

## **Impiego di immagini satellitari EROS B per l'accertamento e la verifica dei danni post-sisma per la città dell'Aquila**

Valerio Baiocchi (\*), Filippo Del Guzzo (\*\*), Donatella Dominici (\*\*),  
Francesca Giannone (\*), Maria Zucconi (\*)

(\*)Area Geodesia e Geomatica, DICEA, "Sapienza" Università di Roma, Via Eudossiana, 18 00184- Roma  
tel +390644585068, fax+390644585515, e-mail, valerio.baiocchi@uniroma1.it

(\*\*) Università degli Studi dell'Aquila, Dipartimento di Architettura ed Urbanistica – Via Campo di Pile  
Zona industriale di Pile, 67100 L'Aquila, tel + 39 0862434118, email: dominici@dau.ing.univaq.it

### **Riassunto**

Recenti avvenimenti mostrano come l'utilizzo delle immagini satellitari per "early damage assessment" dopo eventi sismici di particolare intensità, riveste un'importanza notevole e merita maggiori approfondimenti da parte della comunità scientifica.

Quando e se le immagini satellitari sono disponibili nell'immediato post sisma costituiscono uno strumento a supporto della gestione dell'emergenza perché permettono di individuare rapidamente le aree e le strutture che hanno subito i maggiori danni.

Nel presente studio si sono volute verificare le reali possibilità di utilizzo delle immagini ad altissima risoluzione EROS B studiando l'effettiva leggibilità dei danni visibili direttamente sulle immagini stesse. Si disponeva in particolare di una coppia di immagini pancromatiche non stereoscopiche che coprono l'intero territorio del centro storico dell'Aquila e degli elementi della CTR scala 1:5000 della Regione Abruzzo corrispondenti.

Le immagini EROS B sono state ortorettificate con il software OrthoEngine 10.2 (incluso nel pacchetto PCI Geomatica), utilizzando differenti DEM e punti di controllo estratti dalla CTR stessa; sono state eseguite differenti prove di ortorettificazione per valutare precisione ed accuratezze ottenibili in tale configurazione.

### **Abstract**

Recent events show as the use of the high resolution satellite images for "early damage assessment" after seismic events, can be very useful and need deeper investigation by the scientific community.

When and if the satellite images are available in the immediate post seismic period they constitute a tool to support the management of the emergency; in fact they help to quickly detect the areas and the structures that have suffered the greater damages.

In the present study the goal was to verify the actual possibilities of use the EROS B high resolution images for these specific applications. A non stereoscopic couple of panchromatic images covering the whole territory of the historical center of L'Aquila city and the 1:5000 corresponding maps were used.

The images EROS B have been orthorectified using software OrthoEngine 10.2 (included in the packet PCI Geomatica), using different DEMs and checkpoints extracted by the same CTR; different tests of orthorectification were performed to assess precision and obtainable accuracies in such configuration.

### **Introduzione**

L'utilizzo delle immagini satellitari in ambito scientifico, ed in particolare nello studio degli effetti di eventi sismici, ha mostrato di recente di poter essere un valido aiuto nelle fasi immediatamente successive all'evento.

Infatti se le immagini satellitari fossero disponibili nell'immediato post sisma costituirebbero uno strumento potente a supporto della gestione dell'emergenza in quanto permetterebbero di individuare rapidamente le aree che hanno subito danni maggiori, come crolli di edifici, ponti ed infrastrutture in generale; di individuare le aree che presentano problemi di viabilità a causa della presenza delle macerie e di scegliere eventuali vie alternative che potrebbero essere utilizzate dalle componenti della Protezione Civile in fase di emergenza, al fine di evitare l'isolamento di alcune zone o delle città stesse.

Le immagini EROS-B qui investigate possono essere ottenute in tempi molto brevi, sia per il relativo minor carico a cui tale piattaforma è sottoposta rispetto ad altri satelliti di simile risoluzione, sia per la disponibilità di stazioni terrestri in territorio europeo e nazionale e sia per l'eventuale possibilità di installare stazioni temporanee sul sito. Le immagini satellitari costituiscono, inoltre, un supporto alla pianificazione degli interventi atti a ricostituire le condizioni di emergenza ordinaria, in quanto permettono l'individuazione delle aree che necessitano di interventi immediati e le aree che possono essere utilizzate per il deposito delle macerie.

Nel presente studio si è studiata quindi l'applicazione di due immagini pancromatiche ad altissima risoluzione del satellite EROS B che coprono l'intero territorio del centro storico dell'Aquila acquisite il 25 aprile 2009 e quindi pochi giorni dopo l'evento di maggior intensità occorso nella notte del 6 aprile dello stesso anno. La piattaforma satellitare EROS B, forse una tra le meno conosciute ed investigate tra i satelliti ad alta risoluzione, è in grado di acquisire immagini pancromatiche con una risoluzione nadirale submetrica (fino a 0.70 m), in particolare le due immagini a disposizione presentano una risoluzione a terra nominale di 0.77 e 0.75 m.

Le immagini EROS B sono state in questa sede trattate con il software OrthoEngine 10.2, a quanto è noto, l'unico a disporre di un modello rigoroso per tale piattaforma che dovrebbe garantire maggiore accuratezza e robustezza nella stima dei parametri atti all'orientamento delle immagini stesse (Toutin, 2004); tale modello è uno sviluppo di quello realizzato dallo stesso Dottor Thierry Toutin per immagini sincrone o pseudo-sincrone, si ricorda, invece, che il satellite EROS B, come già il suo predecessore EROS-A, sono fortemente asincroni. Il DEM e i punti di controllo a terra (GCP - Ground Control Point e CP - Check Point) sono stati estratti dalla CTR scala 1:5000 della Regione Abruzzo. Le due immagini hanno prodotto dei risultati confrontabili ed è per questa ragione che nel seguito della presente comunicazione si riporteranno le considerazioni fatte su una sola delle due immagini, quella all'interno della quale è contenuto la maggior parte del centro storico.

### Estrazione del DEM

All'atto della realizzazione del DEM si è deciso di studiare inoltre quale sia la procedura più efficiente per la realizzazione del necessario DEM tra quelle rese possibili dal software utilizzato. Si è proceduto alla realizzazione di 4 DEM differenti ottenuti variando l'algoritmo di interpolazione (tra quelli disponibili nel software PCI: il *Natural Neighbor* e le *Differenze finite*) e il tipo di *features* vettoriali utilizzate: in particolare si voluta valutare l'influenza dell'aggiunta dei punti degli edifici definiti "punti al piede" che riportano le quote a terra degli spigoli dei fabbricati; tali punti sono di particolare utilità per ricostruire l'andamento del terreno nelle aree urbane dove spesso curve di livello e punti quotati sono scarsamente rappresentati.

	Natural Neighbor	Differenze finite	Punti al piede
DEM 1		✓	✓
DEM 2	✓		✓
DEM 3		✓	
DEM 4	✓		

Tabella 1 – Tabella delle caratteristiche dei DEM creati.

Il senso di tale confronto era quello di valutare quale miglioramento potesse apportare l'utilizzo di questi punti rispetto a DEM ottenuti da sole curve di livello e punti quotati, scelta, quest'ultima, che viene spesso utilizzata come in situazioni speditive come quelle relative alla gestione di un'emergenza (Tab.1).

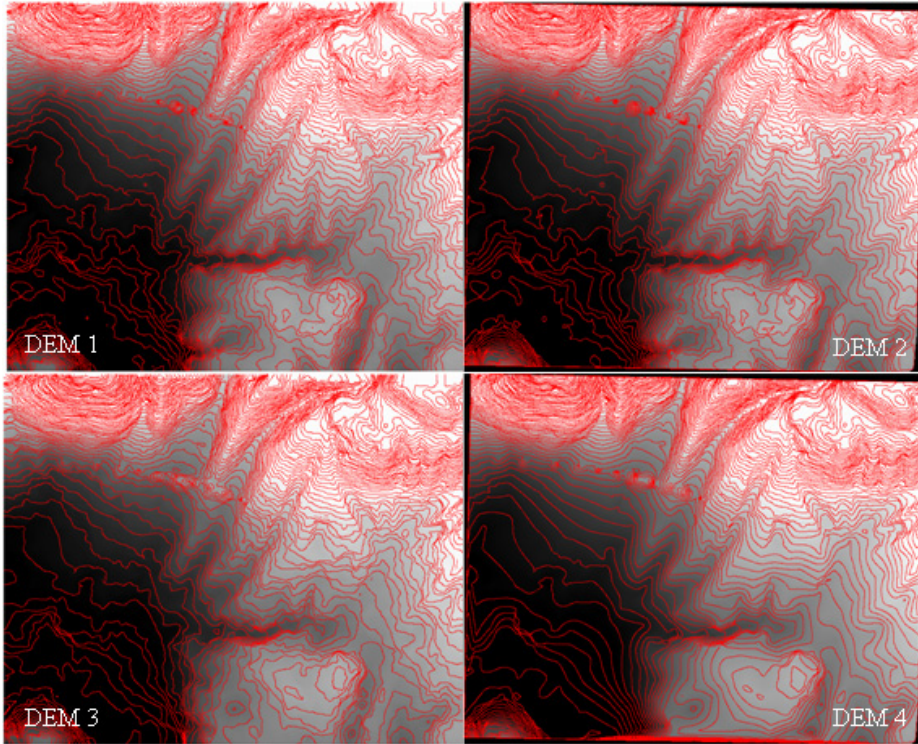


Figura 2 – DEM estratti da CTR.

Tutti i DEM generati riproducono fedelmente, com'è presumibile, l'andamento del terreno nelle zone in cui le features vettoriali sono più dense; ove le informazioni si presentano meno uniformemente distribuite gli algoritmi creano a volte morfologie poco realistiche.

Si può osservare nei quattro DEM una zona anomala (in alto a sinistra), nella quale si manifestano alcuni picchi improvvisi della quota del terreno che sono individuati da una serie di curve di livello concentriche. Tale comportamento è dovuto alla presenza di alcuni punti quotati rilevati in corrispondenza dei viadotti dell'autostrada. Rimuovendo tali punti il modello digitale del terreno non presenta più alcuna anomalia, come si può osservare dalla figura 3, che mostra un DEM generato con le stesse modalità del DEM1.

#### **Ortorettificazione delle immagini satellitari**

Per orientare l'immagine con il modello rigoroso sono stati utilizzati 57 punti di controllo (Fig. 4) collimati sulla CTR scala 1:5000, questa scelta è stata necessaria data l'impossibilità di effettuare una campagna di misure GPS nel primo periodo successivo all'evento a causa delle difficoltà di accesso nelle aree interessate. Tale scelta è comunque di interesse in quanto riproduce, ancora una volta, le condizioni di emergenza successive ad un evento sismico che qui si vogliono ricreare per valutare l'effettiva applicabilità in tali situazioni.

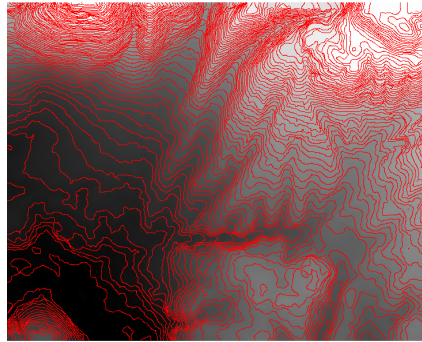


Figura 3 – DEM 1 corretto.

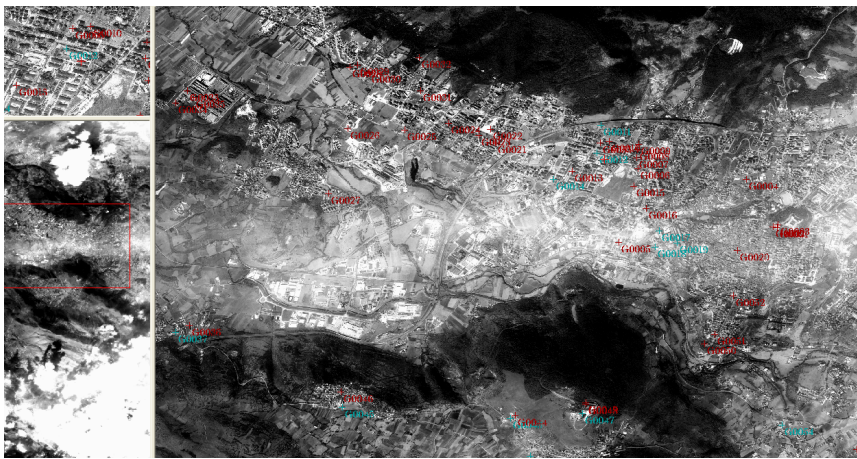


Figura 4 – Distribuzione dei GCP nell'immagine satellitare non ortorettificata.

Sono quindi state condotte una serie di prove variando il numero e la distribuzione dei GCP e dei CP (Fig. 5); dalle prove eseguite si è evidenziato un'accuratezza media pari a 2.25m in E ed 2.43m in N, tale risultato può essere considerato più che soddisfacente se si considera che i punti sono stati estratti dalla CTR (per la quale si può stimare un errore di graficismo pari a 1m).

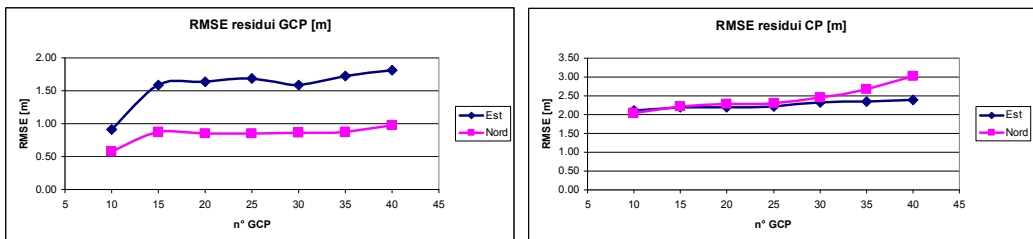


Figura 5 – Analisi dei residui sui GCP e CP.

In seguito sono state prodotte otto ortofoto utilizzando la combinazione dei 4 DEM estratti con i due algoritmi di ricampionamento *Nearest Neighbor* e *Cubic Convolution*; dal confronto delle ortofoto con la cartografia si evince che l'ortofoto più accurata si ottiene utilizzando il "DEM1" (Fig.7). Per la scelta dell'algoritmo, invece, va osservato che per questo specifico tipo di utilizzo potrebbe essere

consigliabile la realizzazione dell'ortofoto utilizzando entrambe le opzioni di ricampionamento; infatti se un ricampionamento di tipo *Cubic Convolution* permette una maggiore leggibilità dell'immagine (Fig. 6) si ha comunque una perdita di dettaglio che potrebbe essere utile ad identificare eventuali variazioni nella sagoma degli edifici. D'altro canto il *Nearest Neighbour*, pur più conservativo, spesso rende più complessa l'interpretazione. Si ritiene pertanto, che per simili applicazioni, dove anche un piccolo dettaglio può suggerire la presenza di una situazione su cui intervenire, i migliori risultati si possano ottenere dall'analisi congiunta dei due tipi di immagine.



Figura 6 – Particolare delle ortofoto generate con algoritmo di ricampionamento di tipo *Nearest Neighbor* (a) e *Cubic Convolution* (b).

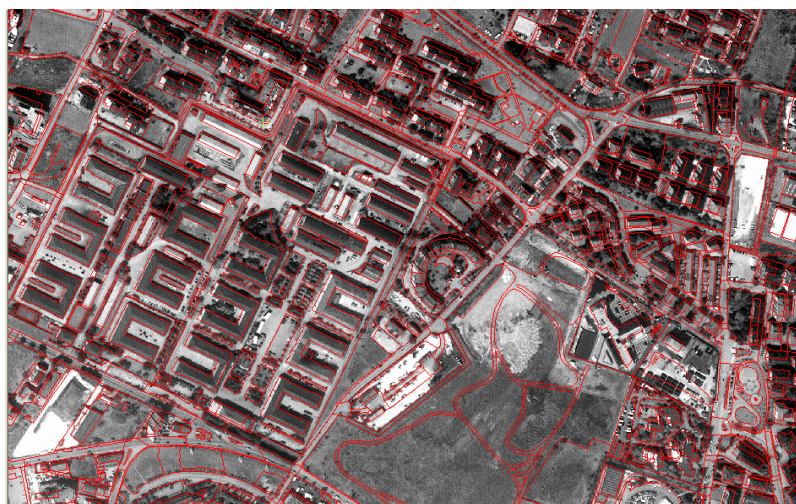


Figura 7 – Particolare dell'ortofoto ottenuta utilizzando il DEMI e un ricampionamento di tipo *Nearest Neighbor*.

Si è verificato quindi che mediante immagini EROS B ortorettificate è possibile individuare rapidamente le aree che hanno subito i danni maggiori, come crolli di edifici, ponti ed infrastrutture in generale. La risoluzione di tali immagini permette inoltre di individuare le aree che presentano problemi di viabilità a causa della presenza di materiali derivanti da crolli sulle infrastrutture viarie stesse, nella figura 8 si riportano alcuni esempi che evidenziano la facile individuazione di alcuni effetti del sisma.

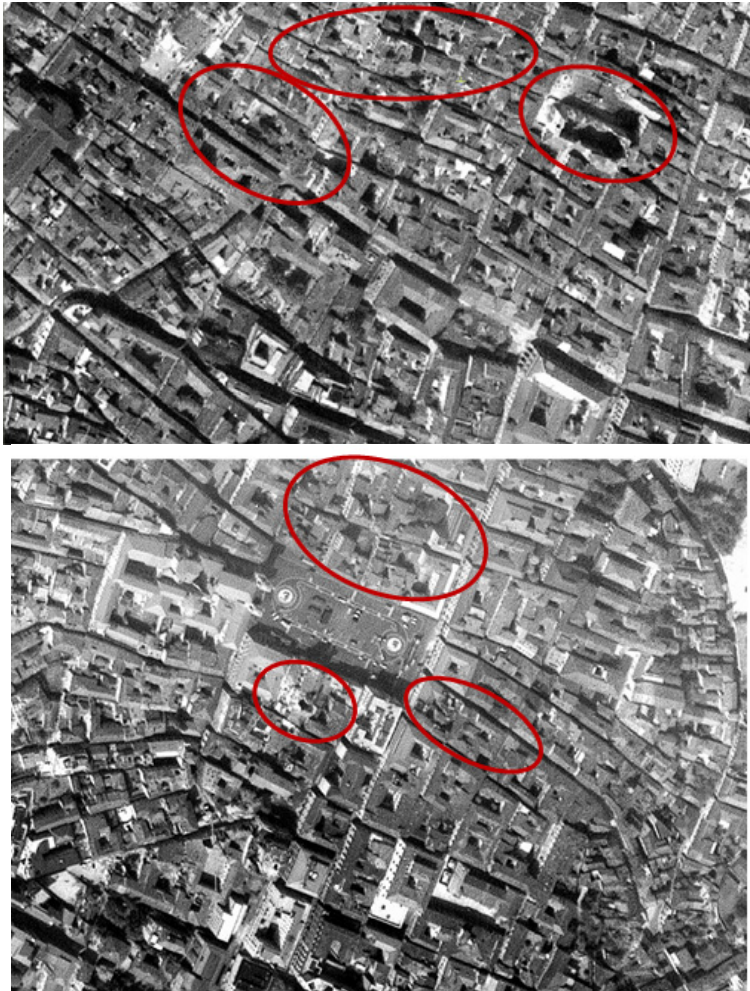


Figura 8 – Particolari dell'immagine satellitare che mostra alcuni edifici crollati.

### **Conclusioni e prospettive di sviluppo**

Le immagini EROS B hanno dimostrato di essere idonee a visualizzare alcuni tipi di danni causati da eventi sismici. L'utilizzazione di queste immagini con GCP estratti da carta tecnica regionale a media scala permette di raggiungere accuratze dell'ordine di 2 ±3 metri, pienamente soddisfacenti per questo tipo di applicazioni. In alcuni casi è stata osservata un'instabilità del modello rigoroso per l'orientamento dell'immagine che risulta però difficilmente riproducibile.

### **Ringraziamenti**

Si ringrazia la ipt s.r.l. per aver fornito le immagini EROS B

### **Bibliografia**

Toutin, T., (2004). Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods (review paper). *International Journal of Remote Sensing*, 25 (10): 1893-1924.

<http://www.imagesatintl.com/>

<http://www.regione.abruzzo.it/xcartografia/>