

Correzione geometrica automatica ed altamente accurata di dati RADARSAT-2 senza punti di controllo a terra

Philip Cheng e Thierry Toutin

Il satellite RADARSAT-2

Radarsat-2 è un satellite commerciale Synthetic Aperture Radar (SAR) canadese di seconda generazione, ed è stato progettato con grandi miglioramenti tecnici rispetto al suo predecessore, Radarsat-1.

Radarsat-2 è stato lanciato nel Dicembre 2007; è il satellite SAR C-band commerciale più avanzato e preannuncia una nuova era nelle performance, nella flessibilità e nell'offerta di servizi.

I miglioramenti tecnici più importanti sono: 1) risoluzione da 3 a 100 metri per permettere un grande range di applicazioni. 2) flessibilità nella selezione della polarizzazione (HH, HV, VV e VH) per discriminare meglio i vari tipi di superfici e migliorare l'identificazione degli oggetti. 3) possibilità di orientare il sensore a destra e sinistra in modo da diminuire i tempi di rivisitazione. 4) i ricevitori GPS a bordo del satellite forniscono informazioni di posizionamento real-time.

Correzione geometrica di dati Radarsat-2

Per la maggior parte delle applicazioni SAR è necessario proiettare i dati in un sistema di coordinate piane. L'ortorettifica è un comune processo di correzione che richiede l'uso di un modello geometrico rigoroso - calcolato da punti di controllo a terra (GCP) raccolti dall'utente - e di un modello digitale della quota (DEM).

Tuttavia la raccolta dei GCP può essere un grosso problema, soprattutto in aree inaccessibili o in situazioni di emergenza. Poiché il satellite Radarsat-2 ha più ricevitori GPS a bordo, con un accurato sistema di posizionamento real-time, questa informazione può essere potenzialmente usata nella correzione geometrica e nella riproiezione dei dati, senza bisogno di raccogliere GCP. In questo articolo si analizzerà l'accuratezza della correzione geometrica di diversi dati Radarsat-2 senza l'uso di GCP e utilizzando due diversi modelli il Rational Function Model (RFM) e il modello di Toutin

RFM/RPC

I dati RADARSAT-2 sono forniti insieme a un Rational Function Model di terzo ordine e a 80 coefficienti RPC. La correzione con modello RPC ha cominciato a ricevere grande attenzione con il lancio del satellite Ikonos. Con questo modello la correzione geometrica può avvenire senza l'uso di GCP, ma solo con un DEM, necessario per correggere le distorsioni nella quota.

Modello di Toutin

Il modello di Toutin è un modello 3D rigoroso sviluppato da Thierry Toutin al Canada Centre for Remote Sensing (CCRS). Questo modello è stato recentemente adattato alle specifiche di Radarsat-2 con elevata precisione. Il modello è molto robusto ed è stato applicato con successo con pochi GCP (3-8) a dati SAR e ottici in tutto il mondo per 20 anni. Utilizzando GCP di buona qualità, l'accuratezza del risultato è entro 1/3 di pixel per immagini a media risoluzione, da 1 a 2 pixel per immagini ad alta risoluzione, e entro una cella per immagini SAR. L'unico inconveniente del modello Toutin è che per le immagini SAR è richiesto un minimo di 8 GCP.

Nuovo modello Toutin ibrido

Il nuovo modello di Toutin ibrido è stato il più recente miglioramento del modello originale per Radarsat-2, e usa la sinergia del modello di Toutin e dell'RFM. I metadati contenenti gli RPC sono l'unico input richiesto per il modello di Toutin al fine di calcolare tutti i parametri della correzione. Un importante vantaggio di questo modello ibrido è la possibilità di essere applicato senza GCP; è comunque sempre necessario un DEM accurato.

Dati test Radarsat-2 e software utilizzati

Per confermare gli studi precedenti, sono stati fatti altri test nell'ambiente PCI Geomatics su 4 aree di studio, che variano per morfologia del territorio e uso del suolo. I risultati sono stati validati con check point indipendenti derivati da GPS differenziale.

Per eseguire questi test si è utilizzato il software di PCI, OrthoEngine V 10.3.2

Beauport, Canada

Beauport è situato a nord di Quebec City, in Quebec, Canada. Su quest'area sono state acquisite due immagini Radarsat-2 di tipo SLC (Single Look Complex) con polarizzazione VV, una il 10 e l'altra il 14

Settembre 2008. Su entrambe le immagini sono stati raccolti 58 punti DGPS con accuratezza a terra di 10-20 cm. Questi sono stati usati come ICP per la validazione. La tabella 1 mostra che applicando il modello RPC senza un post-processing si sono generati errori di decine di metri e 1-2 metri di deviazione standard. Il nuovo modello ibrido di Toutin ha corretto la maggior parte degli errori degli RPC, portando ad un errore medio di 1-2 metri, che è accettabile per la maggior parte delle applicazioni cartografiche. Le figure 1a e 1b mostrano i dati ortorettificati usando rispettivamente RFM/RPC e il modello ibrido di Toutin sovrapposti a Google Earth.

Model	Mode & Beam (Incidence angle)	Bias (m)		Standard deviation (m)	
		X	Y	X	Y
RFM/RPC	U2 (31.5°)	43.0	-5.6	2.6	1.9
	U25 (48°)	-14.1	1.8	1.1	0.8
New Toutin's hybrid	U2 (31.5°)	-1.1	2.4	1.9	1.9
	U25 (48°)	1.2	2.4	1.7	1.7

Tabella 1



Figura 1a



Figura 1b

Toronto, Canada

Toronto è un'area urbana con quote tra 80 e 200 m. ; sono stati acquisiti 3 diversi dataset di Radarsat-2 ad Agosto e Settembre 2008. sono stati acquisiti 9 DGPS con accuratezza di 1 metro a terra. La tabella 2 mostra i risultati statistici degli RPC senza post-processing, e con il nuovo modello ibrido. Con il modello ibrido di Toutin gli errori sono stati diminuiti significativamente. Nuovamente Le figure 2a e 2b mostrano i dati ortorettificati usando rispettivamente RFM/RPC e il modello ibrido di Toutin sovrapposti a Google Earth

Model	Mode & Beam (Incidence angle)	Bias (m)		Standard deviation (m)	
		X	Y	X	Y
RFM/RPC	S1 (24°)	-72.8	-15.4	3.0	2.9
	F6 (48°)	-39.5	-2.6	4.0	3.6
	U7 (35.5°)	-57.6	-7.6	3.5	4.6
New Toutin's hybrid	S1 (24°)	1.8	-5.2	3.4	3.9
	F6 (48°)	-4.7	0.2	3.5	3.6
	U7 (35.5°)	-4.5	3.1	1.9	4.8

Tabella 2

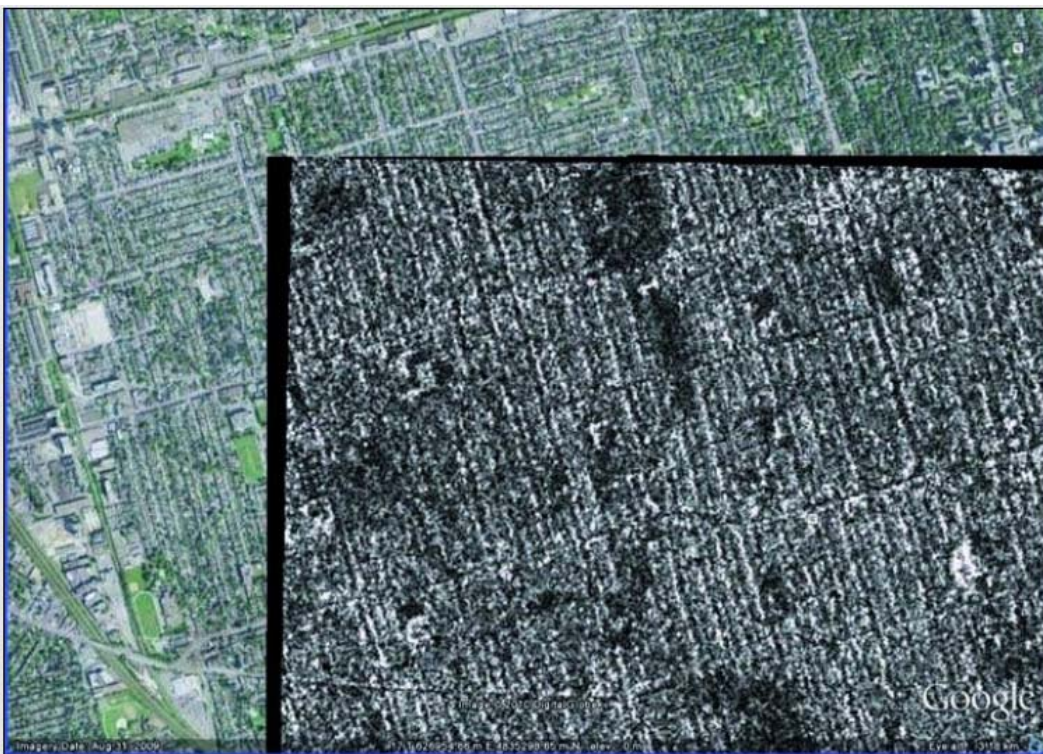


Figura 2a

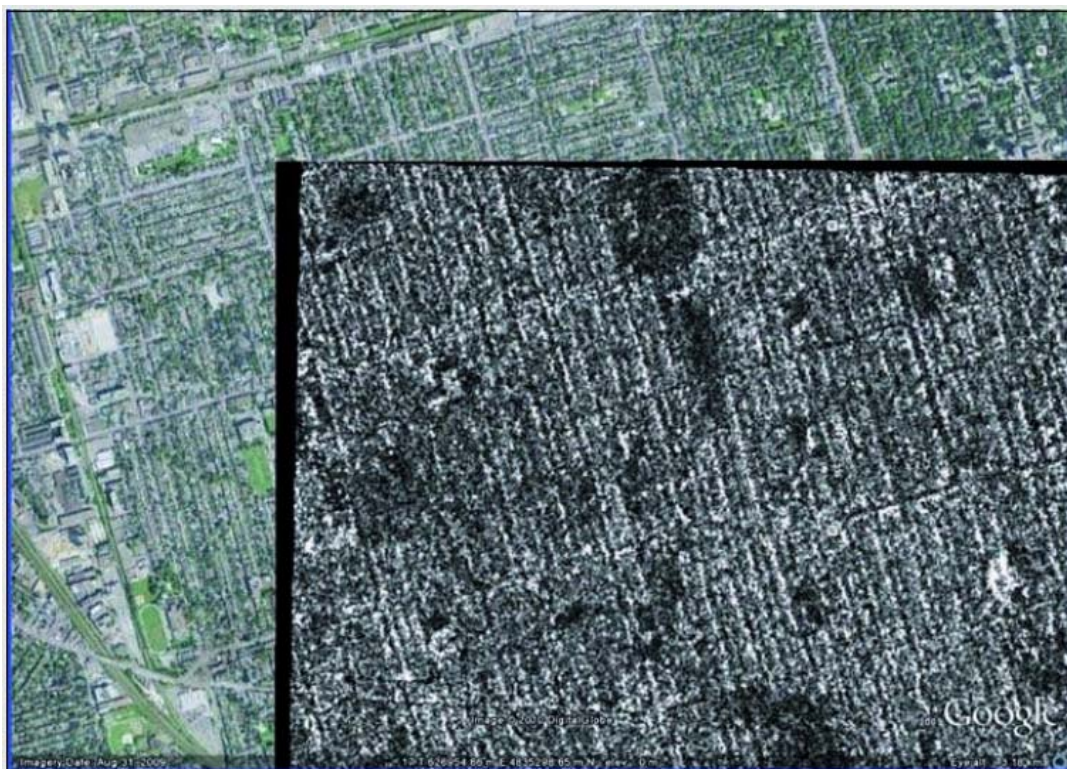


Figura 2b

Morrison USA

Morrison è un'area principalmente montuosa, con quote tra 1600 e 1800 m. A causa del territorio montuoso sono stati acquisiti solo 4 punti DGPS con accuratezza di 1 metro. La tabella 3 mostra i risultati dell'RPC senza post-processing e del nuovo modello ibrido: di nuovo si nota un miglioramento negli errori. La figura 3 mostra i dati ortorettificati con il modello di Toutin.

Model	Bias (m)		Standard deviation (m)	
	X	Y	X	Y
RFM/RPC	26.6	0.4	6.1	1.9
New Toutin's hybrid	9.0	-0.7	1.7	2.0

Tabella 3



Fig. 3

Mosaicatura automatica di dati Radarsat-2

La generazione di dati Radarsat-2 ortorettificati con elevata accuratezza significa che ora è possibile creare mosaici di grandi aree o di un intero paese senza GCP e usando un DEM accurato. Tuttavia la mosaicatura e il bilanciamento del colore sono solitamente processi molto lunghi. Gli strumenti di PCI per la mosaicatura automatica permettono di risparmiare moltissimo tempo, evitando le operazioni di raccolta manuale delle cutline e il bilanciamento.

Il processo automatico di mosaicatura dovrebbe essere utilizzato solo con il modello ibrido di Toutin per ottenere una miglior accuratezza.

Conclusioni

Questo articolo ha dimostrato la superiorità del nuovo modello ibrido di Toutin in affidabilità, riduzione degli errori, efficienza. D'altra parte, il modello RPC senza post-processing non può generare immagini orto e mosaici accurati, principalmente a causa degli errori randomici che si presentano nei dati dovuti a diversi fattori.

Il post-processing dei risultati dell'RPC con molti GCP accurati è perciò necessario per raggiungere i più alti standard cartografici e gli stessi risultati del modello di Toutin. Il nuovo modello ibrido di Toutin presentato in questo articolo consentirà la mosaicatura automatica di immagini orto su un'ampia area o un'intera nazione senza la necessità di raccogliere nessun GCP. Il modello rende possibile utilizzare i dati Radarsat-2 in aree inaccessibili dove non è possibile raccogliere punti di controllo a terra