

ORIENTAMENTO ED ESTRAZIONE DI DSM DA STEREOCOPPIE CARTOSAT-1

M. CRESPI (*), G. COLOSIMO (*), F. FRATARCANGELI (*),
F. GIANNONE (*), F. PIERALICE (*), K. JACOBSEN (**)

*DITS – Area di Geodesia e Geomatica – Sapienza Università di Roma– via Eudossiana 18 – Rome, Italy -
<mattia.crespi,francesca.fratarcangeli,francesca.giannone,francesca.pieralice>@uniroma1.it

**Institute of Photogrammetry and Geoinformation -Leibniz University-Hannover, Germany
jacobsen@ipi.uni-hannover.de

Riassunto

Il satellite Cartosat-1, lanciato dal “*Department of Space of India*” nel 2005, offre una risoluzione geometrica di 2.5 m ed è predisposto per l’acquisizione di immagini stereo pancromatiche grazie alla presenza di due sensori inclinati rispetto alla direzione nadirale di 26° (forward direction) e -5° (aft direction).

Nell’ambito del “ISPRS-ISRO Cartosat-1 Scientific Assessment Programme (C-SAP)”, l’Area di Geodesia e Geomatica dell’Università di Roma “Sapienza” e l’ “Institute of Photogrammetry and GeoInformation” dell’Università di Hannover “Leibniz” collaborano per lo studio delle potenzialità delle stereocoppie Cartosat-1 per l’estrazione di modelli digitali della superficie (DSM).

In questo lavoro due stereocoppie Cartosat-1 (Roma e Castelgandolfo) sono state orientate con il modello rigoroso implementato nel software scientifico SISAR (Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) sviluppato presso l’Area di Geodesia e Geomatica dell’Università di Roma “Sapienza”. I risultati di SISAR per l’orientamento di entrambe le stereocoppie sono stati confrontati con quelli ottenuti con il software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica).

Solo per la seconda stereocoppia (Castelgandolfo), il modello delle altezze è stato generato con il software RPCDEM ed analizzato con il software DEMANAL, entrambi sviluppati dal Prof. Karsten Jacobsen (Università di Hannover).

Il DSM ottenuto è stato confrontato con il DSM estratto da foto aeree con il software ERDAS 9.1.

Abstract

Cartosat-1 satellite, launched by Department of Space (DOS), Government of India, offers a resolution of 2.5m GSD in panchromatic mode and is a dedicated stereo platform due to the two sensors with an inclination of 26° (forward direction) and 5° (aft direction) with respect to the nadir direction.

The Institute “Area di Geodesia e Geomatica” - Sapienza Università di Roma and the Institute of Photogrammetry and Geoinformation, Leibniz University Hannover participated in the ISPRS-ISRO Cartosat-1 Scientific Assessment Programme (C-SAP), in order to investigate the generation of Digital Surface Models (DSMs) from Cartosat-1 stereo scenes.

The aim of this work concerns the orientation of two Cartosat-1 stereo pairs (Roma and Castelgandolfo), using the rigorous model implemented in the scientific software (SISAR- Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) developed at Sapienza Università di Roma. The SISAR results are compared with the corresponding ones obtained by the software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica).

For Castelgandolfo images, digital height models have been generated with the software RPCDEM and analyzed with the software DEMANAL, both developed by Prof. Karsten Jacobsen (University of Hannover). The Cartosat-1 DSM is compared with the aerial DSM.

Introduzione

Il satellite Cartosat-1, anche chiamato IRS-P5, può acquisire stereocoppie *along-track* grazie alla presenza di due sensori inclinati rispetto alla direzione nadirale di 26° (*forward direction*) e -5° (*aft direction*) che permettono l'acquisizione di due immagini della stessa area con una differenza di tempo di circa 52 secondi. Le principali caratteristiche del satellite sono descritte nella tabella 1.

PARAMETRO	CAMERA <i>forward</i>	CAMERA <i>aft</i>
<i>Swath width</i>	30 Km	27 Km
GSD (<i>cross-track</i> x <i>along-track</i>)	2.5 x 2.78 m	2.22 x 2.23m
H/B	1.44	
Dimensione del pixel	7x7 μ m	
Focale	1.98 m	
Inclinazione dell'orbita	97.87°	
altitudine	618 Km	

Tabella 1 – principali caratteristiche del satellite Cartosat-1

La sperimentazione è stata condotta su due stereocoppie Cartosat-1 con le seguenti caratteristiche:

Immagine	off-nadir angle (°)		<i>Control points</i>
	AFT	FORE	
Roma	4.97	26.09	43
Castelgandolfo	12.35	28.20	25

Tabella 2 – principali caratteristiche delle stereocoppie Cartosat-1

Orientamento delle immagini

In questo lavoro le stereocoppie Cartosat-1 sono state orientate con il modello rigoroso implementato nel *software* scientifico SISAR (Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) sviluppato presso l'Area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "Sapienza".

Il modello rigoroso, implementato in SISAR, prevede la ricostruzione del segmento orbitale durante l'acquisizione dell'immagine attraverso la conoscenza della modalità di acquisizione, dei parametri del sensore, della posizione e dell'assetto del satellite. Sulla base di tale modello, è stato in seguito implementato un algoritmo per la generazione degli RPC. Per una descrizione più dettagliata del software SISAR si rimanda a precedenti comunicazioni (Giannone, 2006) (Bianconi et al., 2008).

I risultati di SISAR per l'orientamento di entrambe le stereocoppie sono stati confrontati con quelli ottenuti con il software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica). In particolare nelle figure 3 e 4 sono confrontate le accuratèzze (in termini di RMSE dei *check points* – CP) ottenute orientando le immagini con un numero crescente di *Ground control Points* – GCP ed usando i modelli rigorosi di OrthoEngine e SISAR.

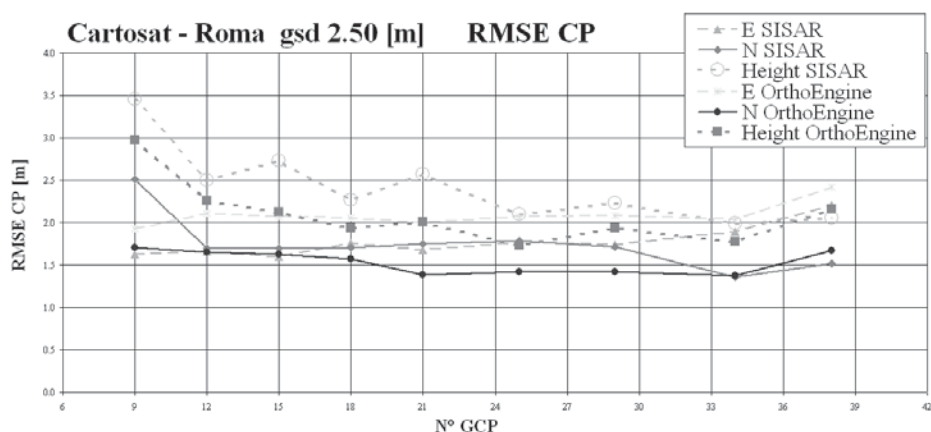


Figura 3 – RMSE dei CP per la stereocoppia di Roma, modello rigoroso

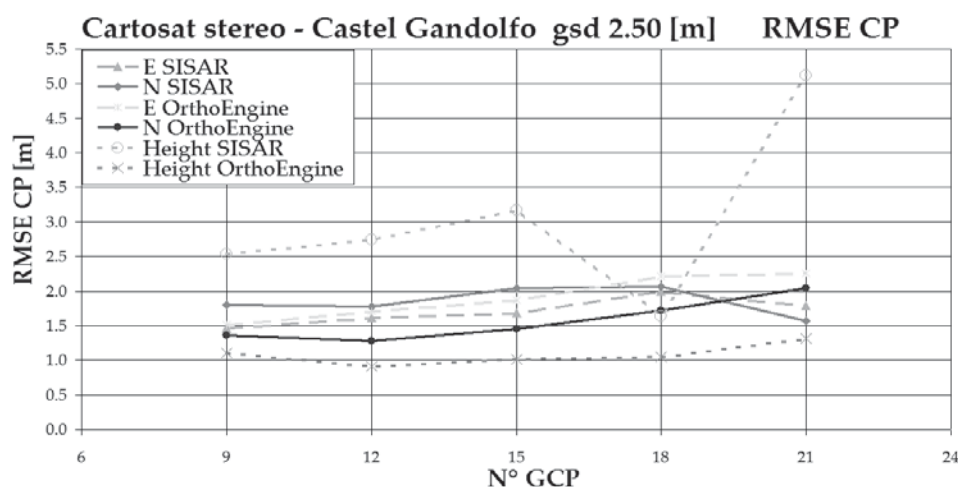


Figura 4 – RMSE dei CP per la stereocoppia di Castelgandolfo, modello rigoroso

I risultati mostrano dei valori di accuratezza in planimetria che sono confrontabili con il valore del GSD (2.5 m) per entrambi i software. In altimetria il software OrthoEngine produce dei risultati migliori specialmente per la stereocoppia relativa alla zona di Castelgandolfo.

Solo per la seconda stereocoppia (Castelgandolfo), il DSM è stato generato con il software RPCDEM ed analizzato con il software DEMANAL, entrambi sviluppati dal Prof. Karsten Jacobsen (Università di Hannover). Per l'estrazione di tale modello la stereocoppia è stata orientata usando il modello RPC (unico modello implementato in RPCDEM) ed i coefficienti RPC generati dal software SISAR; i valori di accuratezza dell'orientamento sono riportati nella seguente tabella:

stereocoppia	E [m]	N [m]	Z [m]
Castelgandolfo	2.03	1.43	1.47

Tabella 5 – accuratezza per la stereocoppia Castelgandolfo, modello RPC

Matching della stereocoppia di Castelgandolfo

Il *matching* automatico è stato eseguito con i software DPCOR e DPLX, entrambi sviluppati dal Prof. Karsten Jacobsen, Università di Hannover (Crespi et al., 2008).

I risultati del *matching* per la stereocoppia di Castelgandolfo sono buoni (Figura 6) ed i punti non riconosciuti sono principalmente dovuti dalla presenza dei laghi e delle nuvole che ricoprono una considerevole parte dell'immagine. In figura 6 sono rappresentati la distribuzione dei punti del *matching* a sinistra ed a destra l'andamento del coefficiente di correlazione r (per $r=0$ viene usato il valore di grigio 0, $r=1$ viene rappresentato con il valore di grigio 255).

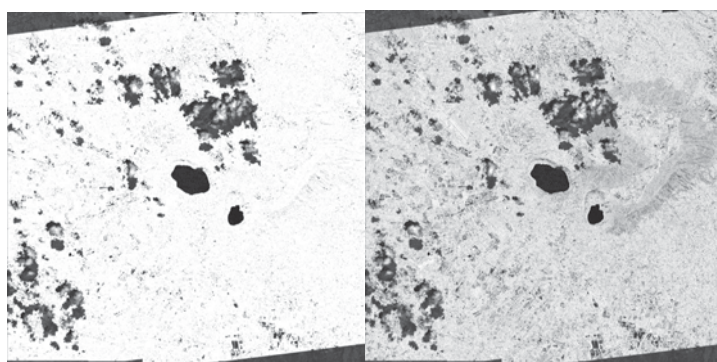


Figura 6: risultato del matching (sinistra) e distribuzione del coefficiente di correlazione (rappresentato in toni di grigio) per l'immagine di Castelgandolfo

Nella Figura 7 è rappresentata la distribuzione in frequenza del coefficiente di correlazione per la stereocoppia di Castelgandolfo. Il risultato del *matching* è molto soddisfacente poiché la maggior parte dei punti ha un coefficiente di correlazione contenuto nel range $r=0.90\div 0.95$. Il fallimento nel processo di *matching* dipende dalla presenza nell'immagine di foreste, laghi e nuvole.

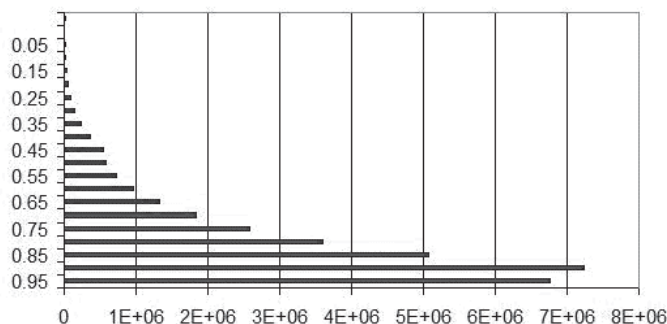


Figura 7: distribuzione in frequenza del coefficiente di correlazione (Castelgandolfo)

Estrazione del DSM per la stereocoppia di Castelgandolfo

Dopo aver eseguito il *matching* automatico, per la stereocoppia di Castelgandolfo è stato estratto il DSM usando il software RPCDEM e gli RPC generati dal software SISAR. Il DSM ottenuto è stato confrontato con il DSM estratto da foto aeree con il software ERDAS 9.1.

Il DSM aereo di riferimento copre un'area di circa 85 Km² che include sia foreste sia aree rurali ed urbane. I risultati sono soddisfacenti considerando che l'area d'interesse comprende parecchi elementi non appartenenti al suolo, come alberi ed edifici.

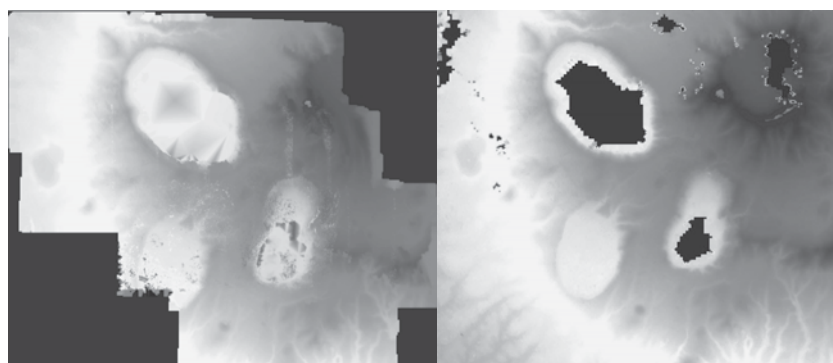


Figura 8: DSM estratto dalle immagini aeree (sinistra) e dalla stereocoppia Cartosat-1 (destra)

I software usati per la generazione del DSM sono ERDAS v. 9.1 per il blocco aereo e RPCDEM per la stereocoppia Cartosat-1 (Figura 8). I due software rispondono in maniera differente nella zona dei

laghi: ERDAS applica una funzione di filtro automatica in modo tale da poter assegnare uno stesso valore di quota nelle zone dei laghi; differentemente RPCDEM non estrae un valore di quota per i laghi perché il software usato per il *matching* (DPLX) non riconosce punti omologhi in queste zone a causa della mancanza di contrasto.

L'accuratezza del DSM di Cartosat-1 è stata confrontata con il DSM di riferimento su differenti zone test: la scena completa è stata suddivisa in diverse aree, classificate come urbane e rurali. L'analisi dei risultati è stata eseguita sia sul DSM direttamente estratto dalle immagini che sul DEM ottenuto filtrando il DSM originale con il software RASCOR sviluppato dal Prof. Karsten Jacobsen (università di Hannover).

IMMAGINE	TIPO	SZ	BIAS	SZ =f(α =inclinazione)
Castelgandolfo	DSM	2.88*	-0.06	$2.71+0.41*\tan \alpha$
	DEM	2.29*	0.30	$2.26+0.17*\tan \alpha$
	DSM	4.67**	-0.58	$3.95+1.64*\tan \alpha$
	DEM	4.06**	-0.34	$3.27+1.91*\tan \alpha$

Tabella 9: accuratezza del modello delle altezze valutato tramite DSM/ DEM di riferimento [m] (*riferito ad un'area rurale, **riferito ad un'area urbana) (Jacobsen 2006)

Le zone aperte selezionate non sono completamente piane perché contengono edifici sparsi e gruppi di alberi, ciononostante l'accuratezza ottenuta è dell'ordine della deviazione standard delle altezze. Nelle aree urbane le discrepanze tra i due DSM sono elevate; in queste aree l'effetto *smoothing* sul DSM di cartosat-1 è molto evidente (Figura 10); al contrario dopo il filtraggio i profili sono simili e l'effetto *smoothing* scompare (Figura 11).

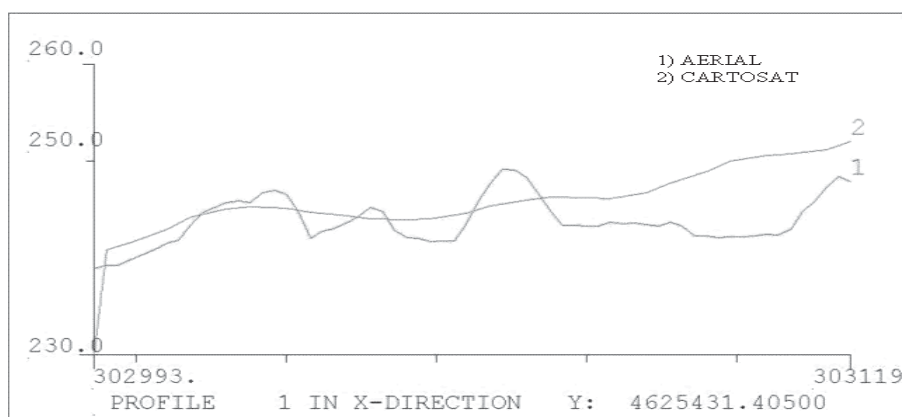


Figura 10: profili dei DSM Cartosat-1 e aereo in area urbana

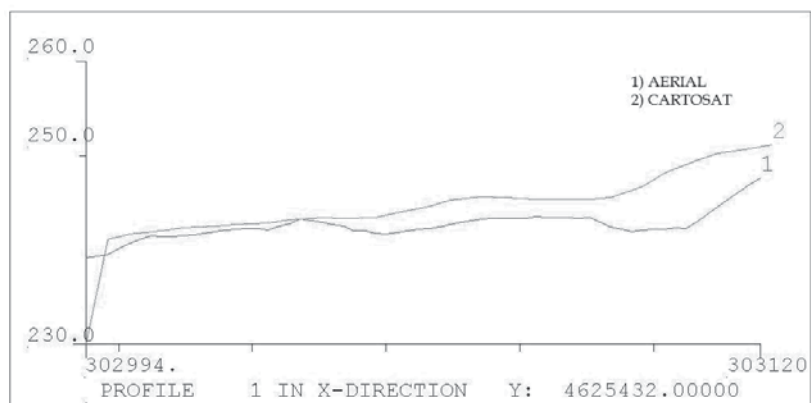


Figura 11: profili dei DEM Cartosat-1 e aereo in area urbana

Infine è stato calcolato, sia per le aree urbane che per quelle rurali, la differenza tra i due DSM: il DSM di Cartosat-1 generato con RPCDEM ed i SISAR RPC e il DSM aereo generato con ERDAS (Figura 12).

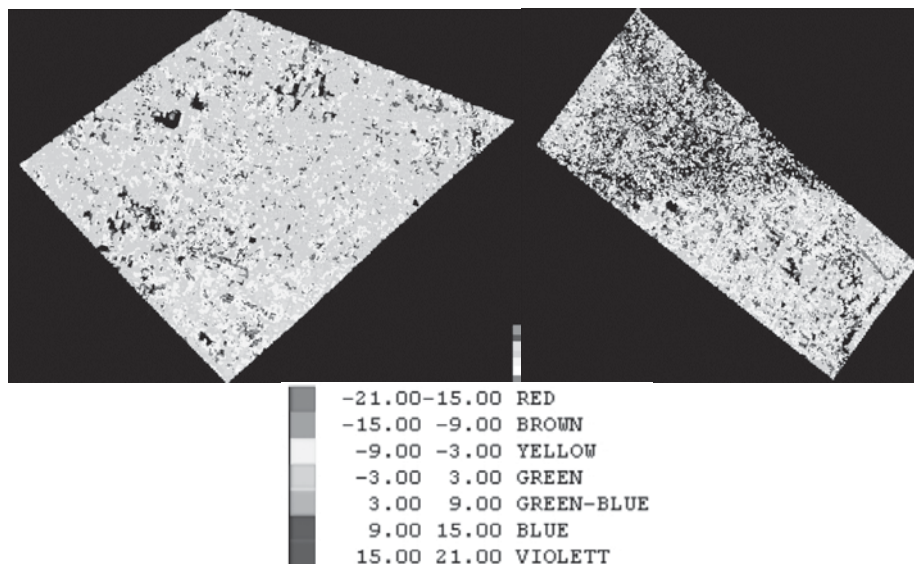


Figura 12: DSM differenza per le aree rurali (sinistra) e quelle urbane (destra)

Conclusioni

I risultati ottenuti per l'orientamento delle immagini Cartosat-1 hanno evidenziato un'accuratezza dell'ordine del GSD in planimetria e di circa 2-3 m in altimetria.

Per la stereocoppia di Castelgandolfo è stato estratto il DSM usando il software RPCDEM e i SISAR RPC. Il DSM ottenuto è stato confrontato con il DSM estratto da foto aeree ed i risultati mostrano una deviazione standard delle altezze dell'ordine di 2.88m per le aree aperte e di 4.67m per le aree urbane. Questo ultimo valore è imputabile all'effetto *smoothing* nel DSM Cartosat-1, causato dalla bassa risoluzione delle immagini satellitari rispetto a quelle aeree.

Bibliografia

Bianconi M., Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F., Pieralice F. (2008) "A New Strategy for Rational Polynomial Coefficients Generation" EARSel, Workshop Remote Sensing - New Challenges of High Resolution, Bochum

Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F., Colosimo G., Pieralice F., Jacobsen K (2008) "Geometric Potential Of Cartosat-1 Stereo Imagery", presentato al XXI congresso ISPRS, 3-11 luglio 2008, Pechino (Cina)

Giannone F. (2006) "A rigorous model for High Resolution Satellite Imagery Orientation" Tesi di dottorato, Area di Geodesia e Geomatica Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, Sapienza Università di Roma. Disponibile sul sito

<http://w3.uniroma1.it/geodgeom/personale.htm#DottoriRicerca>

Jacobsen K., 2006: ISPRS-ISRO Cartosat-1 Scientific Assessment JPtogramme (C-SAP) Technical report - test areas Mausanne and Warsaw, ISPRS Com IV, Goa 2006, IAPRS Vol. 36 Part 4, pp. 1052-1056.