

Protocollo operativo per la validazione geometrica di immagini satellitari ad alta risoluzione

Mattia Crespi (*), Riccardo De Paulis (**), Francesco Pellegrini (**),
Paola Capaldo (*), Francesca Fratarcangeli (*), Rossana Gini (***),
Andrea Nascetti (*), Federica Selva (***)

(*), Università di Roma "La Sapienza", DICEA, via Eudossiana 18, 00184 Roma
(mattia.crespi, paola.capaldo, francesca.fratarcangeli, andrea.nascetti)@uniroma1.it

(**) Eni SpA, Upstream and Technical Services Division, P.zza E. Vanoni 1, 20097 San Donato Milanese (MI)
(riccardo.depaulis, francesco.pellegrini)@eni.com

(***) Exelis Visual Information Solutions Italia, Centro Colleoni - Palazzo Pegaso 3, 20864 Agrate Brianza (MB)
(rossana.gini, federica.selva)@harris.com

Introduzione

Nel corso degli ultimi anni, la crescente disponibilità di scene acquisite da satelliti ad alta risoluzione spaziale (come GeoEye-1, WorldView-1 e 2 o Pleiades-1A e 1B) ha aperto nuovi scenari di applicazioni realizzabili a scala medio-piccola, avvicinando così il Telerilevamento alla Fotogrammetria. A partire dalle immagini satellitari, è ormai possibile generare prodotti cartografici (ortofoto) della superficie terrestre, gestibili all'interno di software GIS e atti a costituire basi cartografiche di sistemi informativi territoriali. Tali ortofoto possono essere utili anche per aggiornare *database* cartografici e verificare la correttezza dei dati eterogenei che li popolano. In tale prospettiva, risulta essenziale conoscere la qualità e l'affidabilità delle ortofoto impiegate come riferimento. I *software* commerciali attualmente disponibili permettono di effettuare l'ortorettifica di immagini satellitari, ma non forniscono in modo facile e rigoroso indicazioni inerenti alla qualità delle ortofoto ottenute. Il *plug-in* SIGE (*Satellite Imaging Geometry Enhancement*), implementato nel *software* ENVI e composto da due differenti *tool*, nasce dalla collaborazione tra Exelis Visual Information Solutions ed Eni SpA - Ente Nazionale Idrocarburi, con il supporto scientifico del gruppo di ricerca dell'area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "La Sapienza". Lo scopo di tale *plug-in* è quello di guidare l'utente nella scelta dell'immagine satellitare più adeguata per le esigenze di progetto e di fornire la stima dell'accuratezza planimetrica di un'ortofoto, tramite l'indice statistico CE90 (Errore Circolare al 90% di probabilità) (Brovelli et al., 2012).

SIGE-SensorModel

Il *tool* SIGE-SensorModel supporta l'utente nella selezione di immagini satellitari ad alta risoluzione (ottiche e SAR), da cui è possibile generare ortofoto con una prestabilita accuratezza di progetto. SIGE-SensorModel necessita l'inserimento di alcuni parametri che descrivano le esigenze di progetto e fornisce, come risultato, la lista dei prodotti in grado di soddisfarle. Tali parametri sono il contenuto spettrale (pancromatico, multispettrale, ecc.) e la risoluzione spaziale dell'immagine di partenza, nonché l'accuratezza di progetto dell'ortofoto da generare. Di *default*, l'algoritmo implementato ipotizza che l'utente usi, in fase di ortorettifica, il GlobalDEM SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*): selezionando l'area di interesse, l'algoritmo stima in automatico un valore di accuratezza da associare al DEM, sulla base della morfologia del terreno (Crespi et al., 2015). Nel caso in cui l'utente intenda invece impiegare un DEM ad alta risoluzione, è necessario inserirne manualmente l'accuratezza. L'*output* di SIGE-SensorModel è l'elenco di tutti i prodotti in grado di generare un'ortofoto che soddisfi le esigenze di progetto espresse: in particolare, per ognuno di essi è riportato l'angolo massimo di off-nadir con cui è possibile acquisire l'immagine, affinché l'accuratezza di progetto prestabilita sia rispettata.

SIGE-GeoCoding

Il secondo *tool*, SIGE-GeoCoding, supporta l'utente nel processo di ortorettifica di un'immagine satellitare ottica, stimando l'accuratezza planimetrica dell'ortofoto ($CE90_{SIGE}$) prima che questa venga generata. All'utente è richiesto di importare il dato satellitare e fornire indicazioni sul DEM che intende utilizzare, scegliendo tra: il GlobalDEM disponibile in ENVI (GMTED2010), un DEM a propria disposizione (inserendo manualmente l'accuratezza) o il GlobalDEM SRTM. Quest'ultimo viene scaricato e la sua accuratezza viene automaticamente calcolata, sulla base della morfologia del terreno (Crespi et al., 2015). Infine, è necessario indicare se si utilizzano o meno *Ground Control Points* (GCP) in fase di ortorettifica, specificandone numero e accuratezza. A questo punto, il *tool* è in grado di fornire la stima del valore di $CE90$ dell'ortofoto che verrà generata con tali dati di partenza. Tutte le informazioni relative al processo di ortorettifica (incluso il $CE90_{SIGE}$) sono riassunte in un file testuale di report, che SIGE-GeoCoding produce dopo aver ortorettificato l'immagine satellitare.

Il *plug-in* SIGE è stato testato con numerose immagini satellitari ottiche ad alta risoluzione fornite da Eni, acquisite da diversi sensori (IKONOS, GeoEye-1, WorldView1 e 2, QuickBird, SPOT 5) su aree di interesse con morfologia differente. Esse sono state ortorettificate con SIGE-GeoCoding in ENVI 5.1 e 5.2 (Exelis VIS), usando solo i *Rational Polynomial Coefficients* (RPC) forniti nei metadati o aggiungendo GCP dove possibile. Inoltre, è stato impiegato il DEM SRTM (versione 4) e, dove disponibile, un DSM generato da volo con LiDAR con cella di 70 cm. Le ortofoto sono state poi validate tramite collimazione manuale di *Check Points* (CP), sui cui residui sono state calcolate le statistiche ed il $CE90_{IMG}$. Tale valore è stato confrontato con il $CE90_{SIGE}$, cioè il valore fornito dal tool prima della generazione delle ortofoto. In Tabella 1 sono riportati alcuni esempi.

SENSORE	GSD [m]	ANGOLO OFF-NADIR [°]	TIPOLOGIA AREA	DEM	$CE90_{IMG}$ [m]	$CE90_{SIGE}$ [m]
WorldView-2 (RPC)	0,54	22,80	Montuosa	SRTM	8,12	11,03
IKONOS (GCP)	0,81	2,15	Montuosa	LiDAR	1,57	1,54
GeoEye-1 (RPC)	0,51	26,66	Pianeggiante	SRTM	3,65	5,93
WorldView-1 (RPC)	0,62	27,60	Pianeggiante	SRTM	5,93	6,92

Tabella 1 - Alcuni risultati dei test effettuati, con confronto tra $CE90_{IMG}$ e $CE90_{SIGE}$ (ortofoto pancromatiche).

Conclusioni e sviluppi

I test effettuati hanno fornito valori di $CE90_{SIGE}$ coerenti con i valori $CE90_{IMG}$ ottenuti collimando manualmente i CP, confermando così la bontà del modello di stima implementato. È quindi in corso di valutazione l'inserimento del *plug-in* SIGE nel *software* ENVI standard.

SIGE-SensorModel consente all'utente di verificare se le immagini satellitari già a disposizione permettano di ottenere un'ortofoto con prestabilita accuratezza; in caso di acquisto, invece, aiuta a individuare i prodotti che possono generare un'ortofoto con specifiche esigenze di progetto.

SIGE-GeoCoding permette di conoscere l'accuratezza di un'ortofoto prima di generarla: l'utente può così modificare gli input (immagine con minor angolo di off-nadir, DEM più accurato, GCP) per poter raggiungere le esigenze di progetto. Inoltre, tale valore di accuratezza è stimato senza bisogno di collimazione e può essere usato per correggere l'eventuale errore residuo dell'ortofoto, tramite altra cartografia o la coregistrazione ottico-ottico e ottico-SAR.

Bibliografia

Brovelli A., Cina A., Crespi M., Lingua A., Manzano A., (2012), "Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala", *Linee Guida*, CISIS - Centro Interregionale di Coordinamento e documentazione per le informazioni territoriali.
 Crespi M., De Paulis R., Pellegrini F., Capaldo P., Fratarcangeli F., Nascetti A., Gini R., Selva F., (2015), "Mapping with high resolution optical and SAR imagery for oil & gas exploration: potentialities and problems", *IGARSS 2015*, 26-31 Luglio 2015, Milano, Italia.