

Importanza della self-calibration nei blocchi fotogrammetrici acquisiti da UAV

Diana Pagliari, Livio Pinto

DICA-Politecnico di Milano, p.zza L. da Vinci, 32 – 20133 Milano. tel. 0223996543; diana.pagliari@polimi.it
tel. 0223996525; livio.pinto@polimi.it

Riassunto esteso

La calibrazione delle camere fotogrammetriche ricopre da sempre un ruolo fondamentale per poter eseguire delle misure corrette sulle immagini acquisite in fase di rilievo: le procedure di calibrazione in laboratorio per le camere aeree hanno da tempo raggiunto un elevato livello di maturità, ma difficilmente sono applicate per fotocamere compatte e a basso costo. Queste ultime, in virtù delle ridotte dimensioni e peso, sono impiegate sempre più frequentemente a bordo di piattaforme UAV (Unmanned Aerial Vehicle) e, proprio perché a basso costo sono caratterizzate da ottiche che spesso sono fonti di importanti distorsioni sulle immagini.

La calibrazione di tali dispositivi è solitamente effettuata prima o dopo il volo, però i parametri stimati non sono sempre rappresentativi delle effettive distorsioni che incidono sui dati acquisiti in fase di volo, a causa delle sollecitazioni meccaniche che si verificano nelle fasi più delicate della ripresa, come atterraggio e decollo. A parere degli autori è quindi importante che esse siano corrette contestualmente alla compensazione del blocco fotogrammetrico.

Inoltre le fotocamere a basso costo equipaggiate con sensori CMOS (che permettono di realizzare camere con dimensioni inferiori rispetto a quelle equipaggiate con sensori CCD) usualmente montano degli otturatori elettronici a linea scorrevole (rolling-shutter), invece del più costoso global shutter: il sensore non viene quindi esposto simultaneamente in tutte le sue parti. In pratica l'acquisizione viene realizzata mediante una slitta che scorre lungo il sensore scansionando passo passo il frame ed esponendo le diverse parti del sensore in tempi diversi: i dati così acquisiti sono poi fusi insieme in una sola immagine. Questo metodo di acquisizione causa distorsioni all'interno dell'immagine, che risulta allungata o compressa in funzione del movimento relativo sensore-oggetto, qualora l'oggetto ripreso cambi la propria posizione in un tempo inferiore a quello necessario per acquisire l'intera immagine o qualora sia la camera stessa in movimento (ad esempio quando è installata su una piattaforma UAV).

Modelli di calibrazione

La calibrazione di una camera fotogrammetrica prevede la stima della focale della camera, della posizione del punto principale e delle distorsioni delle lenti che costituiscono la sua ottica. In molti software fotogrammetrici le sole distorsioni stimate sono quelle radiali e tangenziali per limitare i problemi di sovrapparametrizzazione, mentre in molte applicazioni di computer vision non viene utilizzata una completa e rigorosa procedura di calibrazione e si utilizzano solo valori approssimati (ricavati ad esempio dal file Exif associato ad ogni immagine), oppure il modello implementato non è noto. In accordo con (Remondino e Fraser, 2006) è possibile classificare le procedure di calibrazioni in due categorie sulla base del modello funzionale utilizzato:

- Modelli basati sulle equazioni di collinearità che richiedono un network multi-immagine e corrispondenze di almeno 5 punti. A causa della natura non lineare del problema, essi richiedono dei parametri approssimati e le distorsioni sono stimate con un processo iterativo ai minimi quadrati.

- Modelli basati sulla matrice essenziale (o fondamentale) necessitano di 6-8 corrispondenze tra punti e sono basati su un modello lineare. Le stime risultano però essere abbastanza instabili e la stima dei parametri di distorsione è più complessa.

A parere degli autori, nel caso di fotocamere con otturatore rolling shutter è necessario utilizzare modelli basati sulle equazioni di collinearità (Fraser, 1997) che comprendano anche i parametri b_1 e b_2 , i quali modellizzano rispettivamente le distorsioni affini e quella di taglio:

$$\begin{cases} Dx = x_0 + x(K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^3 + K_3 \cdot r^6) + P_1(r^2 + x^2) + 2 \cdot P_2 \cdot x \cdot y + b_1 \cdot x + b_2 \cdot y \\ Dy = y_0 + y(K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^3 + K_3 \cdot r^6) + P_2(r^2 + y^2) + 2 \cdot P_1 \cdot x \cdot y \end{cases} \quad (1)$$

Dove D_x e D_y rappresentano le correzioni da applicare al modello di collinearità, i parametri K_i rappresentano le distorsioni radiali, P_i le distorsioni tangenziali, b_1 e b_2 rappresentano rispettivamente le distorsioni affini e di taglio.

Simulazioni

Con lo scopo di verificare gli effetti del rolling shutter sono state svolte una serie di simulazioni, ipotizzando una griglia di 60x60 punti con passo 2 metri. Si è ipotizzato un blocco fotogrammetrico costituito da tre strisciate con immagini acquisite ogni 3 metri e interasse tra le strisciate pari a 13,5 metri, in modo da garantire un ricoprimento laterale del 50% e un ricoprimento longitudinale del 75%. La camera utilizzata per le simulazioni è una camera ad infrarossi Tetracam ADClite, caratterizzata da una focale di 8 mm e da un otturatore a linea con scorrimento verticale di tipo rolling shutter. Si è ipotizzato di installare la fotocamera su un drone che vola a 35 metri di quota e si muove con una velocità pari a 2 m/s, considerando diverse configurazioni della camera stessa: in particolare si è ipotizzato che l'otturatore a linea si muova lungo la direzione di volo o nella direzione ad essa trasversale. Le osservazioni sulle immagini sono state stimate con il programma scientifico Calge (Forlani, 1986) e ad esse è stato poi applicato un errore casuale (distribuito normalmente con sqm pari alla precisione delle osservazioni fotogrammetriche, pari a 4 micrometri nel caso considerato). Le coordinate immagine sono state poi traslate sulla base del modello riportato in (2) in modo da simulare l'effetto del rolling shutter.

$$s_r = v_{UAV} \cdot (r \cdot t_f + t_{exp}) \cdot \frac{c}{h} \quad (2)$$

Dove r rappresenta la riga del sensore dove si trova l'otturatore a linea, t_f il tempo che impiega la finestra per spostarsi da una linea alla successiva, t_{exp} il tempo di esposizione, c la focale della camera e h la quota di volo.

Sulla base delle simulazioni svolte è emerso come i parametri aggiuntivi di calibrazione b_1 e b_2 siano in grado di correggere l'effetto del rolling shutter ed in particolare b_1 è significativo qualora l'otturatore a linea si muova lungo la direzione di volo, mentre b_2 risulta significativo se la direzione di volo è trasversale alla direzione di movimento della slitta.

Attualmente gli autori stanno studiando l'applicazione di quanto illustrato anche su alcuni casi reali, ottenendo comunque significativi risultati qualora si consideri una self-calibration completa a 10 parametri

Bibliografia

- Remondino F, Fraser C. (2006). "Digital camera calibration methods: considerations and comparisons". *ISPRS Commission V Symposium, volume 6*, pp. 266-272.
- Forlani G (1986). "Sperimentazione del nuovo programma CALGE dell'ITM". *Bollettino SIFET* No. 2, pp. 63-72.
- Fraser, C.S., (1997). "Digital camera self-calibration". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 52*, pp. 149-159.