

Immagini ad alta ed altissima risoluzione per l'aggiornamento della cartografia dell'Aquila

Valerio Baiocchi (*), Raffaella Brigante (**), Donatella Dominici (***), Francesca Giannone (*),
Fabio Radicioni (**), Elisa Rosciano (***)

(*) Area Geodesia e Geomatica, DICEA, "Sapienza" Università di Roma, e-mail, valerio.baiocchi@uniroma1.it

(**) Università di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale. e-mail: topos@unipg.it

(***) Università dell'Aquila - DAU, e-mail: donatella.dominici@univaq.it

Riassunto

In recenti lavori è stato mostrato come gli effetti causati da un evento sismico su edifici possono essere identificati usando gli algoritmi di *change detection* e di classificazione su immagini multispettrali (Ajmar et al., 2010). I principali algoritmi di *change detection* possono non essere sempre efficaci per l'identificazione di un edificio danneggiato dal sisma dato che in alcuni casi il tetto di un edificio presenta una radiometria molto simile a quella del terreno creando così un'errata classificazione, oppure un edificio collassato per il sisma presenta la stessa radiometria dell'edificio non danneggiato. In questo contributo si vuole studiare l'utilità di affiancare alle tecniche di *change detection* e di classificazione per immagini multispettrali, l'analisi di DSM estratti da coppie di immagini satellitari ad alta risoluzione.

In questo lavoro l'approccio combinato di DSM e *change detection* è stato testato per i danni conseguenti allo sciame sismico dell'Aquila; il DSM della zona d'interesse è stato ottenuto con una coppia di immagini EROS-B che non costituiscono una vera stereocoppia (non disponibile ai tempi della sperimentazione) ma sono 2 immagini singole con particolare geometria di acquisizione che permettono di simulare le caratteristiche geometriche di una stereocoppia (che chiameremo "pseudo stereocoppia"); le operazioni di classificazione sono state eseguite su un'immagine multispettrale ad otto bande, monoscopica acquisita dalla piattaforma *WorldView2*.

Infine, per minimizzare le "false detection" e gli "effetti di bordo" è stato estratto dalla cartografia digitale un DEM contenente solo i tetti degli edifici.

Il lavoro è da considerarsi preliminare ma già a questo stadio si possono valutare i vantaggi della combinazione delle tecniche di *change detection* e di estrazione di DSM.

Abstract

Earlier experimentations showed that some of the effects of a seismic event on buildings can be identified using change detection and multispectral classification algorithms (Ajmar et al., 2010). The main change detection algorithms, are not always effective where there are new buildings because there is the possibility that ground with the same radiometry of a roof is classified as a building and also the opposite is possible: a collapsed building after a seismic event may have the same radiometry of an un-damaged building. In this work a new approach was tested on the effects of L'Aquila earthquake where an actual satellite stereopair of the whole area interested by the event is still not available. For this reason a "pseudo stereopair" EROS-B was used to extract height information, while multispectral classification was performed on a monoscopic WorldView2 image. To evaluate correctly height difference due to the eventually collapsed buildings, a DSMs of the roofs was extracted from digital cartography excluding all the remaining parts of the territory. The work has to be considered as a "work in progress" but some methodological considerations on the advantage of combining the two techniques can be done

Introduzione

I recenti eventi sismici che hanno interessato il territorio italiano, hanno evidenziato la necessità di avere una rapida analisi della situazione nell'immediato post-sisma per la gestione dell'emergenza; a questo scopo è stato studiato un metodo semi-automatico di analisi delle immagini satellitari, in grado di fornire informazioni riguardanti i crolli di edifici causati dal sisma.

Il caso studiato in questo lavoro riguarda la città dell'Aquila ed in particolare gli effetti dell'evento sismico avvenuto nell'Aprile 2009 (Mw 6.3) che ha causato danni significativi agli edifici del centro storico della città e più di 300 vittime.

Lo scopo del lavoro è: a) valutare la possibilità di estrarre un DSM da due immagini EROS-B monoscopiche con delle opportune caratteristiche di presa che permettono di simulare una stereocoppia ("pseudo stereocoppia"); b) l'analisi del DSM estratto da cartografia, ottenuto applicando un modello specifico che permette di selezionare solo le informazioni dei tetti degli edifici. Il DSM ottenuto da cartografia è confrontato con il DSM estratto dalle pseudo stereocoppie con lo scopo di valutare edifici collassati; c) l'analisi dell'immagine multispettrale *WorldView2*, la cui caratteristica più innovativa è la disponibilità di otto bande spettrali.

Metodo

Attualmente non sono disponibili stereocoppie ad alta risoluzione che ricoprano interamente il centro storico della città dell'Aquila acquisite dopo il terremoto, ma la piattaforma EROS-B ha acquisito cinque differenti immagini monoscopiche (Tab. 2) nell'immediato post-sisma che ricoprono completamente l'intero territorio del centro storico dell'Aquila.

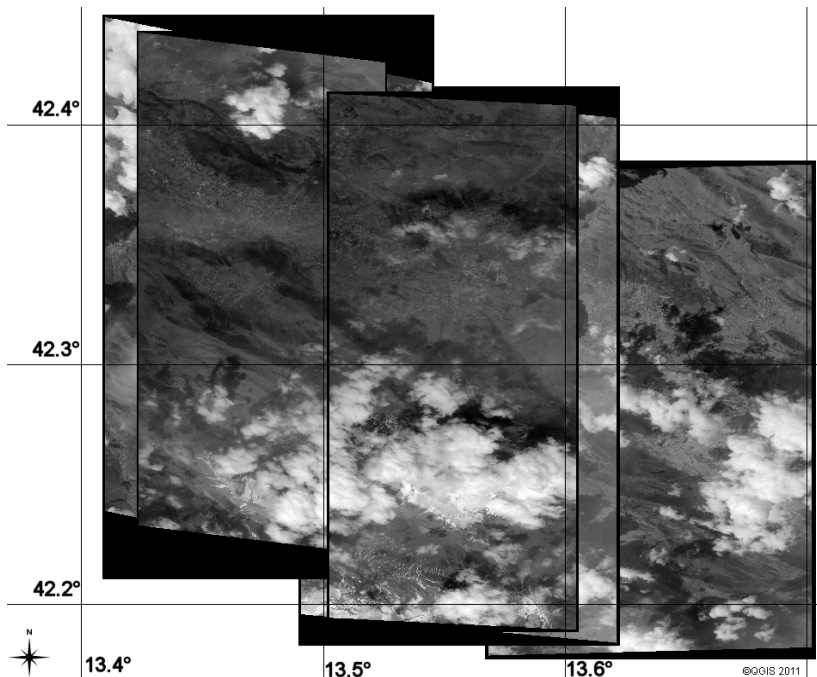


Figura 1 – Le cinque immagini EROS-B; in primo piano da ovest verso est: “geo_MBT1-e2166574” e “geo_MBT1-e2166575”, in secondo piano da ovest verso est: “geo_MBT1-e2165298”, “geo_MBT1-e2165297” e “geo_MBT1-e2165296”.

Tali immagini sono state acquisite in giorni differenti, dal 17 al 24 aprile 2009, pochi giorni dopo l'evento sismico principale (6 Aprile 2009, 3:32 a.m. ; $M_l=5.8$, $M_w= 6.2$) della sequenza sismica che ha incluso centinaia di *aftershocks* (di cui più di trenta con M_l compresa tra 3.5 e 5) (INGV, 2009). Come detto le immagini non possono considerarsi stereocoppie perché tutte sono state acquisite in giorni differenti, ma alcune di esse presentano una geometria di acquisizione assimilabile a quella di stereo coppie "*across track*" e quindi si può valutare la possibilità di estrarre un DMS da queste immagini (che chiameremo: *pseudo stereocoppie*). Si ricorda che in un caso d'emergenza, come un post-sisma, in genere non è detto che siano immediatamente disponibili delle stereocoppie ed è quindi interessante anche valutare quali informazioni è possibile estrarre con dei dati che non siano ottimali ma che potrebbero essere gli unici disponibili in tempo reale.

ID	Nome	gma_s	gma_e	GSD [m]	GSD (across) [m]
Im74	MBT1-e2166574	30,4	28,6	0,77	1,00
Im75	MBT1-e2166575	25,5	25,8	0,75	0,90
Im96	MBT1-e2165296	36,2	35,1	0,83	1,30
Im97	MBT1-e2165297	35,3	35,5	0,83	1,20
Im98	MBT1-e2165298	38,4	39,2	0,87	1,40

Tabella 2 – Principali caratteristiche delle 5 immagini EROS-B, la ".74" e la ".98" sono usate utilizzate come "*pseudo-stereocoppia*".

Il principale svantaggio delle pseudo stereocoppie è che le condizioni di illuminazione delle cinque immagini non sono le medesime e quindi le ombre e le condizioni radiometriche dell'immagine possono essere molto differenti e causare problemi per il *matching* automatico. Un secondo problema è la differente copertura nuvolosa delle due immagini che comporta la riduzione della porzione di immagine utilizzabile per l'estrazione del DSM alle sole aree visibili in entrambe le immagini.

Per l'orientamento delle immagini e l'estrazione del DSM è stato usato il software *Orthoengine* dove è implementato il modello rigoroso sviluppato da Dr. Thierry Toutin (Toutin, 2004). I punti di controllo a terra (GCPs e CPs) sono stati estratti dalla cartografia numerica della regione Abruzzo scala 1:5000 (accuratezza attesa: 1m in planimetria e 1.8m in altimetria). La stessa cartografia è stata utilizzata per estrarre il DEM necessario per ortorettificare l'immagine multi spettrale. Si deve quindi sottolineare che l'accuratezza del DEM ottenuta dalla mappa è idonea (Toutin, 2004) mentre utilizzare punti di controllo ottenuti dalla cartografia non garantisce la massima accuratezza per questo tipo d'immagini; sfortunatamente un rilievo diretto sul posto per poter acquisire i GCPs e CPs direttamente con tecniche GNSS non è ancora possibile perché, a due anni dall'evento, gran parte del centro storico non è accessibile.

In questa fase della sperimentazione il DSM estratto dalla pseudo-stereocoppia ha fornito un'informazione altimetrica discontinua (Fig. 3) dove sono presenti molti *pixel* sui quali l'estrazione del DSM non è riuscita ("*failure pixels*"). Ovviamente molti dei "*failure pixels*" corrispondono a porzioni delle immagini su cui è presente copertura nuvolosa in una o in entrambe le immagini utilizzate; è comunque possibile valutare la restante parte del DSM ("*successful pixels*") è sufficientemente ampia per effettuare un confronto con il dato da cartografia.

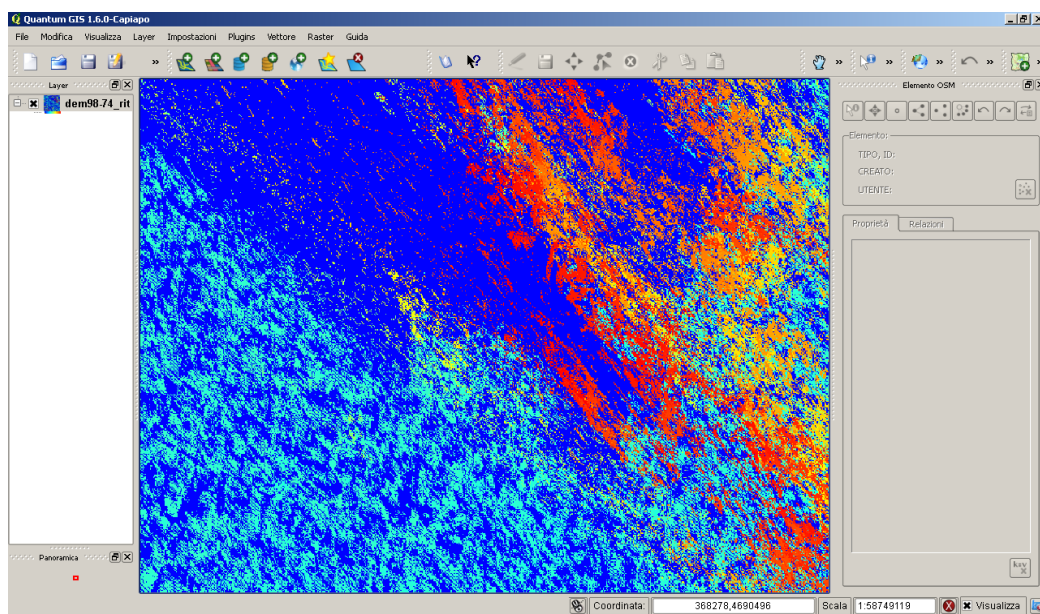


Figura 3 – Ritaglio del DSM ottenuto da pseudo stereocoppie (larghezza approssimativa 1Km); in blu “failure pixels”.

La cartografia 1:5000 della Regione Abruzzo è stata utilizzata per ottenere un modello digitale della situazione pre-sisma; per limitare “effetti di bordo” e falsi positivi riscontrati in precedenti sperimentazioni (Baiocchi et al., 2010) si è deciso di realizzare un DSM che contenesse solo i tetti degli edifici; quest’operazione è stata eseguita in ambiente GRASS.

Il centro storico dell’Aquila è contenuto in 4 elementi della cartografia tecnica regionale scala 1:5000; la prima operazione eseguita è stata quella di filtrare le informazioni contenute nei file “.shp” in modo da ottenere dei file contenenti solo gli elementi di interesse per l’estrazione di un modello digitale dei tetti; in particolare i file “.shp” contenenti le polilinee sono stati filtrati in modo da selezionare solo le tre classi di curve di livello: “principali”, “intermedie” e “ausiliare”. I file “.shp” contenenti i punti sono stati filtrati in modo da eliminare tutte le classi tranne quella denominata “quote in gronda”.

Il comando del modulo GRASS utilizzato per filtrare i dati è *v.extract* che è in grado di operare delle query su un layer vettoriale.

Il modello digitale della superficie contenente solo le quote dei tetti, è stato calcolato usando il modulo di GRASS *v.surf.rst*; con questo comando si può operare un’interpolazione su punti partendo da punti quotati o curve di livello; l’algoritmo applica il metodo dell’interpolazione *Spline*, regolarizzato con una parametro di tensione.

La sintassi è la seguente:

```
v.surf.rst [-ctd] input=name [layer=integer] [zcolumn=string] [where=sql_query] [elev=name]
[slope=name] [aspect=name] [pcurv=name] [tcurv=name] [mcurv=name] [maskmap=name]
[tension=float] [smooth=float] [scolumn=string] [segmax=integer] [npmin=integer] [dmin=float]
[dmax=float] [zmult=float] [devi=string] [cvdev=name] [treefile=name] [overfile=name]
[theta=float] [scalex=float] [--overwrite] [--verbose] [--quiet]
```

Il parametro di tensione funziona come parametro di “*rescaling*” cioè tensioni alte aumentano le distanze tra i punti e riducono il *range* d’influenza di ogni punto. Al contrario tensioni basse diminuiscono le distanze tra i punti e ne aumentano il *range* d’influenza. Il parametro di *smoothing* controlla lo scostamento tra il singolo punto e la superficie risultante ed è molto efficace nella riduzione di eventuale rumore nei dati preservando però le proprietà geometriche della superficie. L’utente può inoltre definire una mappa raster, detta *maskmap*, che potrà essere usata per indicare all’algoritmo di non utilizzare le celle che presentano valore zero o NULL nella maschera stessa.

Da questa sperimentazione sembrerebbe che GRASS non possa implementare i poligoni rappresentanti gli edifici come “*Break Lines*”; questa sarebbe una limitazione nella corretta estrazione di un “modello dei tetti” poiché si potrebbero verificare delle erronee correlazioni tra quote di tetti adiacenti (Fig. 4).

Nella figura 4 è anche possibile osservare che, probabilmente, sono presenti degli errori di *database* nella cartografia numerica originale: ad esempio alcuni poligoni classificati come edifici sono troppo estesi per rappresentare dei singoli fabbricati ma probabilmente rappresentano interi isolati con una singola primitiva.

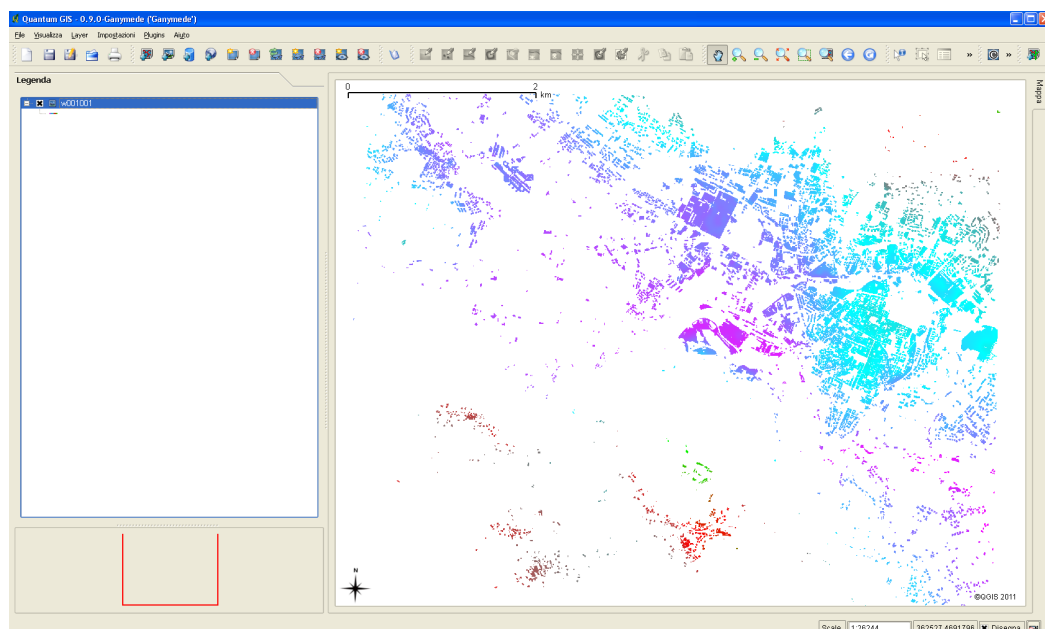


Figura 4 – Ritaglio del “modello digitale dei tetti” ottenuto.

Per quanto riguarda la classificazione multispettrale è stata, invece, utilizzata un’immagine multispettrale *WorldView 2* con le seguenti caratteristiche:

- risoluzione geometrica pancromatica: 0.5 m
- risoluzione geometrica multispettrale: 1.8 m
- 8 bande spettrali: oltre alle classiche bande *RED*, *GREEN*, *BLU* e *NIR*, sono presenti anche le bande *COASTAL BLUE*, *YELLOW*, *RED EDGE* E *NEAR INFRARED-2*

Le nuove quattro bande sono state introdotte per migliorare, in particolare, l’identificazione della vegetazione e della presenza di acqua, ma anche nel nostro caso si sono dimostrate utili ad una migliore discriminazione delle varie classi di interesse.

Le elaborazioni sono state effettuate sull'immagine pansharped (0.5 m di risoluzione) ottenuta con il software Envi ed è stata eseguita una classificazione multispettrale supervisionata con l'algoritmo di massima verosimiglianza implementato sempre in Envi 4.8 (Fig. 5).



Figura 5 – Area del centro storico dell'Aquila dove è stata eseguita la classificazione (ampiezza 1Km²).

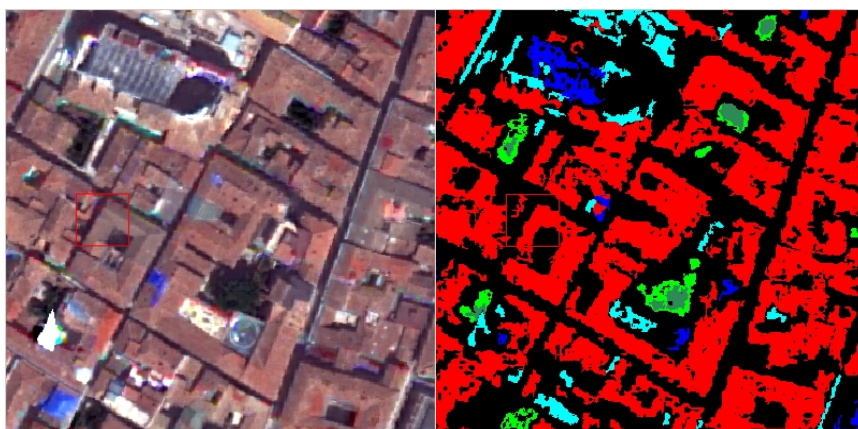


Figura 6 – Dettaglio del tetto collassato della chiesa in Piazza Santa Maria Paganica (nell'immagine a sinistra in blu).

Sono state create differenti ROI: strade, piazze, ombre, vegetazione e tre differenti classi di tetti in funzione della risposta radiometrica (“tetti chiari”, “tetti scuri” e “tetti rossi”).

Nell'area investigata sono presenti edifici gravemente danneggiati ma non tutti sono stati correttamente identificati dalla classificazione multispettrale (Fig. 6); questo risultato è probabilmente causato dal tipo particolare di danno che il terremoto ha prodotto nel centro storico della città: la maggior parte dei danni non interessa la copertura (visibile sulle immagini) ma le strutture interne degli edifici.

In precedenti sperimentazioni l'applicazione di simili tecniche (Ajmar et al., 2010), (Baiocchi et al., 2010) ha permesso l'identificazione di un maggior numero di stabili danneggiati probabilmente per le differenti caratteristiche del tipo di danno subito dagli edifici (rispetto alla situazione del centro storico dell'Aquila sono presenti un numero maggiore di edifici effettivamente crollati).

Risultati

Il modello digitale dei tetti ottenuto dalla cartografia 1:5000 (Fig. 4) è stato confrontato con il DSM ottenuto dalle pseudo stereocoppie in modo da ottenere un modello digitale che rappresenta le differenze di quota dei tetti prima e dopo l'evento sismico (Fig. 7).

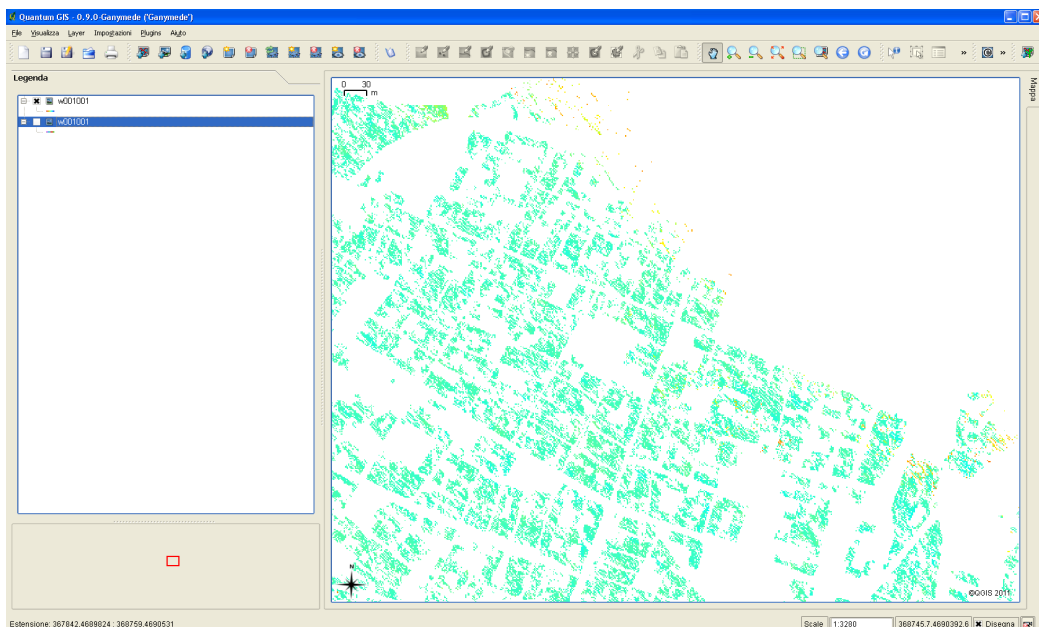


Figura 7 – Dettaglio del modello digitale ottenuto differenziando le quote dei tetti estratte da cartografia e quelle estratte dalla pseudo stereocoppia. Si noti che il crollo della chiesa in Piazza Santa Maria Paganica non è osservabile in quanto gli edifici religiosi non sono rappresentati nella cartografia regionale.

Ovviamente la differenza è stata calcolata solo per i *pixel* che presentano un valore di quota in entrambi i modelli, mentre nel modello finale delle differenze sono stati riportati come “no data value” i *pixel* corrispondenti ai “no data value” o “failure pixels” in uno od entrambi i modelli di partenza.

Con questo metodo sono stati identificati alcuni edifici crollati, anche se non in gran numero, ma bisogna ricordare, ancora una volta, che l'evento sismico dell'Aquila ha causato danni, anche gravi, a molti edifici, ma pochi di questi sono effettivamente crollati. Ciò probabilmente è dovuto allo specifico tipo di urbanizzazione caratteristico dei centri urbani.

Conclusioni e sviluppi futuri

Il risultati di questo lavoro sono da considerarsi preliminari; la metodologia applicata per l'analisi degli edifici crollati dell'Aquila è già stata utilizzata per altre aree interessate da eventi sismici ottenendo dei risultati significativi (Baiocchi et al., 2010).

Le pseudo stereocoppie EROS-B hanno prodotto un DSM discontinuo ma sicuramente l'analisi di tali immagini va ulteriormente approfondito, ad esempio è assolutamente necessario effettuare un mascheramento della copertura nuvolosa allo scopo di risolvere i problemi di correlazione e per ridurre il tempo di estrazione del DSM che attualmente è di circa 2 giorni.

L'uso della cartografia digitale per creare un modello delle quote "prima dell'evento" sembra risolvere alcune problematiche incontrate in precedenti sperimentazioni, come ad esempio rappresentare correttamente le strade nei centri urbani, data la loro ridotta ampiezza.

La classificazione ottenuta con l'immagine multispettrale ad otto bande sembra offrire nuove possibilità per l'identificazione automatica degli edifici crollati e delle macerie.

Tuttavia è corretto sottolineare che attualmente entrambe queste metodologie non producono risultati ottimali in questo tipo specifico di centro urbanizzato per l'identificazione dei danni dovuti ad un evento sismico dove la maggior parte degli edifici non sono crollati.

Sicuramente la tecnica descritta in questo lavoro verrà applicata ad altre zone della città dell'Aquila (ad esempio la frazione di Onna) dove sono stati riscontrati un maggior numero di edifici crollati.

Ringraziamenti

Gli autori vogliono ringraziare "IPT s.r.l." per avere fornito le immagini EROS-B.

Bibliografia

Ajmar A., Boccardo P., Giulio Tonolo F., Veloso C. (2010), "*Earthquake damage assessment using remote sensing imagery. The Haiti case study.*", In: *Geoinformation for Disaster and Risk Managment. Examples and best practices*, Altan O., Backhaus R., Boccardo P., Zlatanova S., jb gis (dnk), pp. 7, : 31- 37, ISBN: 9788790907884.

Baiocchi V., Brigante R. and Radicioni F. (2010). "Three-dimensional multispectral classification and its application to early seismic damage assessment." *Italian Journal of Remote sensing*, vol. 42; p. 1-17, issn: 1129-8596

INGV (Italian National Agency for Geophysics and Vulcanology) (2009), The L'Aquila seismic sequence - April 2009, www.ingv.it

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