

CYCLOP: ACQUISIZIONE E RESTITUZIONE DI PRESE STEREOSCOPICHE SENZA PUNTI DI APPOGGIO

Luca MENCI(*), Fulvio RINAUDO(**)

(*) MENC I SOFTWARE s.r.l.

Via Martiri di Civitella, 11 – 52100 AREZZO

Tel. 0575-300552 Fax 0575-355832

Email: luca.menci@menci.com

(**) Politecnico di Torino – Dipartimento di Georisorse e Territorio

C.so Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 TORINO

Tel. 011-5647700 Fax. 011-5647699

Email: rinaudo@polito.it

Riassunto

Il sistema CYCLOP è un sistema monocamera che trasferisce in ambito digitale la maggior parte dei vantaggi della bicamera e che implementa, dal punto di vista software, alcune soluzioni innovative. Esso è costituito da un supporto sul quale viene montata una sola camera che, traslando rigidamente lungo la base, consente la realizzazione di prese stereoscopiche prive di parallassi d'altezza. La traslazione rigida della camera garantisce l'allineamento e la complanarità tra gli assi fiduciali, nonché il parallelismo tra gli assi di presa, condizioni necessarie per l'eliminazione delle parallassi d'altezza. Il sistema CYCLOP consente di utilizzare qualsiasi tipo di camera (purché di essa sia noto l'orientamento interno) scelta in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da rilevare, senza dover richiedere alcuna calibrazione aggiuntiva del sistema. Il sistema CYCLOP comprende, inoltre, un software che consente l'immediato trattamento delle immagini digitali per la misura e la restituzione vettoriale tridimensionale.

Abstract

CYCLOP is a single camera system that transfers in digital photogrammetry application the most important advantages of the stereo-camera systems. CYCLOP is composed by a support where a single camera can be shifted in order to acquire stereoscopic pairs without height-parallaxes. The rigid shift of the camera guarantees the alignment and the co planarity of the fiducial axis and assures the parallelism of the taken axis.

CYCLOP allows using any kind of camera (metric, reseau-camera or pre-calibrated amateur camera): the user can choose the camera taking in mind the shape and the dimensions of the object to be surveyed.

CYCLOP is equipped by specific software that allows the immediate plotting of the acquired stereo-pairs.

Introduzione

Nelle applicazioni della fotogrammetria terrestre l'uso della bicamera rappresenta una soluzione ideale per il rilievo di oggetti di piccole e medie dimensioni, fissi o in movimento. Come è noto la bicamera è un sistema di presa fotogrammetrica costituito da due camere fotografiche montate su una base di lunghezza nota in modo tale da garantire il parallelismo tra gli assi di presa, la complanarità tra i due piani di formazione delle immagini e il parallelismo degli assi fiduciali interni. Le immagini fotografiche prodotte dalla bicamera possono essere direttamente utilizzate per la restituzione grazie alla conoscenza della lunghezza reale della base di presa.

Nel caso rappresentato in figura 1.b gli assi di presa, pur essendo orizzontali, non sono perpendicolari all'asta di scorrimento della slitta ma formano un angolo θ . Anche in questo caso si assumono nulli i parametri di orientamento della camera 2 e di conseguenza risultano nulli i parametri angolari della camera 1 per cui anche in questo caso la parallasse di altezza risulta ovunque nulla. Se s è la traslazione subita dalla camera la base risulta espressa dal prodotto $b = s \cos \theta$ e la restituzione avviene nel sistema di riferimento rappresentato in figura 1.b.

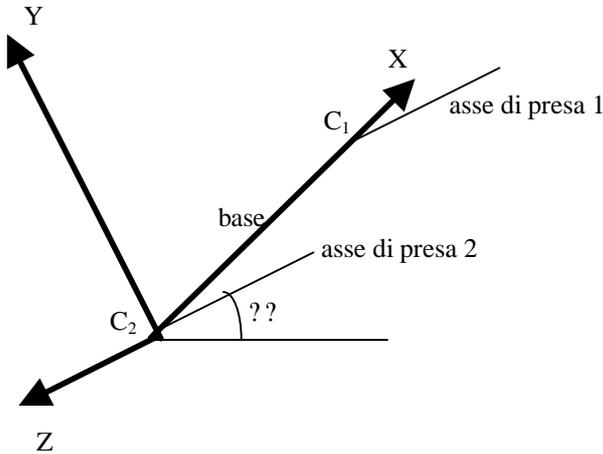


Figura 1.a

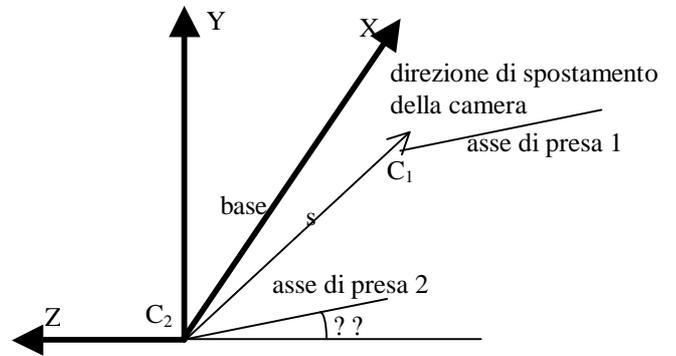


Figura 1.b

Per angoli θ inferiori a 5 gon la base b può essere posta uguale ad s con errori sistematici di scala inferiori a 10^{-3} , valore dello stesso ordine di grandezza degli errori di restituzione solitamente ottenibili con camere semimetriche e non metriche.

Un attento montaggio della camera può consentire di contenere i valori di θ ben al di sotto dei 5 gon. Qualora questa approssimazione non fosse accettabile la base di presa corretta può essere valutata utilizzando una distanza nota sull'oggetto ripreso. In ogni caso il sistema viene proposto con staffette di riferimento adattate ai vari modelli di camera fotografica che ne consentono il corretto allineamento.



Figura 2

In generale, le prese effettuate con il supporto del sistema CYCLOP contengono entrambi gli effetti prima descritti ma, come sopra dimostrato, si ottengono comunque immagini prive di parallasse d'altezza e, nella maggior parte dei casi, con un valore sufficientemente corretto della base di presa.

Il software di restituzione

Oltre al supporto per la realizzazione della presa stereoscopica, il sistema Cyclop comprende un software, SVCyclop, che consente la misura e la restituzione tridimensionale del soggetto inquadrato, esaltando la semplicità d'uso del sistema stesso.

SVCyclop infatti, appartenendo alla suite StereoView, presenta tutte le caratteristiche e le funzionalità del restitutore fotogrammetrico digitale, ma non necessita delle fasi propedeutiche di orientamento dei fotogrammi. Gli unici dati richiesti sono, oltre alla coppia di immagini prescelta, la base di presa e la selezione dei parametri di calibrazione dell'obiettivo utilizzato.

La misura tridimensionale può avvenire sia in stereoscopia, mediante opportuno hardware di visualizzazione stereoscopica, che in monoscopia, attraverso una tecnica denominata "stereofocusing", tramite la quale è possibile effettuare la collimazione dei punti omologhi con la stessa operatività che si ha mettendo a fuoco un'immagine in una camera reflex. Come si vede in figura 3.a, mentre una delle due immagini viene visualizzata a monitor, l'altra viene presentata in trasparenza all'interno di una piccola finestra mobile al centro della quale è presente la marca di collimazione. Agendo sul controllo della quota è possibile muovere lungo l'epipolare la seconda immagine all'interno della finestra mobile finché non venga eliminata la parallasse orizzontale in corrispondenza della marca. Questa operazione, che è assistita in tempo reale ed a vari livelli da algoritmi di image matching, si manifesta come una sorta di messa a fuoco di una immagine sull'altra, la cui corretta esecuzione è evidenziata dal passaggio da rosso a verde della cornice della finestra stessa. (si veda figura 3.b).

La semplicità d'uso e la limitata necessità di risorse richieste da questo tipo di operatività la rendono fruibile anche su un PC portatile, consentendo di fatto il controllo 3D delle prese direttamente nel luogo in cui queste vengono effettuate.

SVCyclop è dotato di funzionalità di rototraslazione dei sistemi di riferimento che consentono il riaggancio geometrico di modelli realizzati da stazioni diverse.

Il software SVCyclop può essere anche integrato in ambiente grafico AutoCAD 2000.

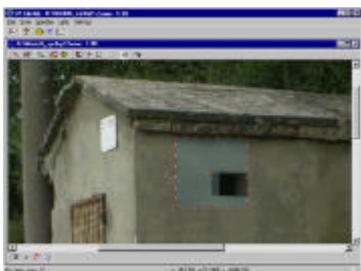


Figura 3.a

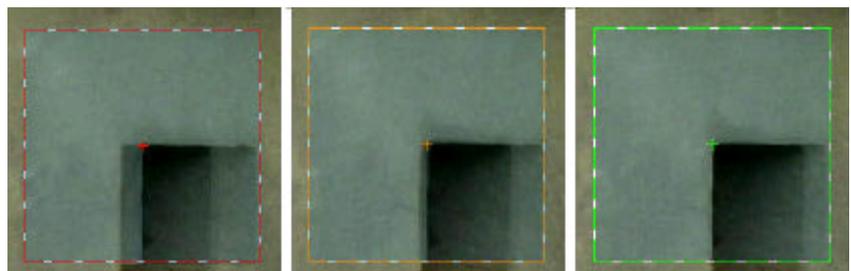


Figura 3.b

Test sperimentali

Sono stati eseguiti i primi test sperimentali per verificare il corretto funzionamento del sistema CYCLOP. Le prese sono state eseguite con la camera digitale NIKON D1 dotata di un obiettivo NIKKOR da 28 mm precedentemente calibrato ($c=28.981\text{mm}$, $k_1 = -1.52694\text{e-}8$, $k_2 = 3.45676\text{e-}15$).

Le prese sono state effettuate su due poligoni realizzati presso il Dipartimento di Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino. Il primo poligono comprende 30 segnali disposti all'interno di un cubo di circa 15 m di lato in modo da simulare le condizioni di presa di un edificio. Il secondo poligono è costituito da una lastra metallica di 20 cm di lato sulla quale è inciso un

reticolo di 1 cm di lato; sulla lastra sono presenti alcuni riferimenti di diversa altezza in modo da simulare la presa di oggetti di dimensioni centimetriche.

La prima serie di prove ha riguardato il calcolo dell'orientamento relativo simmetrico delle coppie acquisite al fine di verificare le ipotesi di funzionamento del supporto di presa; la tabella 2 riporta i risultati dell'orientamento relativo di una delle coppie trattate. In tutti i casi analizzati si è verificato il parallelismo previsto tra gli assi di presa.

	? [gon]	? [gon]	? [gon]
Immagine 1	0.00	0.95	-1.15
Immagine 2	-0.13	0.96	-1.15

Tabella 2 – Parametri angolari di orientamento di una coppia di immagini

La seconda serie di prove ha riguardato la verifica delle precisioni nella misura di coordinate e distanze tra i punti dei poligoni ripresi. Il primo poligono è stato ripreso alla distanza di 12 m con una base di presa di 0.9 m. Considerando lo s.q.m. di misura della parallasse lineare pari a metà della dimensione del pixel delle immagini, la precisione presunta nella misura delle coordinate risulta essere pari a circa 5 cm. Il confronto tra le coordinate del poligono determinate con operazioni topografiche di precisione e le coordinate determinate per via fotogrammetrica ha mostrato differenze ovunque inferiori a 4 cm.

Il secondo poligono è stato ripreso alla distanza di 1.3 m con una base di presa pari a 0.45 m. Sono state misurate le lunghezze di 50 lati della maglia incisa sulla piastra metallica. La tabella 3 riporta sinteticamente i risultati dell'analisi degli scarti $\Delta = d' - d$ riscontrati tra le distanze misurate (d') e le distanze di taratura del poligono (d).

$m(?) =$	-0.01 mm	? =	? 0.06 mm
$m(?) =$	0.15 mm	? =	? 0.04 mm

Tabella 3 – Medie e s.q.m. degli scarti sul secondo poligono

Conclusioni

Le prove sperimentali eseguite hanno dimostrato il corretto funzionamento del sistema in tutte le sue parti. I risultati metrici acquisiti confermano il raggiungimento delle prestazioni tipiche di una camera digitale non metrica del tipo di quella utilizzata nel corso delle prove; questo significa che il supporto non introduce errori significativi.

Rispetto ai tradizionali sistemi bicamera, CYCLOP presenta lo svantaggio di non poter essere utilizzato per il rilievo di oggetti in movimento; per contro consente una grande versatilità in quanto non è legato a un tipo particolare di camera da presa.

Il sistema CYCLOP rappresenta dunque una nuova soluzione al problema della presa di coppie stereoscopiche prive di parallasse di altezza e direttamente utilizzabili senza alcuna operazione di orientamento esterno.

L'utilizzo delle moderne tecniche di fotogrammetria digitale apre al sistema CYCLOP un ampio spettro di possibili applicazioni nel campo del rilevamento di edifici, statue, reperti archeologici, oggetti museali. L'estrema velocità di utilizzo e il costo limitato del sistema nel suo insieme consentono di prevedere utili applicazioni anche nel campo del rilevamento di incidenti stradali dove risulta estremamente importante ridurre al minimo i tempi di occupazione della zona da rilevare e nello stesso tempo poter disporre di una serie di dati oggettivi e facilmente verificabili.

Considerati i possibili campi di applicazione e i livelli di precisione solitamente richiesti è logico prevedere l'utilizzo quasi esclusivo di camere digitali non metriche e/ o metriche; qualora fossero

richieste precisioni maggiori il sistema CYCLOP è in grado di supportare prese eseguite con le tradizionali camere fotografiche metriche e semimetriche.



Figura 4

Bibliografia

Kraus K. (1998) – *Fotogrammetria* (trad. S. Dequal) – Levrotto&Bella Torino