

GENERAZIONE DI DEM DA DATI ERS TANDEM

F. Del Frate, A. Minchella, G. Schiavon, D. Solimini

Dipartimento di Informatica, Sistemi e Produzione - Università di Roma "Tor Vergata"
Via del Politecnico 1, 00133, Roma
delfrate@disp.uniroma2.it

J. Lichtnegger

ESA/ESRIN
Via Galileo Galilei, 00040, Frascati

Abstract

Repeat-pass SAR interferometry has shown a good potential for the generation of digital elevation models (DEM's). However, quite serious difficulties have to be overcome to make such a technique operational, essentially due to the random fluctuations of the interferometric phase related to changes with time of the scatterers within each resolution cell. In addition, fluctuations of the electromagnetic path length caused by atmospheric dishomogeneities introduce low wavenumber artifacts in estimated DEM's. In this paper we consider ERS1/2 pairs of SAR images and use interferometry to generate a reliable DEM of the Castelli Romani (and surroundings) area. The images have been carefully selected trying to minimize the low coherence effects and to reduce the impact of atmospheric phase artifacts. The DEM's obtained by each considered pair of images have been appropriately merged to further improve the final result.

INTRODUZIONE

La generazione di mappe topografiche costituisce un'importante applicazione dell'interferometria SAR [1], [2]. La ricostruzione dell'altimetria (Digital Elevation Model, DEM) si effettua osservando l'area di interesse da due angoli differenti e misurando la differenza di fase delle relative immagini. Tra le tecniche finora considerate, particolarmente diffusa è quella in cui le immagini sono acquisite mediante due passaggi sulla scena dello stesso radar (repeat pass interferometry). Tale tecnica, se da un lato consente di ovviare ai costi connessi con le complessità progettuali derivanti dall'uso simultaneo di due antenne sufficientemente spaziate, dall'altro richiede la soluzione di diversi problemi. Un'ipotesi fondamentale è che la scena non subisca variazioni del coefficiente di retrodiffusione tra le acquisizioni (decorrelazione temporale), cosicché si possa elidere il termine di fase comune nel prodotto delle due immagini complesse. Una seconda ipotesi è che la differenza di percorso elettromagnetico sia legata solo al diverso angolo di vista e non, per esempio, a variazioni dell'indice di rifrazione dell'atmosfera. Inoltre, un parametro critico da considerare è la distanza geometrica tra le orbite reali del satellite in corrispondenza

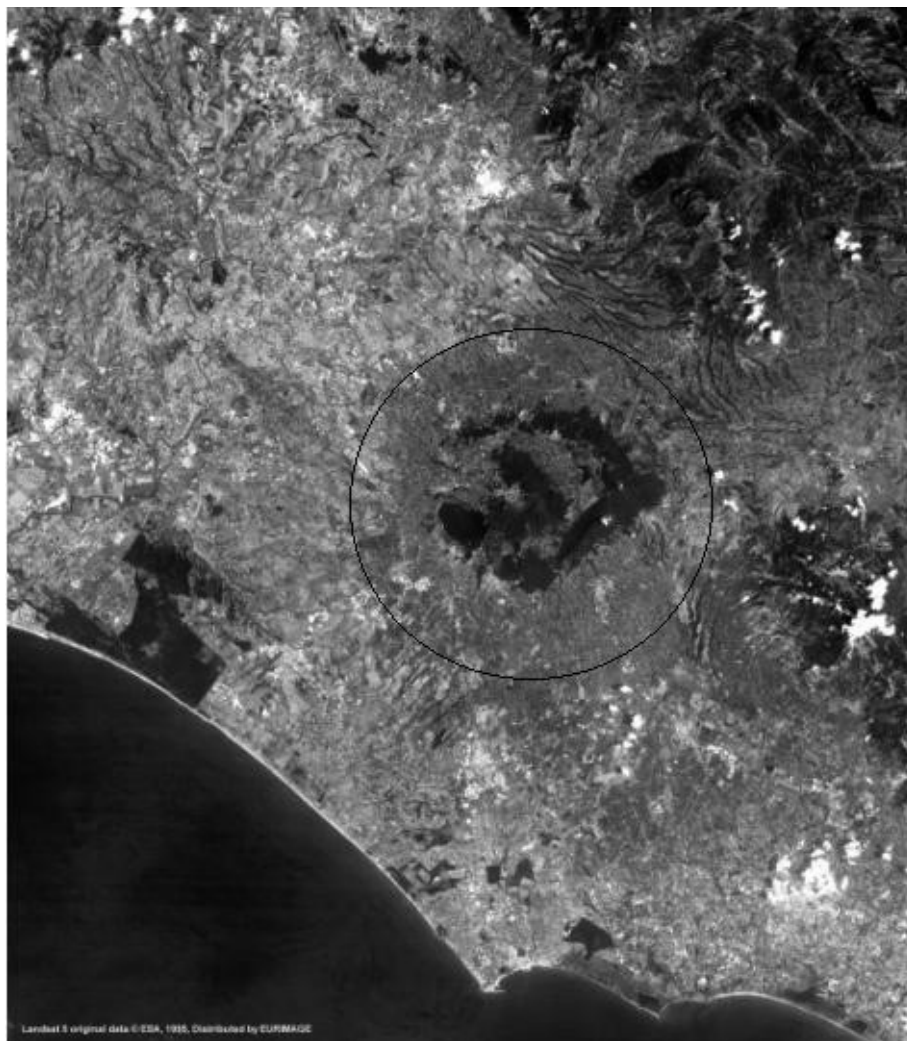


Figura 1. Immagine LANDSAT della regione analizzata. Il cerchio nero evidenzia la zona del vulcano laziale, a NO del quale è visibile la città di Roma.

delle acquisizioni (base interferometrica). Infatti, può essere sufficiente una distanza di poche centinaia di metri per deteriorare il contenuto informativo della fase interferometrica (decorrelazione geometrica).

In questo lavoro vengono presentati e discussi i risultati relativi alla generazione di un DEM di un'area in buona parte coincidente con quella della provincia di Roma, comprendente sia la zona dei Colli Albani che i tratti costieri. I Colli Albani, o “Grande Vulcano Laziale”, sono un gruppo isolato di alture che si eleva dalla “Campagna Romana” e le cui propaggini iniziano a una quindicina di chilometri a sud est di Roma, costituito dai depositi di un vulcano quaternario, la cui ultima eruzione risale a circa 27000 anni fa e di cui oggi rimane la base. La Figura 1 evidenzia la posizione del vulcano nella regione esaminata. L’atrio del vulcano è posto tra la cinta esterna e il cono centrale. Dal cono centrale emergono la cime più elevate: la Cima delle Faete (956 m s.l.m.), il Monte Cavo (949 m) e il Colle Jano (938 m).

Date Immagini	Baseline	h ambiguità	Tipo orbita
5-11/3/1994	154 m	60.3 m	discendente
26-29/3/1994	157 m	57.1 m	discendente
13-14/2/1999	210 m	45.2 m	discendente
26-27/11/1999	254 m	35.5 m	ascendente

Tabella 1. Caratteristiche delle immagini selezionate

METODOLOGIA E RISULTATI

Il DEM è stato ricavato a partire dalle immagini rilevate dai satelliti ERS-1 ed ERS-2. Durante la fase di funzionamento tandem, i due satelliti sorvolano il pianeta nello stesso piano orbitale, alla stessa altitudine media e il rifasamento dell'orbita è tale da rendere sufficientemente vicina, con un intervallo temporale di 24 ore, la traccia a terra di ERS-2 con quella di ERS-1. Questo consente di limitare in maniera significativa i problemi di decorrelazione temporale. Si è cercato inoltre di ridurre gli effetti di decorrelazione geometrica selezionando coppie di immagini con basi tra 150 e 400 m. Per ciò che riguarda gli artefatti di natura atmosferica, si è innanzitutto considerata un'ulteriore selezione che identificasse, in base a dati ancillari (immagini Meteosat, dati di precipitazione e copertura nuvolosa), coppie di immagini con nuvolosità bassa o assente. Questi criteri hanno guidato la scelta di 4 coppie di immagini, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 1, a partire dalle quali si è realizzato il DEM. L'aver scelto accuratamente tali immagini, anche se ha consentito di generare interferogrammi con valori generalmente elevati del grado di coerenza, non ha eliminato i problemi ai quali si è accennato nel paragrafo precedente. Ricordiamo a questo proposito che le tecniche finora utilizzate per l'eliminazione, o riduzione, di tali effetti sono abbastanza complesse e costose in termini di tempo e dispositivi impiegati. Ad esempio, la tecnica degli scatteratori permanenti [3] richiede l'elaborazione di diverse decine di immagini. Il nostro approccio, pur assumendo, come nel caso della tecnica degli scatteratori permanenti, una distribuzione delle fluttuazioni di fase dovute all'atmosfera a valor medio nullo, utilizza tecniche di *merging* più immediate, calcolando e combinando opportunamente i DEM relativi alle 4 coppie di immagini selezionate. Il *merging* può essere eseguito pesando in maniera diversa l'informazione proveniente da ciascun DEM; i pesi possono essere derivati a partire da parametri individuati su base pixel, quali la coerenza, o su base globale, quali la base interferometrica. Quest'ultimo parametro, in base alle elaborazioni da noi effettuate, è risultato quello più efficace per le finalità indicate.

Il DEM risultante, la cui versione tridimensionale è illustrata in Figura 2, è stato confrontato con quello ottenuto per la stessa area tramite digitalizzazione di mappe topografiche con celle di risoluzione di 20 m. Dal confronto è stato quantificato sia l'errore dei DEM ottenuti dalle varie coppie di immagini, sia il miglioramento apportato dalla tecnica di *merging*. Inoltre si è determinata la distribuzione dell'errore all'interno della regione analizzata. L'errore quadratico medio (rmse) su tutta l'area considerata, utilizzando la tecnica di *merging*, è risultato pari a 21.7 m. Se si considera che il miglior DEM ottenuto utilizzando singole coppie di immagini era caratterizzato da un rmse pari a 28.1 m, segue che il *merging* ha ridotto l'errore di circa il 23%. L'errore nella zona

montuosa, che è quella più critica per il problema in esame, ha invece un valor medio di circa 27 m.

Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dall'ASI.

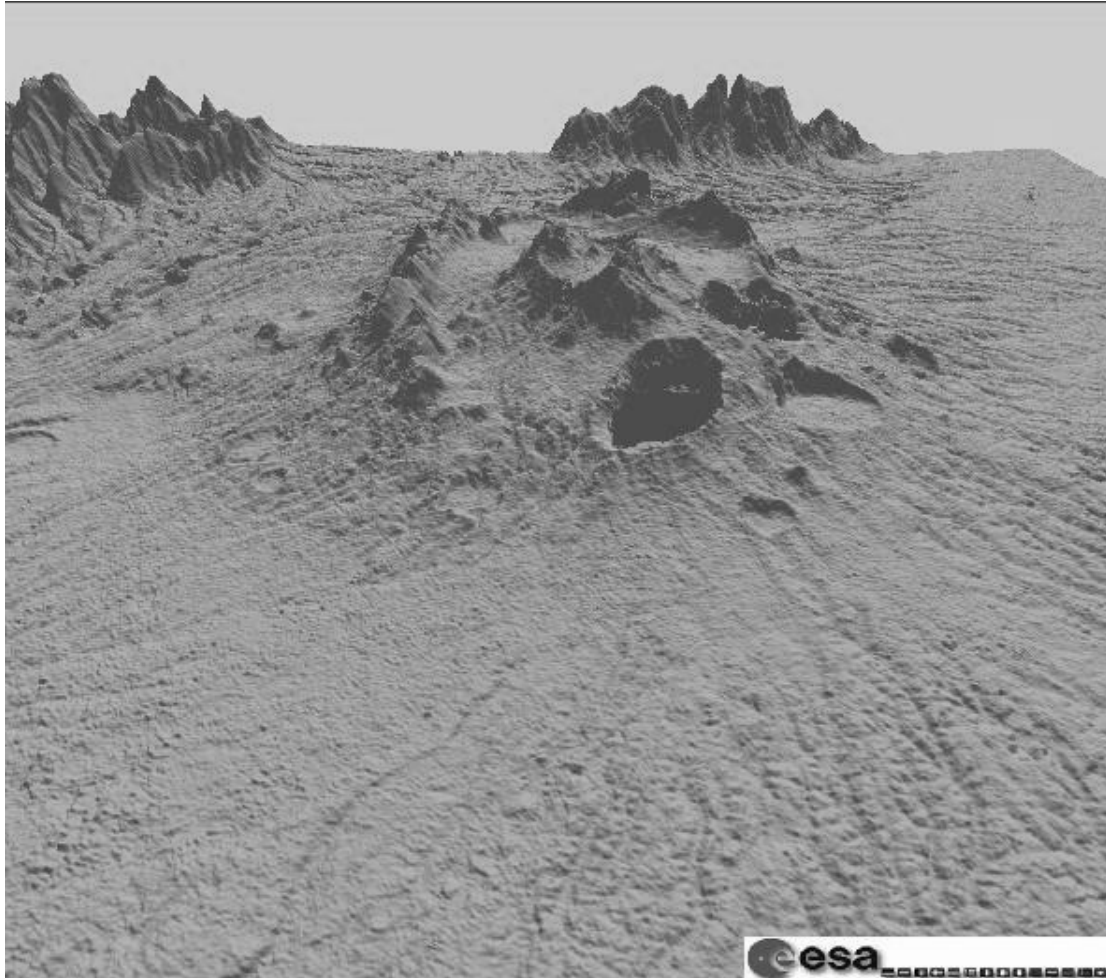


Figura 2. Immagine tridimensionale del DEM ottenuto

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] D. Massonet, K. L. Feigl, "Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface", *Reviews of Geophysics*, vol. 36, pp. 441-500, 1998.
- [2] H.A. Zebker, R.M. Goldstein, "Topographic mapping from interferometric synthetic aperture radar observations", *Journal of Geophysical Research*, vol. 91, B5, pp. 4993-4999, 1986.
- [3] A. Ferretti, C. Prati, F. Rocca, "Permanent scatterers in SAR interferometry", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 36, pp. 8-20, 2001.