φ che rappresenta il 50% del sedimento trattenuto
- Φ_{90} : diametro medio dei clasti espresso nella scala Φ che rappresenta il 90% del sedimento trattenuto

Le letture dei due valori sopra descritti, vengono fatte sulla scala delle ordinate, in corrispondenza del 50% e del 90%. A tali valori la curva granulometrica fa corrispondere in ascissa le relative dimensioni nella scala Φ .

Dal Φ_{50} e Φ_{90} è possibile calcolare i corrispondenti valori in millimetri (d_{50} e d_{90}), attraverso la relazione (1).

Considerazioni sull'acquisizione delle immagini.

Il problema comune all'esecuzione di registrazioni in ambienti aperti è la variabilità dell'intensità luminosa che subordina il processamento delle immagini alle condizioni di luminosità del momento.

Per determinare una costante luminosità ambientale e di fatto una costante ripetibilità delle analisi, il sistema di acquisizione dovrebbe disporre di un impianto illuminotecnico.

Un possibile semplice schema di un impianto che illumina la scena oggetto del vaglio granulometrico, prevede il posizionamento di 3 lampade ad una determinata altezza e ai vertici di un ideale triangolo.

Le fonti luminose (primaria, secondaria e controluce) sono predisposte in maniera tale da evitare interferenze negative tra i vari fasci di luce, quali ad esempio effetti d'ombra, riflessioni, contrasti.

Tale disposizione oltre che a ridurre la presenza delle ombre degli oggetti illuminati produce un alone sui contorni degli stessi utile nelle fasi di discriminazione.

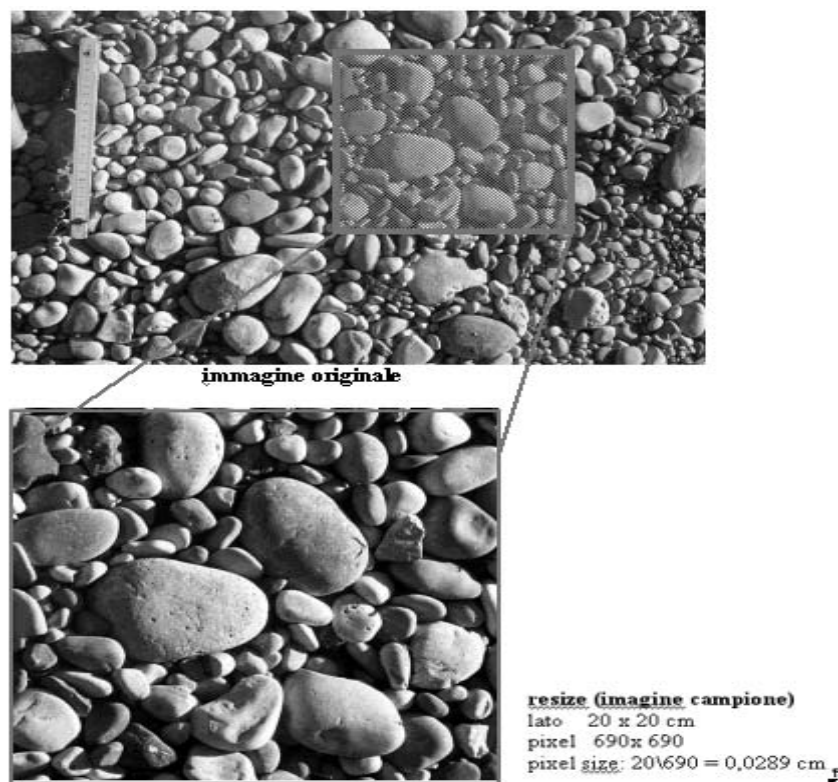


Figura 5- Acquisizione e resize dell'immagine da elaborare.

Acquisizione ed elaborazione delle immagini

In questa sperimentazione è stata utilizzata una strumentazione di tipo non "professionale" escludendo volutamente l'impiego di costose camere metriche.

La Fotocamera utilizzata è una normale Kodak dc 4800 con risoluzione 3.1 Mp, le impostazioni della camera sono state mantenute costanti ad ogni scatto.

Nella procedura di acquisizione, avvalendosi di una asta metrica per misure topografiche, si è scelto di collocare la camera ad una altezza di 1 metro in posizione perpendicolare all'area di indagine. Conoscendo l'esatta altezza del centro della focale ed i parametri della fotocamera si è potuto facilmente calcolare la dimensione del pixel delle immagini. (Fig 5)

Come ulteriore parametro di confronto, nelle aree di acquisizione è stata posta una dima metrica di riferimento. Risulta evidente che la qualità migliore delle immagini si ottiene nel momento di massima illuminazione e con il sole in posizione nadirale, questo presupposto pone però delle forti limitazioni nella programmazione delle operazioni di campagna che risulterebbero essere troppo dipendenti dalle condizioni meteo-climatiche. Il test di acquisizione è stato quindi eseguito in una giornata di normale insolazione ed in condizione di illuminazione naturale. Con lo scopo di valutare il funzionamento dello strumento analitico su dati derivati da operazioni di campagna reali, quindi in tempi diversi, ed in situazioni non regolarmente stabili, sono state rilevate tre tipologie di aree di studio posizionate in maniera standard, rispettivamente: aree piane in zona d'ombra, aree piane con illuminazione perpendicolare e aree collocate su superfici inclinate di circa 45°.

Le aree sono state individuate in base al rispetto di un criterio di omogeneità dal punto di vista della composizione dei materiali, e della morfologia e sono quindi stati scelte zone con clasti disposti su di un letto privo di impurità erba, legni.

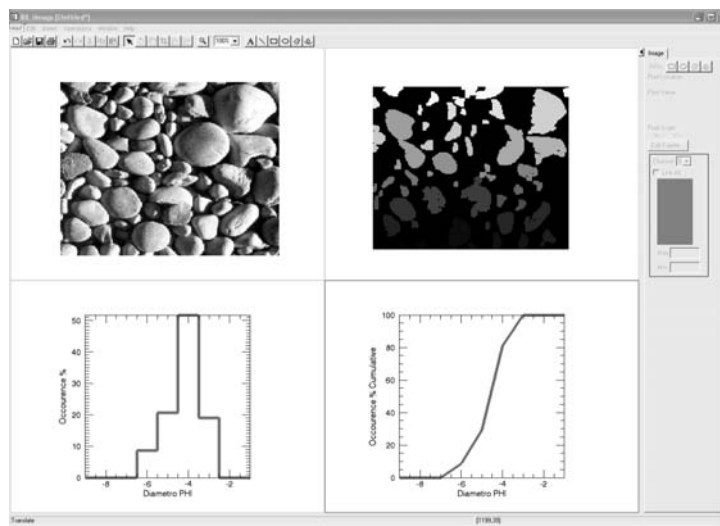


Figura 6-Software di elaborazione.

Le immagini acquisite, dopo una prima fase di elaborazione di calibratura e ridimensionamento vengono elaborate dal software. I data set risultanti sono costituiti dalle serie di istogrammi delle frequenze, le curve granulometriche e l'indicazione dei diametri minimi e massimi delle composizioni esaminate.

Le analisi di test hanno prodotto data set finali caratterizzati da parametri di buona accuratezza e precisione, sostanzialmente confrontabili con gli esami di vagliatura e calcolo manuali.

Verificata l'estrema importanza della qualità delle immagini acquisite, sono previsti ulteriori sviluppi, relativi all'implementazione dell'algoritmo di elaborazione morfologica con scale di valutazione, di controllo e modifica retroattiva dei parametri di illuminazione delle immagini

Bibliografia

- FABRIZIO R. & BIANCO G. (2002); *La ricostruzione dell'andamento granulometrico lungo un corso d'acqua nell'ambito degli studi di idraulica fluviale*. 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche.
- DANA H. BALLARD C.M. BROWN (1982); *Computer vision*. Prentice-Hall dep. Of computer science University of Rochester