

Valutazione delle caratteristiche informative di immagini ad alta risoluzione IKONOS per lo studio dei fenomeni di frana

Roberto Carlà(*), Stefano Baronti(*), Mauro Cardinali(**), Federica Fiorucci (**),
Fausto Guzzetti(**), Alessandro Mondini(**), Leonardo Santurri(*)

(*) CNR-IFAC,, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino, Italy, +39 055 5226429 (satellit@ifac.cnr.it)

(**) CNR-IRPI, Via Madonna Alta 126, 06128 Perugia, Italy, +39 075 5014421 (federica.fiorucci@irpi.cnr.it)

Riassunto

Nell'ambito del progetto MORFEO finanziato dalla Agenzia Spaziale Italiana e volto alla valutazione delle potenzialità di impiego delle tecnologie di telerilevamento da satellite ai fini dell'individuazione, la caratterizzazione, mappatura e monitoraggio dei fenomeni di frana, sono stati elaborati ed analizzati i dati sia pancromatici che multispettrali acquisiti dal satellite IKONOS su una vasta area di studio localizzata nella zona di Collazzone (Umbria), confrontandoli con la copertura aerea ortorettificata, del volo Terraitaly™ prodotto dalla Compagnia Generale di Riprese Aeree di Parma nello stesso anno. Per poter effettuare il confronto, le due immagini sono state elaborate in modo da simulare acquisizioni da aereo e da satellite congruenti sia dal punto di vista della risoluzione spaziale che spettrale. Successivamente operatori esperti hanno confrontato le due tipologie di dato valutando gli aspetti e le caratteristiche ambientali significative per l'individuazione dei fenomeni di frana da parte di operatori esperti.

Abstract

In the framework of the MORFEO project, funded by the Italian Space Agency (ASI) and devoted to assess satellite imagery potentialities for landslide detecting, mapping and monitoring, the characteristics of an IKONOS image were compared with an aerial orthoimage produced by Compagnia Generale di Riprese Aeree S.p.A., on the test area of Collazzone located in the Umbria region (Central Italy). The two images were processed in order to exhibit similar spatial and spectral characteristics. Afterwards, they were compared on the basis of the evidence of landslide environmental features following the judgement of skilled photo-analysts.

Introduzione

Le carte di inventario dei fenomeni franosi sono generalmente realizzate analizzando l'insieme di caratteristiche geomorfologiche, geologiche e di copertura del suolo di un territorio (Dai, Lee, 2002). Queste informazioni sono ottenute attraverso le tecniche tradizionali di fotointerpretazione di immagini aeree stereoscopiche o in mancanza di copertura stereo, da immagini ortorettificate. Per tale scopo vengono generalmente utilizzati riprese aeree a scala superiore a 1:5000 e spesso sono impiegate anche immagini di maggior dettaglio, da 1:2000 a 1:500, in grado di fornire risoluzioni spaziali al suolo inferiori al metro.

Il telerilevamento rappresenta un nuovo promettente strumento utile per ottenere periodicamente informazioni della superficie terrestre a varie risoluzioni spaziali ed in differenti intervalli spettrali. Anche se i dati derivati dai satelliti VHR raggiungono risoluzioni spaziali dell'ordine del metro, ulteriori studi sono necessari per valutare le reali potenzialità dei dati satellitari ai fini della individuazione e mappatura dei fenomeni di frana (Brunsdon, 1993) (Mantovani et al., 1996). E' quindi importante valutare le caratteristiche delle informazioni ottenibili dalle immagini acquisite

da sensori ad altissima risoluzione (VHR) di nuova generazione in confronto alle riprese aeree tradizionali.

MORFEO (MONitoraggio e Rischio da Frana mediante dati EO) è un progetto pilota finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana che ha lo scopo di sviluppare un prodotto applicativo di "Protezione Civile dalle Frane" che sfrutti dati e tecnologie "EO", integrate con quelle "non-EO" (Guzzetti et al., 2009). Uno degli obiettivi del progetto è quello di valutare le caratteristiche delle immagini VHR acquisite da piattaforma satellitare ai fini dell'individuazione, la caratterizzazione ed il monitoraggio dei fenomeni di frana. A tale scopo, è stata presa in considerazione ed elaborata una copertura aerea dell'area di studio, localizzata nella zona di Collazzone in Umbria, costituita dalle ortofoto del volo Terraitaly™ effettuato dalla Compagnia Generale di Riprese aeree (CGR S.p.A.) nell'anno 2005, unitamente ad una copertura ottenuta da due immagini IKONOS acquisite tra giugno e luglio dello stesso anno. Essendo le caratteristiche spaziali e spettrali differenti, le immagini Terraitaly ed IKONOS sono state elaborate in modo da renderle il più possibile congruenti dal punto di vista della risoluzione spaziale e spettrale. L'immagine IKONOS è stata elaborata con tecniche di *pan-sharpening* al fine di aumentare la risoluzione spaziale del dato multispettrale. Le immagini Terraitaly sono state filtrate e decimate in modo da "simulare" un'acquisizione da aereo con la stessa definizione spaziale del dato satellitare. Successivamente, le due coperture sono state analizzate da esperti fotointerpreti del settore geologico, al fine di individuare e mappare i fenomeni di frana presenti sul territorio ed inoltre per valutare le differenti caratteristiche delle due tipologie di immagine. In questo lavoro sono descritti i risultati ottenuti dal confronto di alcuni casi di frane, confrontando qualitativamente le immagini Terraitaly ed IKONOS elaborate. Inoltre vengono presentate alcune interessanti considerazioni relative alla qualità informativa dei due prodotti, ottenute dall'analisi della loro statistica spettrale.

Area di studio e dati utilizzati

La sperimentazione è stata condotta su una delle aree di studio selezionate dal progetto MORFEO, comprendente una vasta zona collinare della regione Umbria, localizzata intorno alla cittadina di Collazzone in sinistra idrografica del fiume Tevere (fig. 1) e caratterizzata da una copertura vegetale varia, con terreni agricoli e zone boschive. Per la natura geologica del terreno, questa zona è interessata ogni anno da un grande numero di frane di dimensioni medio-piccole.

La copertura aerea utilizzata nel lavoro è stata ottenuta mediante mosaicatura dei fogli relativi all'area di studio, del volo Terraitaly realizzato nel 2005 dalla Compagnia Generale di Riprese aeree di Parma (fig. 1B). La copertura satellitare è stata realizzata da due immagini IKONOS acquisite a distanza di una settimana di una dall'altra, rispettivamente il 28 giugno ed il 04 luglio 2005 in condizioni atmosferiche abbastanza similari.

Ciascuna ripresa IKONOS comprende un'immagine pancromatica (PAN) ad 1 m di risoluzione spaziale nominale, ed una multispettrale (XS) a 4 m di risoluzione spaziale, entrambe con risoluzione radiometrica di 11 bit. La fig. 1C ed 1D mostrano rispettivamente le immagini PAN ed XS ottenute dalla mosaicatura. Il dato multispettrale IKONOS comprende 3 bande spettrali nel visibile e una nel vicino infrarosso. L'immagine PAN integra l'informazione del visibile con quella del vicino infrarosso.

Il prodotto Terraitaly ha una risoluzione spaziale di 0.5 m ed una risoluzione radiometrica di 8 bit nelle tre bande del visibile.

Le immagini Terraitaly e IKONOS presentano una definizione delle bande spettrali nei canali del visibile (RGB) simile. E' inoltre importante notare che il prodotto Terraitaly è stato realizzato dall'elaborazione di due strisciate effettuate in due mesi differenti del 2005, di cui solo la seconda strisciata nello stesso periodo di acquisizione delle immagini IKONOS. Questo purtroppo è causa in molte zone dell'area di studio di differenze ambientali, soprattutto della copertura vegetale, cosa che costituisce un elemento di disturbo nel confronto delle due tipologie di informazione.

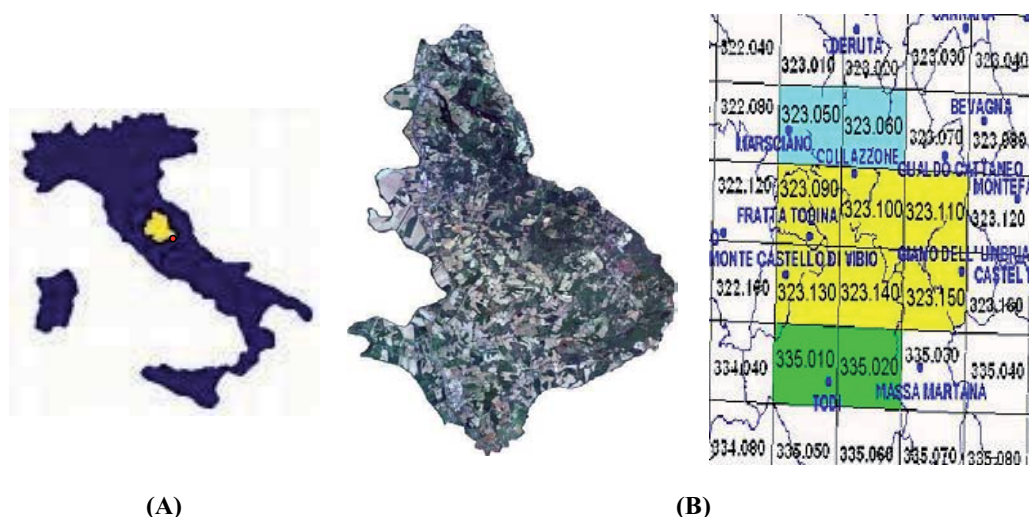


Figure 1 – (A) Localizzazione dell'area test di Collazzone in Umbria; (A) mosaico di immagini del volo Terraitaly 2005

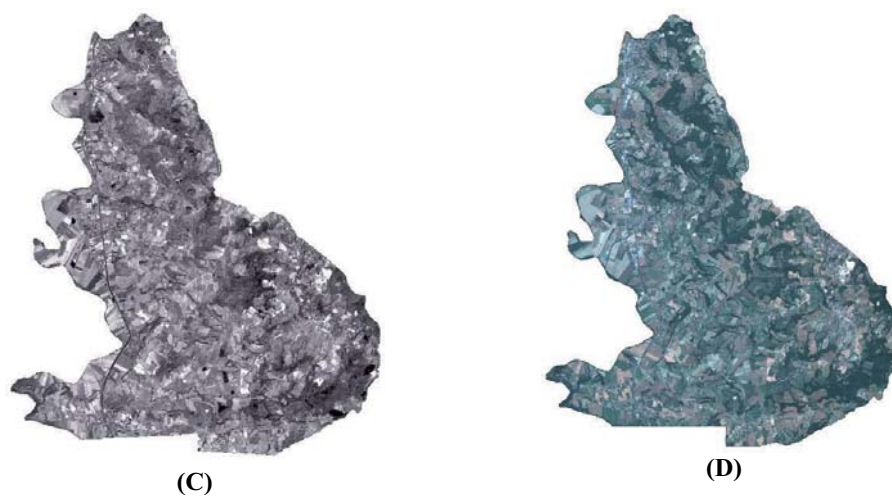


Figure 1 – Immagine IKONOS Pancromatica (c) e multispettrale (d) relative all'area di studio di Collazzone (Umbria)

	Prodotto TERRAITALY 2005	IKONOS	
Data acquisizione	Marzo (prima strisciata) Giugno (seconda strisciata)	28 giugno 2005 04 luglio 2005	
Bande spettrali	R, G, B	PAN	R, G, B, NIR
Risoluzione spaziale	0,5 m	1 m	4 m
Risoluzione radiometrica	8 bit	11 bit	

Tab. 1 – Caratteristiche delle immagini aerea e satellitare utilizzate

Elaborazione dati e risultati

Le immagini Terraitaly e IKONOS sono state elaborate per ottenere due immagini con caratteristiche spaziali e spettrali il più possibili congruenti, allo scopo di potere effettuare un confronto sul loro contenuto informativo. A tale scopo, poiché la risoluzione spaziale è una caratteristica che ha un'importanza primaria nella individuazione delle frane, è stata prodotta una immagine multispettrale IKONOS ad 1 m di risoluzione spaziale, mediante fusione del dato multispettrale IKONOS originario a 4 m di risoluzione con quella PAN ad 1 m. Tra tutti i metodi e gli algoritmi proposti in letteratura, è stato selezionato il metodo di fusione "Gram-Schmidt adattivo" (GSA) che inietta nelle bande dell'immagine XS il dettaglio spaziale estratto dal PAN con un guadagno adattivo in funzione delle caratteristiche della scena, calcolato sulla base di parametri statistici locali (Aiazzi et al., 2007). Da prove sperimentali (Aiazzi et al., 2009), tale metodo risulta essere il più efficiente in termini sia di miglioramento della risoluzione spaziale dell'immagine multispettrale che, soprattutto, della minore distorsione radiometrica introdotta nei toni di colore della scena. La fig. 2 mette a confronto le immagini PAN e XS originali con il risultato ottenuto dell'algoritmo GSA applicato ad un particolare dell'area di Collazzone.

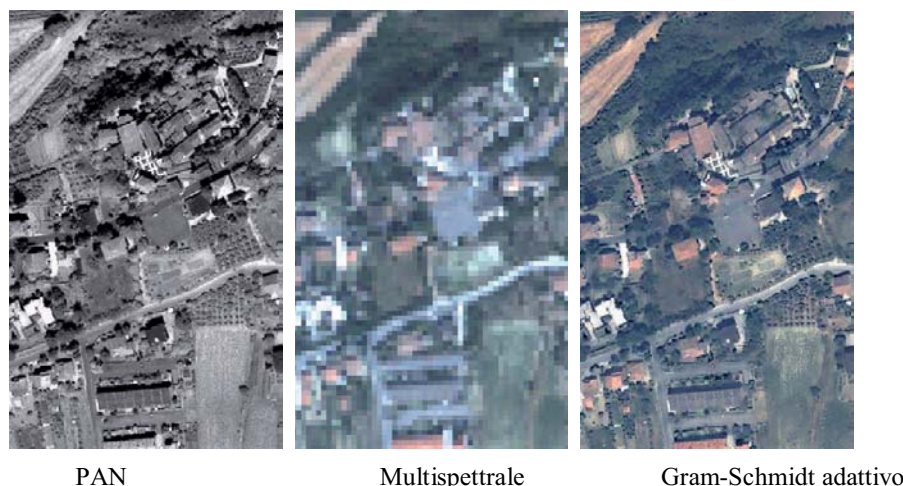


Figure 2 – Risultato della fusione di immagini IKONOS PAN e XS con algoritmo Gram-Schmidt adattivo (SGA), relativo ad un particolare dell'area di Collazzone

Successivamente, per rendere spazialmente congruente la risoluzione di 0.5 m di Terraitaly con quella di IKONOS fusa ad 1 m, l'immagine Terraitaly è stata elaborata con un filtro ideale a mezza banda a 33 coefficienti e quindi decimata per due. In questo modo è stato ottenuto un prodotto Terraitaly con una risoluzione spaziale di 1 m e senza alterazione delle caratteristiche radiometriche. Infine, il dato IKONOS è stato ortorettificato e georiferito utilizzando un DEM con griglia di 20 m.

Quindi, le immagini RGB Terraitaly ed IKONOS elaborate con la stessa risoluzione di 1 m sono state accuratamente analizzate visivamente da parte di esperti fotointerpreti, per individuare e confrontare l'evidenza dei fenomeni di frana nelle due tipologie di dato a parità di risoluzione spaziale.

Dalle immagini multispettrali originali sono state prodotte due immagini sintetiche corrispondenti alla media e alla deviazione standard spettrale (SSD). Tale elaborazione è stata fatta allo scopo di effettuare un confronto che consentisse di identificare ed esaltare le caratteristiche fotografiche tipiche delle frane e che non fosse condizionato dalle variazioni di colore dovute alla diversa copertura del suolo presente sulle due immagini.

Il risultato della media dei valori spettrali di ciascun punto sintetizza in pratica un'immagine pancromatica la cui variabilità dei toni di grigio evidenzia principalmente elementi fotografici (tono, tessitura e pattern) riconducibili a forme morfologiche caratteristiche della presenza di dissesti. La banda nel vicino infrarosso dell'immagine multispettrale IKONOS è stata esclusa dal calcolo in quanto la banda corrispondente non è presente nell'immagine Terraitaly. L'immagine (SSD) ottenuta calcolando la deviazione standard spettrale di ciascun punto rappresenta invece un'informazione relativa alla variabilità delle componenti spettrali di colore relativamente al valor medio. Aree a valore costante nell'immagine SSD, corrispondono a zone della scena con colore omogeneo. Punti dell'immagine SSD tendenti a zero, corrispondono invece a punti della scena il cui colore tende ad un tono di grigio. Peraltro, non necessariamente due aree omogenee che hanno colore differente (per es. vegetato, suolo nudo) devono avere un valore di SSD differente. La fig. 3 mostra il confronto tra l'informazione dei dati Terraitaly e IKONOS, relativamente ad un esempio di area caratterizzata dalla presenza di tre aree in frane. Le tre colonne mettono a confronto rispettivamente gli originali e le immagini relative alla media ed alla SSD.

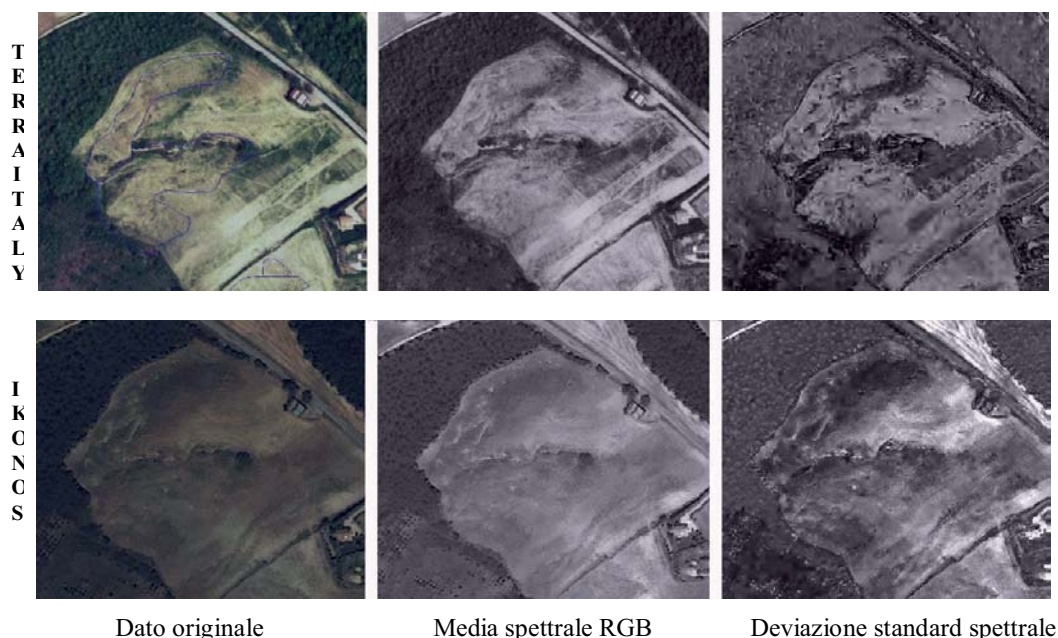


Figure 3 – Esempio di tre piccole frane nell'area test di Collazione. Confronti delle immagini Terraitaly e IKONOS originali e delle loro elaborazioni di media e standard deviation spettrale (SSD). I bordi delle zone interpretate come aree interessate da frana sono evidenziate in blu nell'immagine Terraitaly originale (in alto a sinistra).

La fig. 4 mostra un ingrandimento dell'immagine SSD di Terraitaly relativa alla stessa zona di fig. 3, nella quale si evidenzia chiaramente la presenza di rumore di aliasing e di distorsione dovuti probabilmente alla catena di elaborazione e produzione del dato (es: compressione lossy, algoritmi di filtraggio e/o contrasto con parametri non adeguati, ecc.). Tale distorsione è stata rilevata in generale su tutta l'immagine aerea. La stessa distorsione non è invece stata riscontrata nella corrispondente immagine SSD di IKONOS (fig. B). Questa immagine si presenta con tonalità di grigio più accentuate e contrastate consentendo una migliore identificazione di elementi fotografici riconducibili a caratteristiche morfologiche tipiche di movimenti franosi.



A

B

Figure 4 – Ingrandimento dell'immagine SSD di Terraitaly (A) e IKONOS (B) relativa alla stessa area in frana della fig. 3. In Terraitaly è evidente la presenza di distorsione del segnale.

Conclusioni

Nell'ambito del progetto MORFEO (ASI), sono state elaborate e confrontate le ortofoto aeree a colori della copertura Terraitaly 2005 con una copertura del satellite IKONOS acquisita nello stesso anno, ai fini della mappatura dei fenomeni di frana nell'area di studio di Collazzone in Umbria.

Le immagini PAN e XS fuse alla risoluzione di 1m col metodo Gram-Schmidt adattivo sono state analizzate e confrontate con la copertura Terraitaly opportunamente degradata ad 1 m di risoluzione mediante un filtraggio adeguato. La fotointerpretazione da parte di operatori esperti ha evidenziato la validità del dato satellitare elaborato (media spettrale e SSD) in confronto al dato acquisito da aereo, per l'identificazione delle frane.

L'analisi della statistica spettrale di media e varianza puntuale ha peraltro rivelato il maggior contenuto di rumore del prodotto Terraitaly rispetto alle immagini IKONOS. Ulteriori approfondimenti sono in corso di svolgimento per accertare le cause di tali distorsioni individuate nel dato aereo, e per valutare la validità delle immagini satellitari confrontando le mappe di inventario delle frane generato dai due tipi di dato su tutta l'area di studio.

Riferimenti bibliografici

- Brunsdon, D., (1993), "Mass movement, the research frontier and beyond: a geomorphological approach". *Geomorphology* 7, 85–128.
- Dai, F.C., Lee, C.F., (2002). "Landslide characteristics and slope instability modelling using GIS", *Geomorphology* 42, Lantau Island, Hong Kong, 213–228.
- Guzzetti F., Candela L., Carlà R., Fornaro G., Lanari R., Ober G., (2008), "Exploiting Earth Observation Tehcnology to Map, Monitor and Forecast Landslides: the ASI MORFEO Project", *Proc. of "The First World Landslide Forum"*, Tokyo, Japan, 18-21 nov 2008, pp239-241.
- Mantovani, F., Soeters, R., Westen, C.J., (1996), "Remote sensing techniques for landslides studies and hazard zonation in Europe", *Geomorphology* 15, 213–225.
- B. Aiazzi, S. Baronti, M. Selva, (2007). "Improving component substitution pansharpener through multivariate regression of MS+Pan data", *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No. 10, pp. 3230-3239.
- B. Aiazzi, S. Baronti, F. Lotti, M. Selva, (2009). "A Comparison Between Global and Context Adaptive Pansharpener of Multispectral Images", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 6, No. 2, pp. 302-306.