

VALUTAZIONE DELL'ACCURATEZZA DI DSM ESTRATTI DA IMMAGINI QUICKBIRD BASIC E STANDARD ORTHOREADY

Mattia CRESPI(*), Laura DE VENDICTIS(*), Roberta ONORI(**), Fabio VOLPE(**)

(*) DITS – Area di Geodesia e Geomatica, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”
via Eudossiana 18 – 00184 Roma, tel. 06 44585097, fax 06 44585515, e-mail: mattia.crespi@uniroma1.it

(**) Eurimage S.p.A, via Edoardo D’Onofrio 212 - 00155 Roma
tel. 06 406941, fax 06 40694232, e-mail: volpe@eurimage.com

Abstract

The goal of the work is to evaluate the mean accuracy of two Digital Surface Models (DSMs) respectively extracted from a Quickbird in-track Basic Stereo imagery and from two Quickbird Standard Orthoready imagery partially overlapped, acquired during two different orbital tracks. The two experiments regard a Quickbird stereo panchromatic image (Basic Stereo Products type) of the area around Augusta (Siracusa) and two Quickbird imagery (Standard Orthoready Products type) with an overlapping of almost 70% of the Colli Albani area (Rome).

A sample comparisons, based on a significant number of Independent Check Points (ICP) collected by kinematic GPS surveys, were carried out both on the Augusta and on the Colli Albani DSM. The two test showed that an accuracy at 1 meter level or better may be achieved in DSM extraction from Basic Stereo; further, DSM extracted from pairs of Standard Orthoready imagery acquired on different tracks may reach an accuracy at 2 meter level, provided the acquisition geometry is good. The remarkable results obtained from Standard Orthoready imagery open new and wide applications for a low-cost product (if compared with high cost Basic Stereo), presently used mainly to derive orthophotos.

Riassunto esteso

Negli ultimi anni si è resa sempre più concreta la possibilità di estrarre informazioni 3D da immagini stereoscopiche acquisite dai satelliti ad alta risoluzione, in modo più rapido ed economico rispetto al tradizionale utilizzo di dati ottenuti da voli aerei.

Si deve però evidenziare il costo elevato ed, allo stesso tempo, la scarsa disponibilità di archivio di tali prodotti, in quanto un’acquisizione stereoscopica, richiedendo un tempo più lungo, non è favorita, a meno di specifiche richieste, rispetto ad una monoscopica.

Risulta pertanto interessante la possibilità di valutare la qualità delle informazioni tridimensionali estratte da coppie di immagini acquisite lungo due diverse tracce orbitali, in date differenti, ma caratterizzate da un’idonea geometria d’acquisizione. Tali prodotti presentano, da un lato, il vantaggio di riguardare prevalentemente aree urbane e densamente popolate, dall’altro di essere spesso già disponibili negli archivi proprio in quanto immagini relative ad aree di forte interesse commerciale; questi aspetti, tra i prodotti acquisiti dal satellite Quickbird, caratterizzano le immagini della categoria commerciale Standard Orthoready, un prodotto low-cost, (se comparato con il costo di una stereocoppia di tipo Basic), attualmente utilizzato per la produzione di ortofoto.

Lo scopo di questo lavoro è quindi quello di valutare l’accuratezza di modelli digitali di superficie (DSM) rispettivamente estratti da una stereocoppia along-track di tipo Basic e da 2 immagini di tipo Standard Orthoready parzialmente ricoprentesi e acquisite durante due traiettorie orbitali diverse.

Il primo esperimento è stato eseguito su una stereocoppia Quickbird di tipo Basic, relativa all'area di Augusta (Siracusa), costituita da due immagini acquisite il 16/01/2004 e caratterizzate da una risoluzione di 0.76 m e da una sovrapposizione pressoché totale (Fig. 1). Tramite il software PCI Geomatica OrthoEngine v. 9.0, sono stati estratti in totale 4 DSM utilizzando un numero di punti di controllo a terra (GCP) differente (10, 20 30 e 39), per valutarne l'influenza sulla qualità del risultato.

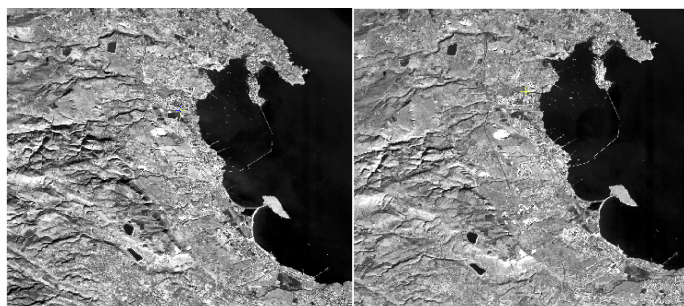


Figura 1 – Stereocoppia Quickbird Basic

Le coordinate dei 39 GCP (accuratezza 3D 0.10 - 0.15 m) sono state rilevate tramite un campagna GPS in tempo reale (RTK) eseguita con 2 ricevitori geodetici a doppia frequenza, appoggiati ad una stazione fissa, installata in posizione centrale rispetto all'area di studio.

I prodotti ottenuti sono stati quindi validati tramite il confronto con le quote di un numero significativo di punti (più di 4000) omogeneamente distribuiti sull'area (accuratezza 3D 0.3 - 0.5 m), rilevati tramite un rilievo cinematico GNSS (GPS/Glonass). Tale rilievo è stato eseguito lungo un percorso di circa 150 km che ha interessato zone caratterizzate da una diversa morfologia.

Da tale confronto è emersa la presenza di errori molto elevati, anche dell'ordine dei 100 m, dovuti a problemi di matching tra le 2 immagini e concentrati nelle zone con rapide variazioni di pendenza che provocano differenti condizioni di illuminazione tra le 2 immagini.

Tali outlier sono stati preventivamente eliminati utilizzando il modulo LTS (Least Trimmed Squares), presente nel software Matlab; il modulo LTS implementa l'algoritmo di (Leroy, 1983), un modello di regressione lineare basato sui minimi quadrati "troncati", che permette di ottenere stime robuste ed efficienti dei parametri del modello, rispetto ai minimi quadrati classici, in quanto la classica funzione obiettivo dei minimi quadrati viene applicata solo su una parte degli scarti residui (al minimo pari al 50%).

Il confronto tra i quattro DSM estratti ed il rilievo cinematico GNSS, mostra una accuratezza del DSM (RMS) di circa 2.5 m, utilizzando almeno 20 GCP; considerando però che la media delle differenze di altezza è di circa 2 m, ovvero che le quote del DSM sono sistematicamente più elevate di quelle del rilievo GNSS, sembra evidente la presenza di un bias (Fig. 2).

Statistiche globali (m)	10 GCP	20 GCP	30 GCP	39 GCP
Media	2.04	1.95	1.98	1.90
SQM	1.88	1.52	1.61	1.55
RMS	2.77	2.48	2.55	2.45

Figura 2 – Statistiche globali

Per investigare le possibili cause di questo sistematismo è stata analizzata la dipendenza dell'accuratezza dalla morfologia e dalla copertura del suolo, effettuando localmente il confronto tra i DSM ed il rilievo GNSS su tre zone di due tipologie differenti: aree urbane (Siracusa ed Augusta) e suoli nudi.

Dall'analisi dei risultati è emerso che il bias positivo è più evidente nelle aree urbane, dove probabilmente, a causa della percentuale più alta di edifici, le altezze del DSM tendono ad essere elevate rispetto al livello della strada. Sui suoli nudi il valore della media sembra indicare un sistematismo lievemente negativo non ancora ben indagato, anche se probabilmente dovuto a problemi nella geocodifica dell'intero DSM; se viene estratta e geocodificata solo una porzione del DSM la deviazione sul suolo nudo scompare (media = -0.05 m), e si può ottenere una precisione (SQM) di 0.8 m. L'accuratezza media (RMS) relativa alle aree caratterizzate da suolo nudo, sull'intero DSM, è di circa 1.1 m, utilizzando almeno 20 GCP (Fig. 3).

Statistiche su Augusta (m)	10 GCP	20 GCP	30 GCP	39 GCP
Media	2.44	2.31	2.76	2.63
SQM	0.95	0.95	0.91	0.89
RMS	2.62	2.50	2.91	2.78
Statistiche su Siracusa (m)	10 GCP	20 GCP	30 GCP	39 GCP
Media	3.85	2.90	2.94	2.76
SQM	1.35	1.16	1.01	1.01
RMS	4.08	3.12	3.11	2.93
Statistiche su suolo nudo (m)	10 GCP	20 GCP	30 GCP	39 GCP
Media	-1.39	-0.67	-0.95	-1.01
SQM	0.80	0.83	0.79	0.75
RMS	1.61	1.07	1.24	1.25

Figura 3 - Statistiche locali

E' stato quindi possibile classificare il DSM estratto secondo il criterio proposto dal Gruppo di Lavoro DTM e Ortofoto del Comitato Tecnico di Coordinamento dell'Intesa Stato-Regioni-Enti Locali sui sistemi informativi geografici sotto la direzione di O. Köebl (Köebl, 2001) al Livello di Qualità 3-4 (accuratezza su suolo nudo compresa tra 0.3 a 1 m), perciò perfettamente idoneo alla produzione di ortofoto a grande scala.

La seconda sperimentazione è stata condotta su 2 immagini Quickbird della categoria Standard Orthoready, acquisite durante due passaggi orbitali indipendenti (06/07/2004 e 12/08/2003), ma caratterizzate da una sovrapposizione quasi del 70% (Fig. 4a e 4b). Le 2 immagini, relative all'area dei Colli Albani, a sud di Roma presentano rispettivamente una risoluzione di 0.66 m e di 0.63 m.

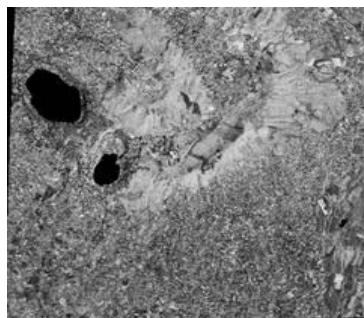


Figura 4a

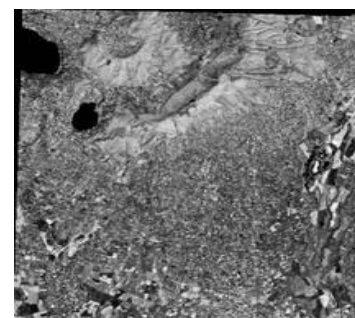


Figura 4b

Dalla coppia di immagini, in questo caso, sono stati estratti 2 DSM, utilizzando software differenti:

- DSM#1 (risoluzione 2 pixel, 1.2 m) estratto utilizzando il modello rigoroso (fisicamente basato), implementato nel software PCI Geomatica OrthoEngine v. 10;
- DSM#2 (risoluzione 4 pixel, 2.4 m) estratto utilizzando il modello degli RPC implementato nel software Erdas v. 8.7.

Per l'orientamento delle immagini e l'estrazione dei DSM sono state acquisite le coordinate di 29 GCP (accuratezza 3D: 0.05 - 0.10 m), tramite un rilievo GPS RTK, eseguito appoggiandosi a RESNAP-GPS, la rete permanente della Regione Lazio (w3.uniroma1.it/resnap-gps).

I DSM ottenuti sono stati validati confrontandone le quote con quelle di un numero significativo di punti di controllo indipendenti (accuratezza 3D di 0.3 - 0.5 m), acquisite durante un rilievo GPS cinematico, lungo un percorso di 300 km.

I risultati, ottenuti, dopo la rimozione degli outlier tramite il modulo LTS, mostrano un'accuratezza (RMS) di circa 1.9 m per il DSM#1 e 2.5 m per il DSM#2. Pertanto, è possibile classificare il DSM estratto secondo il criterio summenzionato (Köebl, 2001) almeno alla Qualità Livello 2 (Fig. 5).

Statistiche globali (m)	DSM#1	DSM#2
Media	0.61	0.70
SQM	1.79	2.37
RMS	1.89	2.47

Figura 5 – Statistiche globali per il DSM#1 ed il DSM#2

La sperimentazione ha evidenziato che da stereocoppie Quickbird è possibile ottenere un DSM caratterizzato globalmente da un'accuratezza di circa 1 m; i DSM estratti da immagini non stereo, del tipo Standard Orthoready, possono raggiungere un'accuratezza di circa 2 m, purché la geometria di acquisizione (rapporto B/H) sia buona.

Relativamente a questo aspetto, tramite una simulazione a minimi quadrati, è stato possibile stimare l'accuratezza media 3D estraibile da 2 immagini, in funzione dell'azimuth e della elevazione dei satelliti, i cui valori sono riportati nei file di metadati, e della accuratezza dell'orientamento, valutata sulla base di check point. Il test, applicato sia alla stereocoppia Basic, che alle 2 immagini Standard Orthoready, ha portato ad una stima della accuratezza verticale, rispettivamente di 1.0 m e 1.9 m, mostrando una buona congruenza con i valori ottenuti dalla sperimentazione.

I buoni risultati ottenuti dalle immagini Standard Orthoready aprono nuove prospettive per un loro utilizzo, al momento limitato alla produzione delle ortofoto, all'ambito 3D; investigazioni future saranno finalizzate all'analisi della qualità di estrazione sia di modelli digitali del terreno che di modelli urbani (city modeling) da entrambe i tipi di immagini, tramite il confronto con quote di riferimento di precisione più elevata, ottenute da un rilievo laser scanner da aereo.

Il presente lavoro è stato presentato in forma estesa sugli atti de "26th EARSeL Symposium - New Developments and Challenges in Remote Sensing - Warsaw, Poland, 29 May - 2 June, 2006".

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato parzialmente finanziato e si inquadra nelle attività di ricerca svolte nell'ambito del progetto di ricerca MIUR-COFIN 2005 *Analisi, comparazione e integrazione di immagini digitali acquisite da piattaforma aerea e satellitare* (coordinatore Sergio Dequal) – Progetto unità locale: *Impiego di immagini satellitari ad alta risoluzione per la formazione e l'aggiornamento di basi cartografiche, modelli digitali del terreno e data base territoriali: aspetti metodologici ed applicazioni a casi di rilevante importanza* (coordinatore Mattia Giovanni Crespi).

Bibliografia

- Baiocchi V, Crespi M, De Vendictis L, Mazzoni A, (2005) "DSM Extraction from IKONOS and EROS A Stereo Imagery: Methodology, Accuracy and Problems", *Proc. of the EARSeL Workshop 3D Remote Sensing, Porto 10-11 June 2005*
- Baiocchi V, Calcagni L, Crespi M, De Vendictis L, Iannucci G. (2004), "Estrazione di DEM da stereocoppie Ikonos: metodologia, problemi e valutazione della qualità dei prodotti", 8^a *Conferenza Nazionale ASITA 2004*
- Crespi M, De Vendictis L, Onori R, Volpe F, (2006), "DSM extraction from Quickbird Basic Stereo and Standard Orthoready imagery: quality assessment and comparison", *Proceedings of 26th EARSeL Symposium New Developments and Challenges in Remote Sensing, Warsaw, 29 May- 2 June*
- Kölbl O. (2001), "Technical Specifications for the Elaboration of Digital Elevation Models", EPFL, Version 16l, final Group Version, of April 29 2001 – Online: www.intesagis.it
- Leroy A, Rousseeuw P. (2003), "Robust Regression and Outlier Detection", J. Wiley & Sons
- Oki S, Nakamura T, Noguchi M, Chimono T. (2004) "Evaluation of DSM Generated from Quickbird Stereo Imagery", - Online: www.isprs.org/istanbul2004/comm3/papers/367.pdf
- Toutin T. (2000), "Elevation modeling from satellite data", *Enc. of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation* (R. A. Meyers, ed.), vol. 10, J. Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK, 8543-8572
- Toutin T, Cheng P. (2001), "DEM with Stereo IKONOS: A Reality if...", *Earth Obs. Mag.*, 10(7):13-17
- Toutin T. (2004b), "DTM Generation from IKONOS In-track Stereo Images using 3D physical model", *Phot. Eng. and Remote Sensing* 70: 695-702
- Toutin T. (2004c), "DSM Generation from QuickBird In-track Stereo Images with 3D Physical Modelling and Elevation Accuracy Evaluation", *Int. J. of Remote Sensing*