

Un applicativo per il raddrizzamento fotogrammetrico senza informazioni metriche nello spazio oggetto

Luigi Barazzetti

Politecnico di Milano, Dip. Building Environmental Science and Technology
P.za Leonardo da Vinci 32, Milano, luigi.barazzeit@polimi.it

Riassunto esteso

L'articolo introduce "Metric Rectifier" (MR), un applicativo per il raddrizzamento fotogrammetrico implementato dalla sezione Rilevamento del Laboratorio IC&T del Politecnico di Milano. MR, sviluppato in ambiente MATLAB, è disponibile all'indirizzo www.icet-rilevamento.lecco.polimi.it. Oltre alle tradizionali procedure per la formazione di fotopiani MR utilizza una procedura di elaborazione basata sui parametri di calibrazione della camera e sull'individuazione della *vanishing line*. In questo riassunto il funzionamento generale del metodo verrà solamente introdotto, mentre maggiori dettagli sono descritti in Barazzetti (2011).

Il vantaggio offerto da questa particolare metodologia di raddrizzamento consiste nell'evitare l'acquisizione delle tradizionali informazioni metriche (distanze, punti di appoggio, ...) nello spazio oggetto. Il principio di funzionamento si basa sulla stima di una rotazione sintetica che porta l'asse ottico della camera a coincidere con la normale del piano oggetto. Collins e Beveridge (1993) hanno dimostrato come questa informazione possa essere stimata a partire dalla *vanishing line* \mathbf{l}^* e dalla calibrazione della camera utilizzata, incapsulata in una matrice \mathbf{K} di dimensione 3×3 che contiene i parametri di orientamento interno (Hartley e Zisserman, 2004).

Nelle comuni applicazioni fotogrammetriche le camere impiegate vengono normalmente calibrate ed è pertanto possibile generare una immagine priva di distorsione, portando il punto principale nel centro e stimando il valore di distanza principale c . Alcuni software commerciali (per esempio iWitness, Australis o PhotoModeler) permettono il completamento delle operazioni di calibrazione in pochi minuti ed in modalità completamente automatica sfruttando opportuni target codificati. Per applicazioni che richiedono una minore accuratezza geometrica dell'immagine raddrizzata, c può essere sostituita con il valore della focale f , come ad esempio accade spesso nelle applicazioni di Computer Vision.

La *vanishing line* potrà invece essere stimata qualora nel piano dell'immagine siano visibili set di rette tra loro parallele corrispondenti, per esempio, a figure quali parallelogrammi o rettangoli nello spazio oggetto.

È ben noto come l'operazione di raddrizzamento consiste nella stima di una trasformazione omografica, che può essere modellizzata matematicamente tramite una matrice non singolare \mathbf{H} con 8 gradi di libertà. Nel caso in cui la camera venga calibrata, la trasformazione può essere calcolata usando una particolare omografia della forma $\mathbf{H} = \mathbf{K}\mathbf{R}\mathbf{K}^{-1}$, ove \mathbf{R} è composta da un set di vettori ortonormali stimati a partire da \mathbf{K} e \mathbf{l}^* .

Il problema si riduce alla generazione di una base ortonormale di \mathbb{R}^3 di cui è noto a priori un solo versore. La stima dei rimanenti vettori è affetta da una ambiguità che porta ad un numero infinito di soluzioni (dato un generico vettore di \mathbb{R}^3 vi sono infiniti vettori ad esso ortogonali) corrispondenti all'impossibilità di fissare la rotazione dell'immagine raddrizzata attorno alla normale al piano della stessa. Ciò rende comunque possibile la creazione del fotopiano senza misurare alcuna informazione metrica nello spazio oggetto, come distanze, rapporti di distanze, angoli, punti di appoggio, ecc. Ovviamente, non essendo noto alcun fattore di scala (deducibile solo da

informazioni metriche nello spazio oggetto) sarà presente una ulteriore ambiguità che tuttavia non inficia le proprietà metriche dell'immagine finale.

In figura 1 sono riportati 3 esempi di operazioni di raddrizzamento secondo la procedura proposta. Nel primo (a – Giovanni Bellini - Calvario) e nel secondo caso (b – La piramide del Louvre) il raddrizzamento è stato eseguito a partire dai parametri di calibrazione e dalla misura nel piano dell'immagine di un rettangolo (la cornice) ed un parallelogramma. Nessuna informazione metrica numerica (ad esempio il rapporto base-altezza nel primo caso) è stata quindi utilizzata. L'immagine dell'edificio c (“Dockland office building” – Amburgo) è invece stata scaricata direttamente da Internet ed è noto solo il valore di distanza focale, ricavato dagli EXIF associati all'immagine. Siccome tale facciata ha la forma di un parallelogramma, queste informazioni permettono un raddrizzamento (approssimato in quanto c viene sostituita da f) al fine di ripristinare le proprietà metriche.

Oltre alla procedura appena descritta (sinteticamente), MR dispone anche delle classiche funzioni per il raddrizzamento digitale, quali l'uso di punti di appoggio o di rapporti base-altezza noti.

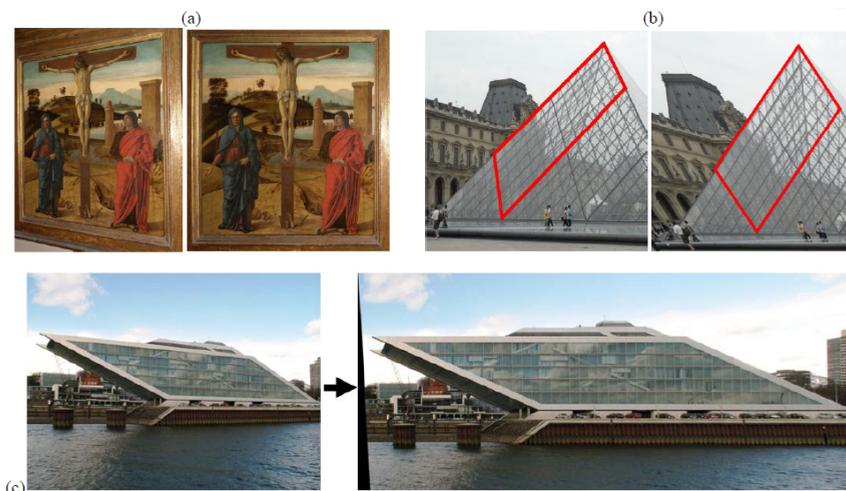


Figura 1 – Alcuni esempi di oggetti raddrizzati con Metric Rectifier.

Ringraziamenti

Si ringraziano Gianfranco Forlani, Marco Scaioni, Mario Alba, Fabio Roncoroni e Mattia Previtali per il supporto teorico e pratico fornito nel corso del presente lavoro.

Bibliografia

Barazzetti, L. (2011). Metric rectification via parallelograms. Proc. of SPIE Optics+Photonics, Vol. 8085, 23-26 May, Munich, Germany.

Collins, R. T. and Beveridge, J. R. (1993) Matching perspective views of coplanar structures using projective unwarping and similarity matching. Proceedings of CVPR, New York City, 9 pp.

Hartley R., Zisserman A. (2004). Multiple View Geometry in computer vision. Cambridge University Press., Cambridge, 672 pp.