

Applicazioni in ambito urbano di stereo-coppie WorldView-3

Emanuele Mandanici, Francesca Franci, Valentina Alena Girelli,
Alessandro Lambertini

DICAM Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali, Viale
Risorgimento 2 – 40136 Bologna (BO)

Il satellite WorldView-3 (WV3) è il satellite commerciale con la più alta risoluzione ad oggi disponibile. Le stereo-coppie nella banda del pancromatico presentano una risoluzione geometrica al nadir di 0.31 m, mentre il multispettrale e lo SWIR di 1.2 e 3.4 m rispettivamente. Queste caratteristiche aprono la strada a nuove applicazioni specialmente in area urbana, dove la complessità della morfologia richiede un più elevato grado di dettaglio.

Il lavoro presentato si propone di analizzare e descrivere le performance in termini di accuratezza di questo dato satellitare sia per la generazione di *Digital Elevation Models* (DEM) di aree urbane, sia per l'estrazione automatica di *feature* di interesse come edifici e materiali di copertura attraverso tecniche di classificazione *object-oriented*. La valutazione dei prodotti ottenuti non è limitata alle accuratze complessive, ma le differenti componenti del tessuto urbano (come per esempio strade, tetti degli edifici, orientamento della rete viaria) sono state analizzate separatamente, al fine di studiarne lo specifico contributo all'errore globale. Inoltre sono stati considerati anche gli effetti delle differenti geometrie di acquisizione.

Il dataset processato comprende tre differenti stereo-coppie WV3 della città di Bologna, acquisite nel 2017 tra il 14 e il 20 settembre. Per la validazione dei DEM sono stati utilizzati dati LIDAR e un modello fotogrammetrico ottenuto da immagini oblique.

Le immagini WV3 sono state orientate utilizzando il modello RPC fornito dal distributore, poi raffinato per mezzo di cinque punti di controllo e 73 *tie point*, acquisiti tramite osservazioni GNSS in modalità NRTK (*network real-time kinematic*). Altri 30 punti (19 a quota terreno e 11 posti su tetti piani) sono stati rilevati come *Check Point* (CP); le coordinate presentano una precisione di 2 cm in planimetria e 5 cm in quota.

Considerata la complessa morfologia delle aree urbane, è necessario un elevato grado di dettaglio al fine di restituire correttamente la forma di edifici e infrastrutture; si è quindi deciso di estrarre i DEM alla più alta risoluzione possibile corrispondente al *Ground Sample Distance* (GSD) delle immagini (0.30 m). I DEM estratti e validati sono stati complessivamente 16, di cui 15 ottenuti da tutte le possibili combinazioni fra le sei immagini e un *Average DEM*, in cui il

valore di elevazione in ogni pixel è stato calcolato come media pesata dei 15 valori misurati nelle singole stereo-coppie. L'intero processo fotogrammetrico è stato eseguito tramite il *tool* OrthoEngine del software Geomatica, adottando come strategia di estrazione il *Semi-Global Matching*.

Al fine di testare gli effetti della geometria di acquisizione sull'accuratezza dei DEM generati, per ogni stereo-coppia processata sono stati calcolati l'angolo di convergenza, il BIE (*bisector elevation angle*) e l'angolo di asimmetria.

La validazione dei DEM è stata effettuata analizzando tre aree della città che presentano differenti caratteristiche nella tessitura urbana.

La sperimentazione condotta evidenzia le potenzialità e le problematiche dell'estrazione automatica di DEMs da immagini WV3 in un ordinario scenario di produzione relativo al contesto urbano. La debole geometria di acquisizione costituisce sicuramente un limite all'utilizzo di questo tipo di immagini, almeno in questo particolare campo di applicazione. Infatti per il dataset analizzato, la completezza dei DEM generati varia tra il 50 e il 90% per una singola stereo-coppia; il risultato migliora usando più coppie, anche se va tenuto presente il vincolo legato al costo delle immagini. Da notare che in questi casi l'acquisizione di due immagini singole può talvolta portare a risultati migliori rispetto all'utilizzo di una stereo-coppia standard, in quanto questa usualmente presenta un più elevato angolo di convergenza.

L'analisi di accuratezza, effettuata separatamente sulle differenti componenti della tessitura urbana, mostra una differenza media tra i modelli da WV3 e i dati di riferimento di circa 0.6 m sui tetti degli edifici, mentre forti *bias* sono stati osservati in corrispondenza delle strade e delle zone adiacenti alle facciate degli edifici (differenza media di circa 6 m).

Per quanto riguarda l'estrazione semi-automatica di feature, sono stati condotti diversi test su approcci object-oriented per l'identificazione dei tetti degli edifici e la classificazione dei principali materiali di copertura. I risultati mostrano chiaramente come l'integrazione del dato multispettrale e dell'informazione morfologica migliori le performance sia nella fase di segmentazione che in quella di classificazione vera e propria.

L'individuazione degli edifici può essere basata prevalentemente su regole morfologiche, analizzando in particolare la differenza fra DSM e DTM (entrambi ottenuti dalle stereo-coppie WV3). In questa fase l'informazione multispettrale è utilizzata solo per escludere alcuni oggetti specifici, quali ad esempio gli alberi. Viceversa, la fase di classificazione della tipologia di copertura è governata da algoritmi supervisionati basati proprio sulle caratteristiche spettrali dei materiali. Al momento sono ancora in corso le procedure di validazione delle mappe ottenute, con particolare attenzione alla valutazione del contributo offerto dalle bande del sensore SWIR (a risoluzione inferiore rispetto alle altre). I dati di riferimento sono stati collezionati tramite ispezioni visive a terra e con l'ausilio di droni, opportunamente georeferenziati mediante GNSS.

Bibliografia

Mandanici, E.; Girelli, V.A.; Poluzzi, L. Metric Accuracy of Digital Elevation Models from WorldView-3 Stereo-Pairs in Urban Areas. *Remote Sens.* **2019**, *11*(7), 878.