

# ORTORETTIFICAZIONE DI IMMAGINI SATELLITARI QUICKBIRD: IMPLEMENTAZIONE DEL FORMATO *BASIC* NEL SOFTWARE SCIENTIFICO *SISAR*

Valerio BAIOCCHI, Mattia CRESPI, Francesca GIANNONE

DITS - Area di Geodesia e Geomatica, Università di Roma "La Sapienza" – via Eudossiana, 18 – 00184 Roma  
Tel. ++39-0644585097 - Fax ++39-0644585515 - E-mail mattia.crespi@uniroma1.it

## Riassunto

Le reali possibilità d'impiego cartografico delle immagini satellitari ad alta risoluzione sono fortemente vincolate da differenti parametri tra cui le caratteristiche proprie di ogni sensore (innanzitutto la risoluzione geometrica), il costo dei prodotti effettivamente commercializzati e la disponibilità ed il costo di software idonei al trattamento di tali prodotti.

In precedenti comunicazioni sono stati già descritti lo sviluppo e le prove del software scientifico *SISAR* (Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione), finora implementato solo per l'ortorettificazione rigorosa di immagini acquisite in modalità asincrona dalla piattaforma *EROS A*. D'altra parte, la disponibilità di immagini satellitari aumenta e si diversifica di anno in anno; si è quindi deciso di modificare ed ampliare il modello rigoroso già implementato in *SISAR* in modo tale da poter elaborare anche le immagini provenienti dalla piattaforma satellitare *QuickBird*.

Tra le diverse piattaforme satellitari (*IKONOS II*, *QuickBird*, *SPOT 5*, *Orbview*), la scelta è ricaduta su *QuickBird* perché è attualmente il satellite a maggior risoluzione geometrica (fino a 0.6 m nel pancromatico per prese nadirali) e perché le immagini rilasciate nel formato *Basic* sono le uniche "grezze" commercialmente disponibili e quindi, da questo punto di vista, le più simili alle immagini acquisite da *EROS A*. Negli ultimi mesi anche la piattaforma satellitare *Orbview* ha iniziato a fornire immagini *Basic* ma il recentissimo rilascio non ha ancora permesso approfonditi studi su tale sensore.

Il nuovo modello rigoroso è stato provato su un'immagine *QuickBird Basic* della zona di Roma. La sperimentazione è stata condotta eseguendo sia una valutazione della precisione intrinseca del modello che dell'accuratezza dell'immagine; i risultati sono stati confrontati con quelli ottenuti con il modello rigoroso implementato nel software commerciale *OrthoEngine 9.1*, ampiamente accreditato in ambito scientifico.

## Abstract

High-resolution satellite imagery cartographic applications depend on several parameters as: proper features of each sensor (first of all its geometric resolution); cost and actual availability of the products; cost of the software suited for such products processing.

Development and the test of the scientific software *SISAR* have already been described in previous papers; until now this software allowed only the rigorous orthorectification of *EROS A Basic* imagery.

The availability of satellite imagery increases and diversifies constantly; therefore we decided to extend the rigorous model in order to enable it to process *QuickBird Basic* imagery too.

Among the different high-resolution sensors (*IKONOS II*, *QuickBird*, *SPOT 5*, *Orbview*), we chose *QuickBird* because it currently supplies the highest geometric resolution (up to 0.6 m for panchromatic images) and *Basic* imagery are the most similar to the already considered *Basic*

EROS A. In the last months also the Orbview satellite began to supply *Basic* imagery, but the kick-off of its mission was quite recent and deep studies about this sensor were not performed yet.

The new rigorous model was tested on a QuickBird *Basic* image of Rome. The experimentation was devoted to assess both the model intrinsic precision and the image accuracy; *SISAR* results were compared with those derived by the well known rigorous model implemented in the *OrthoEngine 9.1* software.

## Introduzione

Il satellite QuickBird descrive un'orbita eliosincrona quasi-polare, con inclinazione di 97.2°; le immagini della Terra sono acquisite da un'altitudine di circa 450 km, mentre il satellite si muove con una velocità di circa 7 km/s, impiegando 93.5 minuti a compiere un'orbita completa.

La risoluzione al nadir della banda pancromatica è di 61 cm mentre per le bande multispettrali è di 2.44 m; con un angolo di off-nadir di 25° la risoluzione della banda pancromatica scende a 0.72 m, mentre quella della banda multispettrale si riduce a 2.88 m. Tali caratteristiche fanno sì che QuickBird fornisca la più alta risoluzione di tutti i satelliti commerciali attualmente disponibili.

I prodotti attualmente disponibili sono di tre tipi:

- *Basic Imagery*: sono destinate ad utenti con adeguate conoscenze sull'elaborazione geometrica delle immagini. Questa tipologia di immagine è solo radiometricamente corretta ed è corredata delle informazioni necessarie per la ricostruzione dell'arco orbitale e dell'assetto del satellite; è quindi da considerarsi il formato ideale per gli usi fotogrammetrici.
- *Standard Ortho-ready Imagery*: sono sottoposte a correzioni radiometriche e geometriche, proiettate su un ellissoide alla quota media del terreno e georiferite in un sistema di proiezione cartografica senza applicare un DEM ma riferendosi ad una quota media calcolata all'interno del poligono dell'ordine. Insieme a tale prodotto viene fornito il file RPC, contenente i coefficienti delle funzioni polinomiali razionali, mentre non vengono rilasciate informazioni inerenti l'assetto e le effemeridi del satellite al momento dell'acquisizione.
- *Standard Imagery*: sono destinate ad un'utenza che non intende operare trasformazioni geometriche sull'immagine o che necessita di un prodotto pronto per essere implementato in un GIS sono georiferite rispetto ad una proiezione scelta dal committente tra quelle disponibili. Per questo formato la correzione per la quota è applicata utilizzando un DEM approssimato, denominato GTOPO30 con una maglia di 30 secondi realizzato dall'USGS e da EROS Data Center. Insieme a tale prodotto viene fornito il file RPC; anche in questo caso non vengono rilasciate informazioni inerenti l'assetto e le effemeridi del satellite.

Tra le tipologie di prodotti illustrate si è deciso di studiare le possibilità di applicazione dalle immagini rilasciate nel formato *Basic*. La scelta è ricaduta su queste immagini perché sono le uniche "grezze" commercialmente disponibili, e quindi le più simili alle corrispondenti acquisite dal satellite EROS A, e perché, grazie alle informazioni di cui sono corredate, è possibile effettuare elaborazioni fotogrammetriche di alto livello quale l'ortorettificazione dell'immagine secondo un modello rigoroso.

Prodotti	EROS A	QuickBird	IKONOS II	Orbview
<b>Grezza</b>	SI	SI	NO	SI
<b>Ortorettificata sull'ellissoide (WGS84)</b>	NO	SI (quota media)	SI	SI
<b>Ortorettificata con DEM</b>	NO	SI	NO	SI

Tabella 1- Alcune tipologie di prodotti disponibili dai diversi sensori

## Analisi dei file di metadati

Ogni prodotto QuickBird è fornito insieme ad una serie di parametri presenti nei file costituenti i dati di supporto all'immagine (ISD, *Image Support Data*).

Non tutti i file che caratterizzano lo ISD sono indispensabili per l'ortorettificazione con un modello rigoroso nel software *SISAR*. Le principali informazioni necessarie per la ricostruzione dell'assetto del satellite e del segmento orbitale sono presenti nei file *Attitude*, *Ephemeris*, *Geometric Calibration* e *Image metadata*.

Nome file (estensione)	Tipo di prodotto		
	Basic	Standard	Ortho
Attitude (.att)	SI	NO	NO
Ephemeris (.eph)	SI	NO	NO
Geometric calibration (.geo)	SI	NO	NO
Image metadata (.imd)	SI	SI	SI
RPCOOB (.rpb)	SI	SI	NO
License (.txt)	SI	SI	SI
Readme (.txt)	SI	SI	SI
Tile map (.til)	SI	SI	SI

Tabella 2- QuickBird Image Support Data

Per una rappresentazione più sintetica nei file *Attitude* e *Geometric Calibration* le matrici di rotazione sono descritte tramite quaternioni, ovvero sono definite come una quaterna  $q = [s,x,y,z]$  dalla quale si può ricostruire la matrice di rotazione  $R$ :

$$R = \begin{vmatrix} S^2 + X^2 - Y^2 - Z^2 & 2XY - 2SZ & 2XZ + 2SY \\ 2XY + 2SZ & S^2 - X^2 + Y^2 - Z^2 & 2YZ - 2SX \\ 2XZ - 2SY & 2YZ + 2SX & S^2 - X^2 - Y^2 + Z^2 \end{vmatrix} \quad [1]$$

I quaternioni presenti nel file *Geometric Calibration* rappresentano la cosiddetta *camera matrix*, corrispondente alla rotazione *body-sensor*  $R_{SB}$ , mentre quelli nel file *Attitude* permettono di ricostruire le matrici di rotazione dal sistema sensore al sistema *ECEF-Earth Centered Earth Fixed* ( $R_{ES}$ ) in diversi istanti dell'acquisizione. Per una dettagliata illustrazione dei sistemi di riferimento e delle loro trasformazioni si veda la letteratura riportata in bibliografia (Baiocchi et al., 2004).

In seguito, dalle matrici  $R_{ES}$  è stato possibile estrarre i tre angoli d'assetto *roll*, *pitch* e *yaw* ( $\varphi$ ,  $\theta$ ,  $\psi$ ) e valutarne la variabilità nel tempo (Figure 1, 2 e 3).

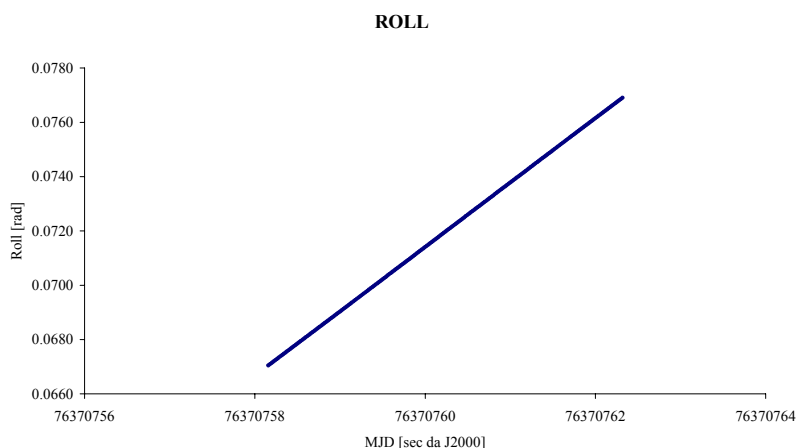


Figura 1- Andamento dell'angolo  $\varphi$  (roll)

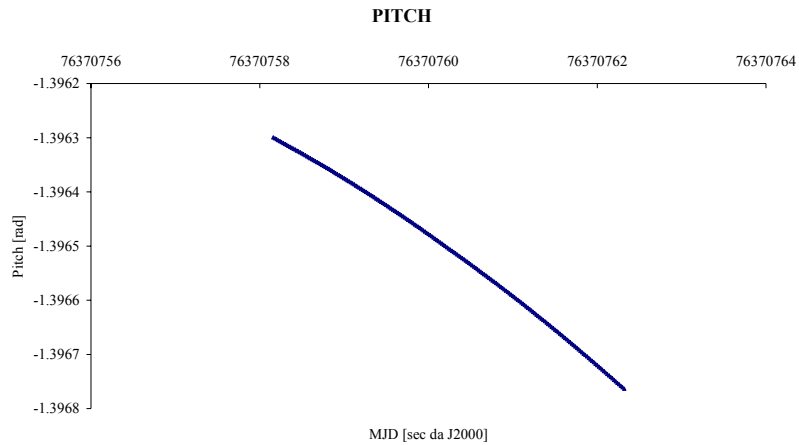


Figura 2 - Andamento dell'angolo  $\theta$  (pitch)

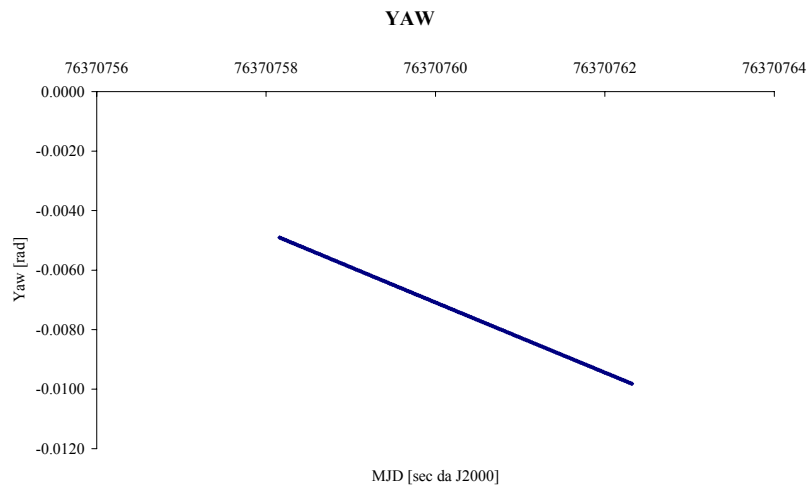


Figura 3 - Andamento dell'angolo  $\psi$  (yaw)

I valori dei tre angoli d'assetto variano significativamente nell'intervallo temporale dell'acquisizione quindi il satellite deve considerarsi asincrono. Questa caratteristica del sensore richiede che l'ortorettificazione sia eseguita tramite un modello rigoroso specificamente sviluppato, (del tutto analogo a quello già implementato nel software *SISAR* per EROS A), diverso da quello sviluppato per piattaforme sincrone.

### Prime sperimentazioni

La sperimentazione è stata condotta su un'immagine *Basic* della zona di Roma acquisita il 20/11/2002, avente angolo totale di *off-nadir* ( $\gamma$ ) di circa  $3^\circ$ , estensione di 16x17 km e risoluzione effettiva 0.61 m (Figura 4).

Nella procedura di elaborazione, stima e controllo sono stati impiegati 46 punti a terra (alternativamente GCP e CP). Tali punti sono stati acquisiti mediante ricevitori geodetici GPS con due modalità di rilievo differenti: *Fast Static*, con elaborazione dei dati a posteriori e RTK.

In entrambi i casi come riferimento si è utilizzata la stazione permanente MOSE, installata presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Roma "La Sapienza".

Le coordinate sono espresse nel sistema di riferimento WGS84, mentre le quote ortometriche sono state ricavate utilizzando l'ondulazione del geoida nota tramite il modello ITALGEO 95 calibrato su 4 caposaldi di livellazione situati nel comune di Roma.



Figura 4 - Immagine QuickBird di Roma usata nella sperimentazione

I primi risultati della sperimentazione riguardano l'analisi dei residui relativi ai GCP ed ai CP di due prove effettuate utilizzando 12 GCP con il software *OrthoEngine* e con il software *SISAR*. Da una prima analisi (Tabella 3) si può notare che sia la precisione del modello (RMS dei residui sui 12 GCP) che l'accuratezza estraibile dall'immagine (RMS dei residui sui 34 CP) ottenute con *SISAR* si avvicinano a quelle fornite da *OrthoEngine*, rimanendo tuttavia peggiori di quest'ultime.

RMS Residui (m)	OrthoEngine		SISAR	
	NORD	EST	NORD	EST
12 GCP	0.31	0.21	0.41	0.70
34 CP	0.55	0.57	0.63	1.01

Tabella 7- Confronto tra i risultati ottenuti con i software *SISAR* ed *OrthoEngine 9.1*

In particolare, è evidente come i residui sulla coordinata EST, sia per i GCP che per i CP, si discostino maggiormente da quelli di *OrthoEngine* rispetto ai corrispondenti residui per la coordinata NORD. I risultati sono comunque incoraggianti considerando che il *software* si trova ancora in una fase prototipale e che molti aspetti devono essere maggiormente indagati.

### Conclusioni e prospettive future

L'implementazione del modello di ortorrettificazione rigorosa delle immagini QuickBird *Basic* nel software *SISAR* è in una fase iniziale; i primi risultati ottenuti sembrano comunque interessanti, soprattutto considerando che all'interno del modello rigoroso ancora non è stato introdotto il modello di autocalibrazione del sensore, che potrà probabilmente migliorare la qualità metrica dell'ortorettificazione in direzione trasversale all'orbita, cioè sostanzialmente in direzione EST.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano sentitamente:

il Dott. Fabio Volpe di Eurimage S.p.A. per aver messo a disposizione l'immagine *QuickBird*

la Sig.na Francesca Fratarcangeli per i contributi e le collaborazioni offerte nella redazione del presente articolo.

## Bibliografia

Baiocchi V., Crespi M., De Vendictis L., Giannone F. (2004), "A new rigorous model for the orthorectification of synchronous and asynchronous high resolution imagery", *24<sup>th</sup> EARSeL Symposium, Dubrovnik (Croatia)*.

Baiocchi V., Crespi M., De Vendictis L., Giannone F. (2004), "Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione per scopi metrici", *Atti della 8<sup>o</sup> Conferenza Nazionale ASITA (relazione invitata)*, vol. 1, pag. XVII.

DigitalGlobe (2005), "*QuickBird Imagery Products, Product Guide*" disponibile sul sito: [http://www.digitalglobe.com/product/product\\_docs.shtml](http://www.digitalglobe.com/product/product_docs.shtml)

ORBIMAGE (2005), "*OrbView-3, Commercial Satellite Imagery Product Catalog*" disponibile sul sito: <http://www.orbimage.com/docs/>

Sansò F. (1996) – "*La teoria della stima*" Città Studi Edizioni, Milano.

Noerdlinger P. D. (1999), "Atmospheric refraction effects in Earth remote sensing" *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54 pp. 360–373.

Rizos C., Han S. (1998), "Status and trends for High Precision Kinematic Positioning" *9th Australasian Remote Sensing & Photogrammetry* Sydney, 20-24 Luglio, paper n°49, 17 pp.

Toutin T. (2004), "Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods" (review paper) in corso di stampa su *International Journal of Remote Sensing*, Maggio 2004, 25 n°10 pp. 1893-1924.

Westin T. (1990), "Precision Rectification of SPOT Imagery" *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 56: 247-253.

Cheng P., Toutin T. (2002), "QuickBird: a milestone for high-resolution mapping", *Earth Observation Magazine* .4

Jacobsen K. (2003), "Geometric potential of IKONOS and QuickBird Images", *Geobit*.