

RILIEVO DI UNA CONFLUENZA DI TORRENTI IN ZONA ALPINA GRAZIE ALL'ORIENTAMENTO AUTOMATICO DI TRE IMMAGINI

Alice POZZOLI

DIAR – Politecnico di Milano, P.zza Leonardo da Vinci 32 20133 Milano, tel.0223996501, fax.0223996530,
alice.pozzoli@polimi.it

Riassunto

Questo lavoro è frutto di tre anni di ricerca e di una collaborazione tra conoscenze fotogrammetriche e idrauliche. L'obiettivo è quello di fornire una metodologia automatica di precisione e a basso costo, per il rilievo e la modellizzazione di una superficie dinamica in evoluzione nello spazio e nel tempo. Si vuole utilizzare questa procedura per il monitoraggio della confluenza di torrenti nella regione alpina.

Abstract

This work comes from three years of research and from a collaboration between photogrammetry and hydraulic knowledge. The idea is to develop an automatic and low-cost procedure to built a model of a surface temporal and spatio-changing. Among many different applications, an interesting project for the survey of a hydraulic 3D model of a stream confluence in the mountain area is going to be performed.

Procedura Automatica di Orientamento

Nell'ambito del dottorato in Geodesia e Geomatica, è stata sviluppata una procedura automatica di orientamento esterno di tre immagini che non necessita di una conoscenza a priori dei parametri incogniti. Precedentemente vengono orientate due coppie della terna di immagini, usando una ricerca esaustiva dei valori approssimati dei parametri incogniti. Si è così in grado di orientare, grazie a questo approccio non convenzionale, la coppia di immagini, ottenendo quattro configurazioni analiticamente accettabili. Note le informazioni a priori sulla geometria e sull'assetto di presa, è possibile scegliere una delle quattro soluzioni trovate. L'idea di introdurre una terza immagine permette di evitare l'intervento umano per trovare la soluzione finale. Infatti dopo aver ottenuto le quattro soluzioni possibili da ciascuna coppia, si esegue un concatenamento tra i due modelli, ottenendo così sedici combinazioni possibili, di cui solo due (le due soluzioni speculari) risultano essere coerenti con l'oggetto osservato. Si arriva successivamente alla soluzione cercata, orientando in un sistema di riferimento assoluto le due possibili soluzioni. Si elimina così in via automatica la soluzione non congruente.

Si è voluto così creare uno strumento di facile utilizzo per lo studio del comportamento della superficie dell'acqua alla confluenza di due torrenti in zona alpina. Grazie ad un accurato modello di proprietà del Laboratorio Fantoli di Idraulica e di Costruzioni Idrauliche del Politecnico di Milano, è stato possibile eseguire una prima presa fotogrammetrica con camere a bassa risoluzione per poter testare la metodologia precedentemente descritta. Come si può facilmente notare questa procedura può avere numerose applicazioni in innumerevoli campi non necessariamente fotogrammetrici, grazie alla sua automaticità e facile fruibilità.

Un Progetto per il Rilievo di un Modello Idraulico 3D di una Confluenza di Torrenti

Il Laboratorio Fantoli di Idraulica e di Costruzioni Idrauliche, del DIAR al Politecnico di Milano, ha un certo numero di modelli idraulici in 3D tra i quali, uno dei più importanti (come si può vedere in *Figura 8*) è una confluenza tra torrenti in zona montana. Infatti sia per la sua grandezza, sia per la sua natura, la confluenza dei due torrenti, Vallunga e Vallcorta, che dopo la loro confluenza formano il torrente Tartano è piuttosto importante per studiare un tipico fenomeno della regione alpina Valtellina nel nord d'Italia. Il rilievo di questo modello è stato portato a termine dopo un accurato studio e giudizio di esperti di Idraulica e di Costruzioni Idrauliche, tenendo in considerazione diversi fattori quali il rilievo dell'alveo dei tre torrenti e della loro confluenza, la superficie dell'acqua e il suo modificarsi per il trasporto solido che si deposita ed evolve sul fondo dell'alveo allo scorrere dell'acqua.

La Provincia di Sondrio ha incaricato il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Infrastrutture Viarie, Ambientale e del Rilevamento di sviluppare una serie di prove su modello fisico relative al comportamento idraulico della confluenza Val Lunga e Val Corta in Comune di Tartano. Immediatamente a valle della confluenza è posto un ponte stradale di attraversamento che è stato sormontato durante gli eventi di piena del 1987 (*Figura 1 e 2*); le prove su modello fisico hanno avuto lo scopo di verificare la situazione esistente, per individuare gli elementi critici del sistema, anche in relazione a quanto accaduto nel 1987, e definire eventuali modifiche per ridurre la vulnerabilità del ponte agli eventi di piena.



Figura 1 e 2 – Vista e Particolare degli Eventi del 1987.

Caratteristiche del modello

Il modello è stato realizzato in scala geometrica non distorta pari a 1:30; tale valore garantisce sezioni idriche relativamente ampie che permettono pertanto una buona accuratezza di misura dei livelli (*Figura 3*). Data la tipologia di problema, si è seguita la similitudine dinamica di Froude: il valore della scala geometrica garantisce valori sufficientemente elevati per i numeri di Reynolds e Weber da assicurare la trascurabilità delle distorsioni dovute agli effetti della viscosità e della tensione superficiale. I valori risultanti per le scale delle principali grandezze sono nel seguito riportati.

lunghezze	$\lambda_l = 1 : 30$
volumi	$\lambda_w = 1 : 27000$
velocità	$\lambda_v = 1 : 5.5$
tempi	$\lambda_t = 1 : 5.5$
portate	$\lambda_Q = 1 : 4930$

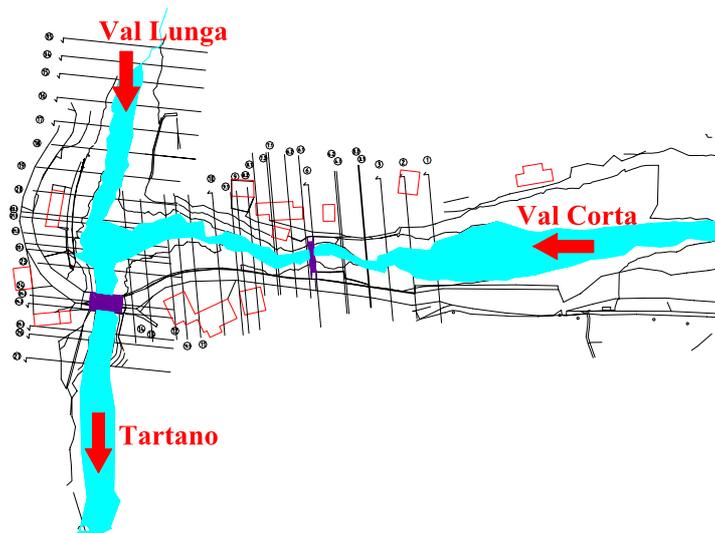


Figura 3 – Planimetria della zona.

Il modello è alloggiato in una struttura in muratura, appositamente costruita, di ingombro totale pari a 15 m². La struttura alloggia i tre tratti d'alveo e i serbatoi di alimentazione; due vasche metalliche in successione raccolgono, a valle, gli apporti liquidi e solidi, trattenendo i sedimenti e convogliando l'acqua verso il sistema di ricircolo.

Per ogni sezione è stata realizzata una sagoma in legno; tali sagome, posizionate nell'alloggio in muratura, sono servite da guida per la profilatura del conglomerato di riempimento, ricostruendo in tal modo la morfologia tridimensionale dell'alveo. Per una corretta riproduzione in scala della scabrezza del sistema, si è provveduto ad identificare i tratti d'alveo formati da sedimenti incoerenti e i tratti scavati direttamente nella roccia. Per questi ultimi si è ritenuta adeguata la finitura superficiale del cemento liscio, salvo aggiungere irregolarità locali fra sezione e sezione laddove necessario. Per i primi si è invece provveduto ad affondare nel cemento in fase di presa sassi di dimensione opportuna (5÷7 cm di dimensione massima), rappresentativi dei massi di maggiore dimensione che determinano la scabrezza d'alveo nel sistema reale.

Il ponte stradale e la passerella pedonale sono stati riprodotti in legno sulla base dei rilievi e di immagini fotografiche; entrambe le strutture possono essere rimosse per permettere la misura dei livelli idrici sottostanti.

La regolarità della portata circolante è garantita da un sistema di pompe a ricircolo e vasche sforanti da cui si dipartono le condotte di alimentazione; l'immissione delle portate nei due alvei avviene attraverso vasche di calma; l'elevata pendenza degli alvei garantisce una rapida estinzione degli effetti delle condizioni al contorno, sicché non è stato necessario regolare le profondità idriche di immissione. Sono stati invece realizzati due brevi tratti fittizi d'alveo fra i serbatoi di alimentazione e la prima sezione modellata per permettere una regolarizzazione del flusso immesso.

Rilievo fotogrammetrico

E' stato deciso di effettuare un rilievo fotogrammetrico sia statico che dinamico del modello in questione per poter meglio monitorare e misurare l'andamento della superficie dell'acqua in movimento. L'idea è quella di mettere al servizio di indagini idrauliche le conoscenze fotogrammetriche, nonché i programmi sviluppati nell'ambito del dottorato di ricerca in Geodesia e Geomatica.

Rilievo Statico

Il rilievo statico fotogrammetrico dell'alveo asciutto è stato effettuato da personale del Polo di Lecco, grazie all'utilizzo di fotocamere Nikon D100 con lunghezza focale di 20 mm di proprietà del polo suddetto. Sia la calibrazione della camera che l'orientamento delle immagini sono stati eseguiti

con il software Photo Modeller Pro vs 4.0. L'orientamento dei punti omologhi ha dato risultati soddisfacenti con precisioni millimetriche in tutte le direzioni (precisione in $x=0,0026$ m, precisione in $y=0,002007$ m e precisione in $z=0,003494$ m). Questo software oltre a permettere l'orientamento relativo delle immagini ha permesso di costruire un modello 3D, derivante dalla nuvola di punti rilevata, come mostrato in *Figura 4*. In un secondo tempo, è stato effettuato un rilievo topografico di inquadramento generale del modello (con una classica triangolazione topografica), per poterlo inserire e scalare nel sistema di riferimento voluto.

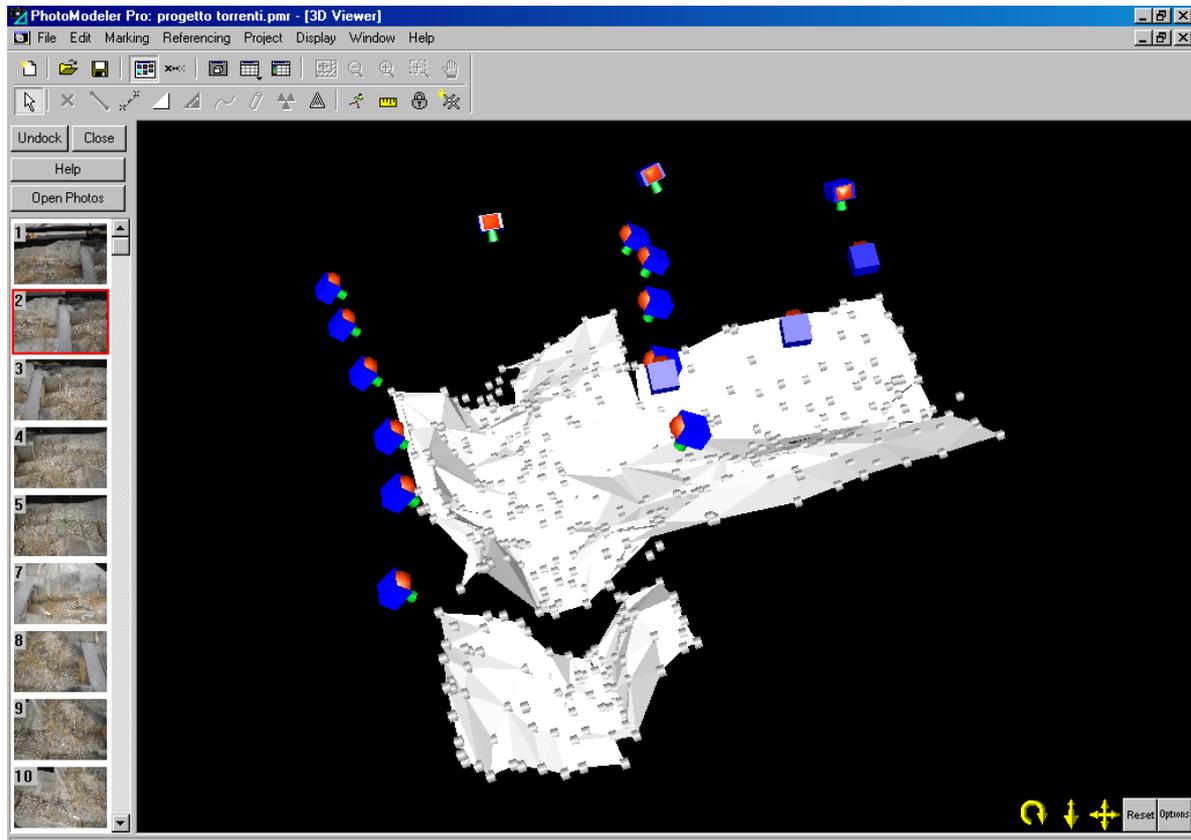


Figura 4 – Visualizzazione del Modello 3D con Photo Modeller.

Essendo oggi il laser scanner terrestre una delle tecniche più rapide per generare un DEM di un simile oggetto, verrà eseguito il rilievo dell'alveo asciutto anche attraverso tale strumento. Ciò permetterà di verificare l'esattezza della calibrazione della camera e la precisione delle misure fatte.

Rilievo Dinamico

Per quanto riguarda il rilievo dinamico, è stato utilizzato un sistema di tre camere digitali per eseguire un rilievo dinamico della superficie del pelo libero dell'acqua nel punto di confluenza dei torrenti. Si è scelto di effettuare riprese con fotocamere a bassa risoluzione. Il sistema utilizzato è formato da 3 webcam di proprietà dello studio Homometrica di Zurigo. Le tre fotocamere sono state disposte in una configurazione triangolare per un migliore funzionamento del programma che si vuole utilizzare per l'orientamento automatico di 3 immagini. Sono state effettuate diverse riprese, cercando di migliorare la riflettività dell'acqua grazie a luci e materiale posto in sospensione (segatura e carta), come si può osservare nelle *Figure 5, 6 e 7*. L'acqua che scorre risulta essere mossa; questo problema è dovuto alla velocità elevata dell'acqua e alla bassa frequenza di acquisizione delle immagini da parte del sistema di webcam. E' possibile risolvere il problema attraverso l'utilizzo di videocamere ad alta frequenza il cui impiego migliorerebbe sicuramente la qualità di ripresa raggiunta fino ad ora, ma farebbe perdere versatilità ed economicità al sistema.

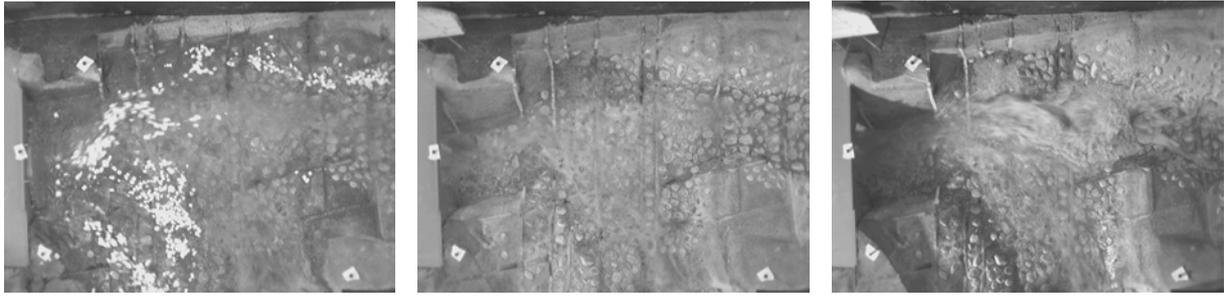


Figure 5, 6 e 7 – Immagini della Confluenza effettuate con il Sistema di webcam.

L'orientamento dei sensori verrà eseguito grazie alla metodologia globale sviluppata per l'orientamento automatico di 3 immagini (per maggiori dettagli: Pozzoli A., Mussio L., Scaioni M., 2004). I vantaggi di questo metodo sono rilevanti per le applicazioni proposte, in quanto non richiedono un intervento dell'utilizzatore il quale deve solamente introdurre i parametri d'ingresso (scala media dell'oggetto, distanza approssimativa tra le camere, etc.). Ciò permette che questa metodologia possa essere utilizzata anche da non esperti fotogrammetri, rendendo più fruibile queste tecniche sofisticate di rilievo.

La *Figura 9* mostra una foto della confluenza dei tre torrenti nel modello idraulico (*Figura 8*) che è il punto più monitorato per il suo particolare interesse e criticità.



Figura 8 – Vista Globale del Modello Idraulico 3D di Confluenza dei torrenti

Figura 9 – Area di Confluenza nel Modello Idraulico

Conclusioni e Futuri Sviluppi

Futuri sviluppi di questo progetto potrebbero essere altre applicazioni in diversi campi, test per migliorare la precisione delle correlazioni spazio-temporali di superfici in movimento e la creazione di un sistema di catalogazione di dati fotogrammetrici attraverso il linguaggio XML che permetterebbe di creare una base di dati ordinata e accessibile da diverse piattaforme di utilizzo. Questa applicazione è già in fase di studio grazie alla collaborazione tra il Dipartimento IIAR Sezione Rilevamento del Politecnico di Milano e il Laboratorio IRIS dell'INSA di Lione. La collaborazione è nata appunto dalla volontà di poter rendere ancora più vaste le applicazioni di questa procedura e per poter dare una maggior completezza al progetto in studio.

Ringraziamenti

L'autrice vuole ringraziare l'Ing. Marco Scaioni per la preziosa collaborazione e l'Ing. Nicola D'Appuzzo per il contributo dato nelle riprese fotogrammetriche nel rilievo dinamico.

Bibliografia

Mussio L., Pozzoli A. (2003), “Non-Linear Problems of Analytical Photogrammetry”, *ISPRS (Zagreb)*, XXXIV-6/W11: 210-215.

Mussio L., Pozzoli A. (2003), “Quick Solutions particularly in Close Range Photogrammetry”, *ISPRS (Ancona)*, XXXIV- 6/W12: 273-278.

Pozzoli A. (2003), “Ricerca Esaustiva e Soluzione Diretta dall’Orientamento Relativo all’Orientamento Assoluto”, *VII conferenza Nazionale ASITA 2003 (Verona)*: 1663-1670.

Pozzoli A., Mussio L., Scaioni M. (2004), “A Solution for the General Case of the Three-Image Orientation”, *XX ISPRS Congresss (Istanbul)*, XXXV-B3: 992-997.

Pozzoli A., Mussio L., Scaioni M. (2004), “A Project for the Survey of a Hydraulic Stream Confluence Model Based on a General Procedure for Three-Image Orientation”, *Commemorative Volume for the 60th birthday of Prof.Dr.Armin Gruen (Istanbul), Turkey, 18 July 2004*: 201-208.

Pozzoli A. and Mussio L. (2004), “Modelling Techniques for Temporal GIS”, *24th UDMS Congress ‘04 (Chioggia)*: 7.II.2.

Pozzoli A. (2004), “Orientamento Esterno di tre Immagini Applicato al Rilievo di un Modello Idraulico”, *VIII conferenza Nazionale ASITA 2004 (Roma)*: 1687-1692.

Mussio L., Poli D., Pozzoli A., “Symmetries and Topology for the Definition of Conceptual Models”, *2nd Italy-Canada Workshop on ‘3D Digital Imaging and Modelling-Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land’, Padova, 2005*: S1_8.

Ballio F., Franzetti S., Orsi E. (2004), “Studio Su Modello Fisico Della Confluenza Dei Torrenti Val Lunga E Val Corta In Comune Di Tartano”, *Pubblicazione del Laboratorio G. Fantoli (Politecnico di Milano), Milano, 27 aprile 2004*: 1-47.