

APPLICAZIONE DI TECNICHE DI PAN-SHARPENING IHS AD IMMAGINI IKONOS

Claudio PARENTE, Raffaele SANTAMARIA

(*) Dipartimento di Scienze Applicate, Facoltà di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli "Parthenope",
Centro direzionale di Napoli, Isola C4, 80134 Napoli, tel. 081-5476608,
e-mail claudio.parente@uniparthenope.it, raffaele.santamaria@uniparthenope.it

Riassunto

Le immagini satellitari multispettrali presentano, rispetto alle corrispondenti pancromatiche, una maggiore risoluzione spettrale (ampiezza di ciascuna banda tra 0,1 e 0,01 μm a fronte di 0,3 μm e anche oltre), ma più elevate dimensioni del pixel a terra. La composizione a colori veri RGB, ottenuta dalle bande del rosso, del verde e del blu, è caratterizzata dalla risoluzione spaziale delle immagini multispettrali che risulta essere quindi minore di quella della corrispondente pancromatica. Le tecniche di pan-sharpening consentono di superare tale limite e di ottenere immagini a colori aventi le stesse dimensioni del pixel che sono proprie dell'immagine pancromatica.

In questo lavoro si prendono in esame le tecniche di Pan-Sharpening basate sul modello IHS (Intensity, Hue, Saturation) applicate ad immagini IKONOS. L'attenzione viene posta sul problema fondamentale generato dalla presenza del contributo dell'infrarosso vicino alla definizione del pancromatico, e si adottano soluzioni proposte in letteratura. Si descrivono applicazioni eseguite su immagini IKONOS relative all'isola di Ustica (Sicilia) e se ne analizzano i risultati.

Abstract

Satellite multi-spectral images present, compared with panchromatic ones, better spectral resolution (from 0.01 μm to 0.1 μm rather than 0.3 μm or over), but greater pixel dimensions. True colour composition RGB, derived from red, green and blue wavelength bands, has geometric resolution of multi-spectral images which turns out to be therefore smaller of that of the panchromatic one. Pan-Sharpening techniques concur to go beyond this limit and obtain coloured images that have the same pixel dimensions which characterize panchromatic data.

In this paper Pan-Sharpening techniques based on HIS (Intensity, Hue, Saturation) model are considered in relation to their application to IKONOS images. Attention is focalized on the principal problem which is generated by the contribution of near infrared to panchromatic images, and solution proposed in literature are adopted. Applications are conducted on IKONOS images concerning Ustica Isle (Sicily) and results are analyzed.

Introduzione

Ikonos, lanciato nel Settembre del 1999, è stato il primo satellite ottico commerciale ad alta risoluzione. Posto su di un'orbita quasi polare ed elio-sincrona a 680 km di altezza, è dotato di 2 sensori: uno pancromatico (PAN) con una risoluzione geometrica al suolo pari a 1 m x 1 m, una elevata larghezza di banda (fino al vicino infrarosso, da 0,45 a 0,90 μm) ed una profondità di colore di 11 bit (2048 toni); l'altro multispettrale (MS) con una risoluzione geometrica al suolo pari a 4 m x 4 m, operatività su 4 bande (blu: 0,45-0,52 μm ; verde: 0,52-0,60 μm ; rosso: 0,63-0,69; infrarosso vicino: 0,76-0,90 μm) e una profondità di colore di 11 bit. La disponibilità di una copertura globale ad elevata risoluzione sia spaziale che temporale (il passaggio sulla stessa scena avviene dopo circa 3 giorni, ma la possibilità di inclinare il sensore permette di dimezzare l'intervallo di tempo tra due

acquisizioni della stessa area) rende particolarmente interessante l'impiego di prodotti IKONOS, anche per fini cartografici.

Per molte applicazioni risulta utile la disponibilità di immagini a colori: la composizione RGB, utilizzando le prime tre delle quattro bande multispettrali, fornisce prodotti con risoluzione 4 m x 4 m. L'impiego di tecniche di Pan-Sharpning consente di ottenere immagini a colori con risoluzione 1 m x 1 m.

Tecniche di Pan-Sharpning IHS

Le tecniche basate sul modello IHS (Intensity, Hue, Saturation) sono tra le più utilizzate per la realizzazione del Pan-Sharpning. Si ricorda che l'Intensità (Intensity, I) rappresenta la brillantezza del colore, la Tinta (Hue, H) esprime la caratteristica del colore determinata dalla sua lunghezza d'onda, la Saturazione (Saturation, S) indica la purezza del colore. Queste tecniche utilizzano la composizione RGB derivata da 3 differenti bande e la traspongono nello spazio IHS. Le immagini multispettrali vengono inizialmente ricampionate alla stessa risoluzione spaziale del pancromatico; realizzata la composizione RGB, si effettua il passaggio a IHS mediante le relazioni (Tu et al, 2004):

$$\begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} & \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad [1]$$

dove R, G, B, I, v_1 , v_2 , rappresentano, i corrispondenti valori relativi a ciascun pixel nella composizione iniziale RGB. In particolare, v_1 , v_2 sono grandezze che definiscono H e S.

Successivamente si sostituisce la componente Intensity con la pancromatica. Quest'ultima e le altre due componenti vengono trasferite dallo spazio IHS a quello RGB mediante le relazioni:

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Pan \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad [2]$$

dove R', G', B', v_1 , v_2 rappresentano i corrispondenti valori relativi a ciascun pixel nella composizione finale R'G'B'.

Si ottiene in definitiva un'immagine a colori con la risoluzione spaziale della pancromatica e il dettaglio radiometrico delle multispettrali.

Si dimostra facilmente che (Tu et al, 2001):

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix} \quad [3]$$

dove risulta:

$$\delta = Pan - I = Pan - \frac{R + G + B}{3} \quad [4]$$

Problema per l'applicazione alle immagini IKONOS

La figura 1 (Kalpoma e Kudoh, 2007) evidenzia le risposte spettrali dei sensori IKONOS relativi al pancromatico e al multispettrale: per la banda del blu non c'è sovrapposizione con quanto avviene per il pancromatico e per quest'ultimo c'è un'estensione oltre ciò che caratterizza la specifica banda dell'infrarosso vicino.

Dalla mancanza di una perfetta sovrapposizione, si generano distorsioni cromatiche nell'applicazione IHS. D'altro canto, la vegetazione, come è noto, presenta picchi di riflettanza nell'infrarosso vicino e quindi nel pancromatico, e valori minimi nella composizione RGB. Di conseguenza, se non si considera il contributo della banda dell'infrarosso nella definizione dell'Intensità, la relativa immagine presenterà bassi valori di radianza in corrispondenza della vegetazione.

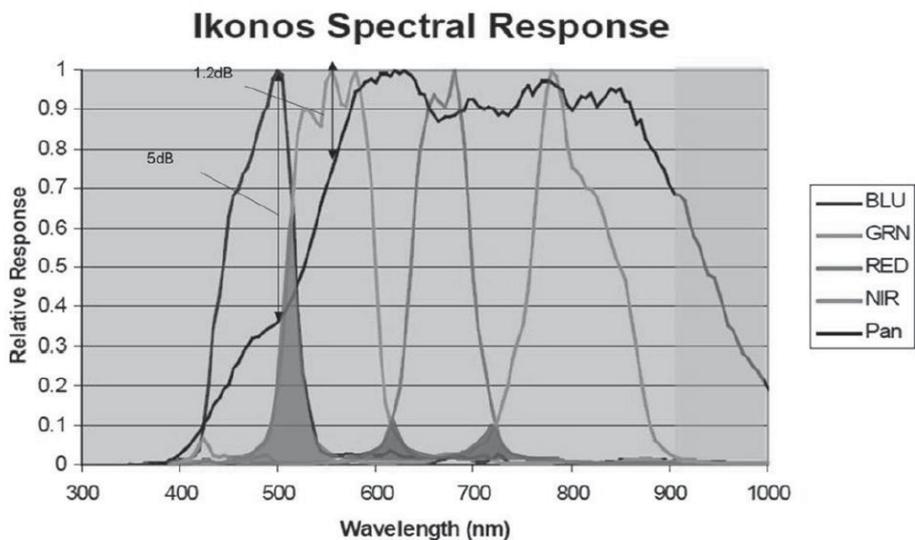


Figura 1 – Risposte spettrali dei sensori IKONOS per il pancromatico e il multispettrale (fonte: Kalpoma e Kudoh, 2007)

Per eliminare le distorsioni cromatiche che si originerebbero applicando le relazioni di cui al paragrafo precedente, occorre anzitutto abbassare il valore di δ , portandolo a $\delta' < \delta$, così da includere il contributo della banda dell'infrarosso (NIR) nella definizione di I.

Il valore di δ' può essere determinato come:

$$\delta' = Pan - I' = Pan - \frac{R + G + B + NIR}{4} \quad [5]$$

Alcuni autori (*Tu et al, 2004*), in relazione alle risposte spettrali e quindi a quanto evidenziato dalla figura 1, propongono la modifica del valore di δ' , introducendo un nuovo valore δ'' fornito da:

$$\delta'' = Pan - I'' = Pan - \frac{(R + a \cdot G + b \cdot B + NIR)}{3} \quad [6]$$

Gli stessi autori, considerando che a e b non possono essere definiti per via teorica, ma empirica, forniscono, in base a quanto ricavato per 92 immagini IKONOS, i seguenti valori:

$$\begin{aligned} a &= 0,75 \\ b &= 0,25 \end{aligned} \quad [7]$$

Applicazione ad immagini IKONOS dell'isola di Ustica

Si considerano una immagine pancromatica IKONOS e le corrispondenti multispettrali riguardanti Ustica (Sicilia), acquisite il 22 novembre 2001. In relazione al sistema di riferimento UTM-WGS84, la scena in esame si estende tra le coordinate Est $E_1 = 337.049$ m, $E_2 = 345.569$ m e le coordinate Nord $N_1 = 4.281.518$ m, $N_2 = 4.289.178$ m. La pancromatica è costituita da 7.660×8.520 pixels; le multispettrali, ovviamente, da 1.920×2.130 pixels.

Si sceglie come ambiente di lavoro il software PCI Geomatica 10.1, utilizzando principalmente le funzioni di ri-proiezione, di Map Algebra (Raster Calculator) e di composizione RGB, tutte contenute nel modulo Focus.

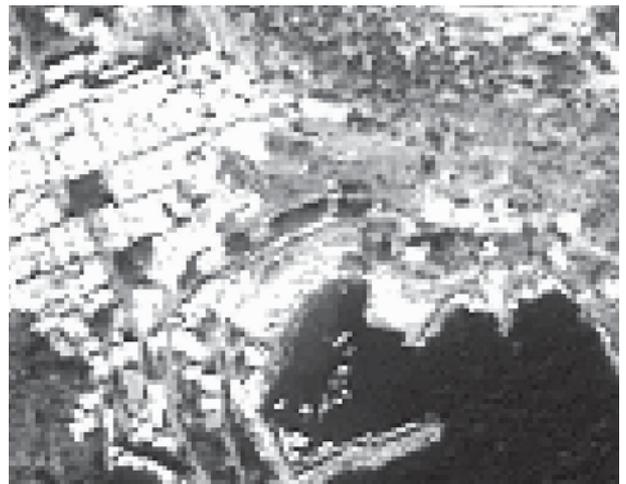
Si esegue anzitutto il ricampionamento dei file relativi alle bande del blu, del verde, del rosso e dell'infrarosso, riportando gli stessi dalla risoluzione geometrica $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ a quella $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. Si applica inizialmente il metodo IHS utilizzando la [3], ovvero senza tener in alcun conto la specificità delle immagini IKONOS (4 bande multispettrali in corrispondenza dell'intervallo di lunghezze d'onda relativo al pancromatico). Il risultato ottenuto è evidenziato in figura 2 (d): sono evidenti soprattutto le imprecisioni di colore per la vegetazione che appare tendente all'azzurro.

Al fine di limitare le distorsioni cromatiche, in accordo con le indicazioni in letteratura (*Tu et al, 2001*), ai valori di δ sono stati sostituiti dapprima quelli di δ' espressi dalla [5], ottenendo il risultato evidenziato in figura 2 (e), e successivamente quelli di δ'' in base alla [6] e alla [7], ottenendo quanto mostrata nella figura 2 (f).

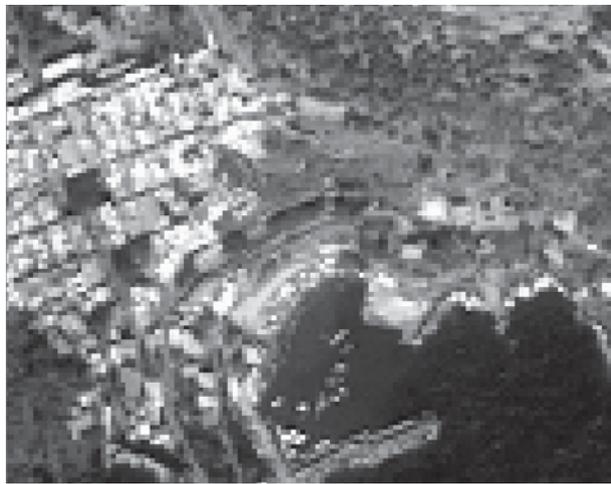
Oltre che dalla stessa visualizzazione, la bontà del risultato può essere determinata anche per via analitica, ad esempio mediante l'impiego di coefficienti di correlazione calcolati tra ciascun canale della composizione RGB di volta in volta ottenuta e le corrispondenti bande multispettrali di partenza. Si riportano nella tabella in figura 3 i valori assunti da tali coefficienti nel caso in esame.



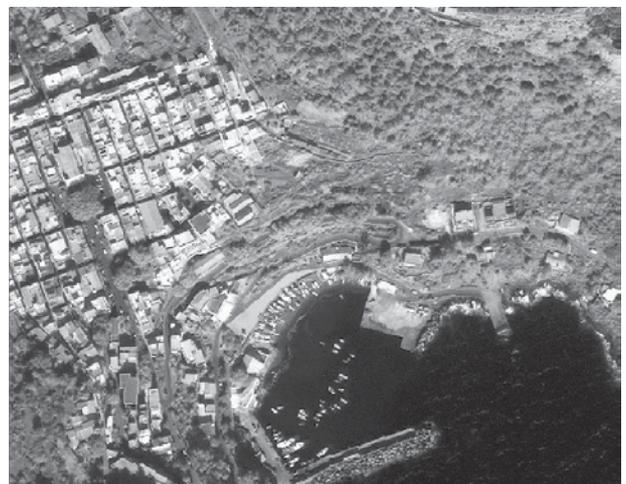
(a)



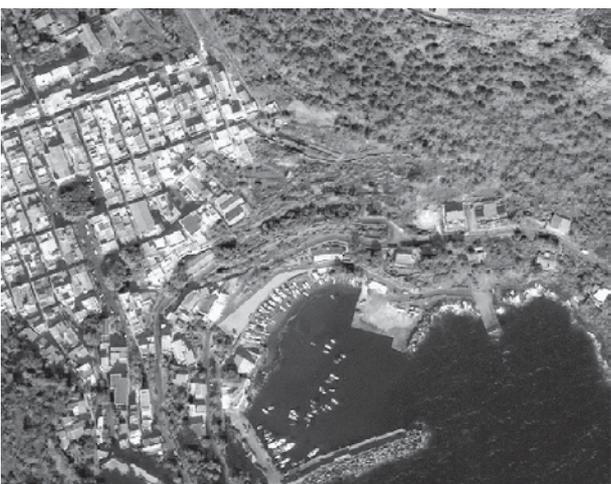
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 2 - Confronto tra le immagini: pancromatica (a), multispettrale nella banda del rosso (b), RGB 4 m x 4 m (c), RGB ottenuta con tecniche di Pan-Sharpning IHS con il valore δ (d), RGB ottenuta con il valore δ' (e), RGB ottenuta con il valore δ'' (f)

	[4]	[5]	[6]
R	0,6111	0,7700	0,8610
G	0,6488	0,8128	0,9060
B	0,6446	0,8259	0,9378

Figura 3 –Coefficienti di correlazione nei tre casi determinati dall'applicazione dei valori δ , δ' e δ'' espressi, rispettivamente, dalle formule [4], [5] e [6]

Conclusioni

Le tecniche di Pan-Sharpening basate sul modello IHS risultano essere di facile applicazione anche per le immagini IKONOS. Infatti, la specificità di tali dati satellitari obbliga alla ricerca di soluzioni ad hoc che però trovano facile implementazione con semplici funzioni di Map Algebra, facilmente applicabili praticamente tramite qualsiasi software per l'elaborazione di dati telerilevati e/o di tipo GIS.

Le distorsioni cromatiche, come ad esempio quelle che interessano la vegetazione, vengono notevolmente ridotte e i risultati risultano soddisfacenti, come rilevabile sia in maniera visiva che tramite l'impiego di coefficienti di riferimento, come quelli di correlazione adoperati nella applicazione trattata.

Bibliografia

- B. Aiazzi, L. Alparone, S. Baronti, A. Garzelli (2003), "Context-driven fusion of high spatial and spectral resolution images based on oversampled multiresolution analysis", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, pp. 2300–2312, October 2003
- M. Choi (2006), "A new intensity–hue–saturation fusion approach to image fusion with a tradeoff parameter," *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, no. 6, pp. 1672–1682, Jun. 2006
- K. A. Kalpoma, J. Kudoch (2007), "Image Fusion Processing for IKONOS 1-m Color Imagery", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No 10, pp. 3075-3085, October 2007
- Z. Teague (2001), "IKONOS pan-sharpened products evaluation," *Proceedings High Spatial Resolution Commercial Imagery Workshop*, 20 March 2001, Available: http://ldcm.gsfc.nasa.gov/library/HSRCIW01/PanSharp_ProductsEval_Teague.pdf
- T. M. Tu, P. Huang, C.L. Hung,, C. P. Chang (2004). "A Fast Intensity–Hue–Saturation Fusion Technique With Spectral Adjustment for IKONOS Imagery", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. I, No 4, pp. 309-312, October 2004
- T. M. Tu, S. C. Su, H. C. Shyu, P. S. Huang (2001), "Anewlook at IHS-like image fusion methods", *Inform. Fusion*, Vol. 2, pp. 177–186, 2001