

Modello rigoroso per impiego radargrammetrico di COSMO-SkyMed

Mattia Crespi (*), Filippo Britti (**), Paola Capaldo (*), Laura De Vendictis (***),
Francesca Fratarcangeli(*), Francesca Pieralice(*), Luca Pietranera (**)

(*) DITS – Area di Geodesia e Geomatica – Sapienza Università di Roma, via Eudossiana, 18 – 00184 Rome, Italy,
<mattia.crespi,paola.capaldo, francesca.fratarcangeli,francesca.pieralice>@uniroma1.it

(**) e-GEOS S.p.A. - via Cannizzaro, 71 - 00156 Roma, Italy, <filippo.britti,luca.pietranera>@telespazio.com

(***) Telespazio S.p.A. guest517.devendictis@telespazio.com

Riassunto esteso

I modelli digitali del terreno sono ormai di fondamentale importanza per il loro utilizzo in diverse applicazioni, come la produzione di ortofoto, *change detection*, analisi spaziali, visualizzazione dei dati. Le tecniche per l'acquisizione del dato altimetrico sono varie: rilievi lidar, rilievi satellitari, fotogrammetria aerea.

Per quanto riguarda la possibilità di estrarre modelli digitali 3D da dati SAR, le due principali metodologie sviluppate sono l'interferometria e la radargrammetria, entrambe basate su l'utilizzo di una coppia di immagini della stessa area, acquisite da due punti di presa diversi.

La tecnica interferometrica sfrutta l'informazione relativa alle differenze di fase per ricostruire il dato altimetrico, pertanto la base di presa deve essere sufficientemente corta; la tecnica radargrammetrica, in modo analogo alla fotogrammetria aerea o satellitare, permette di estrarre le informazioni relative alla posizione tridimensionale dei punti sul terreno attraverso la ricostruzione della geometria della presa, in questo caso è richiesta una base di presa più lunga e vengono utilizzate immagini SAR in ampiezza.

Per l'aspetto geometrico, la configurazione ideale per le applicazioni radargrammetriche è quella in cui lo stesso *target* viene osservato da due punti di vista posizionati su lati opposti (*opposite-side*). Tuttavia ciò comporta lo svantaggio di avere una differenza di illuminazione molto pronunciata, così da rendere difficile la correlazione delle due immagini nel riconoscimento dei punti omologhi. Per questo motivo si preferisce operare in modalità *same-side*, nella quale il bersaglio è osservato da due punti di vista disposti sullo stesso lato, in modo da minimizzare le differenze radiometriche (Toutin, 2000).

Le due dimensioni spaziali dell'immagine SAR sono legate alla distanza degli oggetti dal sensore (*slant range*) e alla posizione della piattaforma lungo la direzione di moto (azimuth). A causa di questa rappresentazione l'immagine SAR è affetta da deformazioni prospettiche. In particolare mentre con le immagini ottiche la migliore risoluzione spaziale si ottiene nel caso di acquisizioni quasi nadirali, cioè con angoli di incidenza piccoli, la migliore condizione di acquisizione delle immagini SAR si verifica quando l'angolo di incidenza è molto grande (Toutin, 2002). Infatti gli oggetti disposti su un terreno con pendenza pari all'angolo di off-nadir (cioè parallela all'antenna del radar) risultano essere tutti alla stessa distanza dal sensore e quindi rappresentati nella stessa cella di risoluzione.

Uno dei principali vantaggi del SAR rispetto ai sistemi ottici è legato alla capacità di operare di notte e in presenza di nuvole.

Il presente lavoro si propone di approfondire le tecniche radargrammetriche per l'estrazione di modelli 3D del terreno, soprattutto dopo il lancio dei satelliti SAR di nuovissima generazione che permettono l'acquisizione di immagini ad alta risoluzione.

Le prime applicazioni radargrammetriche sono state sviluppate a partire dai primi anni '60 (La Prade, 1963) ma a causa delle scarse risoluzioni spaziali dei sensori finora disponibili, questa tecnica non ha riscontrato un grosso impiego, a vantaggio delle tecniche interferometriche.

Con la messa in orbita della costellazione di satelliti italiani COSMO-SkyMed si apre una nuova possibilità di utilizzo del dato SAR ad uso radargrammetrico. Infatti COSMO-SkyMed ha una grande flessibilità di utilizzo, essendo in grado di operare in diverse modalità di acquisizione: scanSAR (con uno *swath* compreso tra 100 e 200 km), *stripmap* (con uno *swath* compreso tra 30 e 40 km e una media risoluzione) e *spotlight* (acquisizione di piccole aree con una risoluzione di 1 x 1 m).

La possibilità di lavorare con immagini in ampiezza con risoluzioni elevate, proprie della modalità *spotlight*, rivaluta la tecnica radargrammetrica e apre nuovi campi di indagine delle potenzialità e delle caratteristiche dei modelli digitali del terreno estraibili dai prodotti SAR. Si intende comunque sottolineare che la radargrammetria non vuole sostituire la tecnica interferometrica, ma essere integrata ad essa al fine di estrarre il massimo contenuto informativo dai dati radar.

L'estrazione di un modello digitale del terreno richiede due fasi: l'orientamento della stereocoppia e il *matching* per il riconoscimento dei punti omologhi sulle due immagini. In questo lavoro è stato affrontato il problema geometrico dell'orientamento.

L'obiettivo è sviluppare un modello rigoroso in grado di descrivere la modalità di acquisizione dell'immagine per mezzo di equazioni di collinearità che mettono in relazione le coordinate immagine con la posizione dei punti a terra, attraverso la conoscenza della posizione e dell'assetto del satellite e delle caratteristiche del sensore.

In un file di metadata rilasciato insieme all'immagine, viene fornita la posizione del satellite e la sua velocità in corrispondenza di una serie di epoche (*state vector*); è possibile così ricostruire il segmento orbitale nel sistema di riferimento inerziale ECI (*Earth Centered Inertial*).

Inoltre nei metadata sono contenute anche le informazioni relative all'assetto dell'antenna sotto forma di versori.

L'immagine può essere fornita nella proiezione azimuth/*slant range*, dove lo *slant range* rappresenta la distanza tra il satellite e il bersaglio, è quindi ricavabile direttamente dalle coordinate immagine del bersaglio stesso.

Attraverso queste informazioni approssimate è possibile costruire un modello rigoroso di orientamento; tuttavia tali informazioni debbono essere raffinate stimandone le correzioni sulla base di un opportuno numero di punti noti a terra, ben collimabili sull'immagine, per i quali si scrivono le equazioni di collinearità; la stima dei parametri è eseguita con il metodo dei minimi quadrati.

L'accuratezza dell'orientamento delle immagini può essere valutata su un set di punti di verifica; inoltre sarà interessante confrontare i modelli digitali estratti con quelli ottenuti da immagini satellitari ottiche di risoluzione comparabile.

Bibliografia

- La Prade G., *An analytical and experimental study of stereo for radar*. 1963, Photogrammetric Engineering 29 (2), 294-300
- Toutin T., Gray L., *State-of-the-art of elevation extraction from satellite SAR data*. 2000, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 55, 13-33
- Toutin T., *Impact of terrain slope and aspect on radargrammetric DEM accuracy*. 2002, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 57, 228-240