

Confronto sul filtraggio della vegetazione nei dati LiDAR tra GRASS e TerraScan

Maria Antonia Brovelli, Sara Lucca

DIAR, Politecnico di Milano – Campus Como, Como, Italy, maria.brovelli@polimi.it sara.lucca@mail.polimi.it

Riassunto

Il lavoro propone il confronto tra due metodi differenti di filtraggio di dati LiDAR, in particolare relativamente all'estrazione della vegetazione.

Il dataset utilizzato (1.5 punti/m²), generato dal sistema Optech ALTM Gemini, copre un'area della Sardegna; nella stessa zona erano disponibili anche un'ortofoto e un'immagine a falsi colori nella banda dell'infrarosso (FCIR) entrambe con risoluzione spaziale di 20 cm.

Il dataset è stato filtrato dai moduli LiDAR dei due software presi in considerazione, TerraScan e GRASS GIS.

Per quanto riguarda TerraScan erano disponibili due differenti tipologie di risultati di filtraggio, la prima completamente automatica e la seconda semi-automatica, in cui si è avuto il consistente intervento dell'utente nella modifica della classificazione.

I comandi utilizzati in GRASS sono invece stati sviluppati dal Laboratorio di Geomatica del Politecnico di Milano; prima di essere utilizzati sul dataset citato, i comandi sono stati sottoposti a una procedura di ricalibrazione dei parametri che tenesse conto delle caratteristiche del dato LiDAR e parzialmente della morfologia dell'area considerata.

Il confronto si è concentrato in particolare sulla procedura automatica eseguita dai due software, in modo da poter valutare le prestazioni relativamente all'elaborazione di uno stesso dataset.

Il lavoro si concentra inoltre sulla valutazione nell'accuratezza dell'estrazione dei punti corrispondenti a vegetazione; poiché GRASS divide la vegetazione in due classi che corrispondono principalmente a vegetazione alta e bassa il confronto è eseguito sulla seconda classe.

Come informazioni di verità al suolo sono stati utilizzati i risultati di una classificazione delle informazioni contenute nell'ortofoto e nell'immagine a infrarosso (particolarmente utile per l'estrazione della vegetazione).

Abstract

The work presents the comparison of results obtained with two different methods for filtering LiDAR data, focusing specifically on ground (bare Earth) and vegetation classification.

The LiDAR dataset (1,5 points/m²) was produced with an Optech ALTM Gemini and covers an area of the Sardinia region where are available also orthophotos and false color infrared images, both with resolution of 20 cm.

Data was filtered with TerraScan, a leading proprietary software for processing LiDAR point clouds, and with the specific modules available in GRASS GIS.

Concerning TerraScan two classifications were computed: the former is a completely automatic and the latter is a semi-automatic one, with a heavy manual reclassification of the previously obtained automatic results.

In GRASS GIS the modules developed by the Geomatic Laboratory of the Politecnico di Milano were applied; parameters to be used by the modules were at first calibrated on specific training subareas.

The purpose of the work is the evaluation of the accuracy in ground and vegetation extraction. Moreover since GRASS divides points belonging to vegetation in two classes, corresponding to high e low vegetation, the comparison is done for the latter category. The choice of concentrating on this category is motivated by the greater difficulty in distinguishing between terrain and low vegetation.

As “ground truth” the result of the supervised classification performed on the orthophotos and the false color infrared images was used.

1 - Introduzione

Il sistema di rilevamento LiDAR (Light Detection and Ranging) aereo è una tecnologia abbastanza recente che permette la creazione di modelli 3D (DTM,DSM). Il sistema è caratterizzato da una densità di punti rilevati elevata (fino a diversi punti per metro quadro) e da accuratezza elevata (10-15 cm).

Essendo una tecnologia relativamente giovane, il sistema presenta ancora alcune incertezze nella fasi di filtraggio dei dati, ovvero nella distinzione automatica, ottenuta per mezzo di specifici algoritmi, dei punti che appartengono a terreno, vegetazione e edificato.

In questo lavoro viene proposto il confronto tra i risultati di filtraggio eseguiti da due software, concentrandosi in particolare sulle classi relative al terreno e alla vegetazione.

I software utilizzati sono il software free e open source GRASS GIS che contiene moduli di filtraggio dei dati LiDAR sviluppati dal Laboratorio di Geomatica del Politecnico di Milano – Polo di Como (Brovelli e Cannata, 2002; Brovelli et al., 2004), e il software proprietario TerraScan di TerraSolid, di cui erano disponibili i risultati di filtraggio sia automatico che semi-automatico.

2 - Algoritmi di filtraggio in GRASS

Gli algoritmi di filtraggio usati in questo lavoro sono stati sviluppati per il software GIS GRASS (Brovelli et al, 2001)

I comandi a cascata sviluppati sono tre (v.lidar.edgedetection, v.lidar.growing, v.lidar.correction) e sono disponibili nelle attuali versioni di GRASS.

v.lidar.edgedetection: consente di rilevare i bordi delle superfici degli oggetti; un bordo viene definito come un cambiamento significativo nel valore di altezza corrispondente a un piccolo spostamento nella posizione orizzontale. L’output dell’algoritmo contiene la classificazione dei diversi punti distinta in due classi (bordo, non bordo).

v.lidar.growing: esegue il riempimento dei bordi precedentemente ottenuti basandosi sull’idea per cui la parte interna di un oggetto ha generalmente una altezza maggiore rispetto al bordo relativo. L’output contiene la classificazione dei punti in quattro classi (terreno, terreno con doppio impulso, oggetto con doppio impulso, oggetto).

v.lidar.correction: questo comando corregge le imprecisioni che possono rimanere dopo l’esecuzione del comando v.lidar.growing. L’output contiene le stesse classi che si ottengono nel passaggio precedente (terreno, terreno con doppio impulso, oggetto con doppio impulso, oggetto).

3 - Algoritmo di filtraggio TerraScan

Il filtraggio in TerraScan si basa sugli algoritmi sviluppati da Axelsson nel 1999, basati su una densificazione di una TIN (Axelsson, 1999; Sithole, 2005).

La classificazione con TerraScan viene eseguita in tre passi successivi: in un primo momento viene eseguita una divisione tra punti appartenenti e non appartenenti al terreno; successivamente dai punti non appartenenti alla classe terreno vengono estratti quelli appartenenti alla classe edificato; sui restanti viene eseguita la fase di estrazione della vegetazione.

Nel caso di riclassificazione manuale dopo ognuno dei tre passi l’operatore interviene per modificare il risultato; il lavoro di editing manuale risulta molto oneroso in termini di tempo, infatti in fase di produzione l’efficienza media di editing, che varia anche in funzione della complessità della zona considerata, è di circa 4-5 Km² in 8 ore (dato ottenuto da operatori del settore).

4 - Descrizione dei dati e prime elaborazioni

Per questa sperimentazione erano disponibili vari dati relativi alla zona costiera della Sardegna. Il dataset LiDAR è stato ottenuto con il sistema Optech ALTM Gemini LiDAR utilizzando il sistema inerziale Applanix a una quota di volo di circa 1400 m.

Nelle stesse aree erano disponibili una ortofoto (Figura 1, a) e una immagine a infrarosso in falsi colori (FCIR) con risoluzione spaziale di 20 cm; entrambe ottenute con una camera digitale ADS40 in contemporanea con il rilievo LiDAR.

La compagnia Blom-CGR ci ha inoltre gentilmente fornito due risultati di filtraggio ottenuti con TerraScan, uno automatico e uno semi-automatico (Figura 1, c – d).

Per quanto riguarda GRASS, i dati sono stati prima calibrati e validati su un'altra area del volo seguendo la procedura di integrazione tra UCODE (Poeter, Hills et al. 1998, 2008) e GRASS sviluppata negli ultimi mesi (Brovelli and Lucca, 2009). I parametri calibrati sono stati poi utilizzati per filtrare i punti presenti nell'area in esame; per i confronti è stato utilizzato il risultato ottenuto al termine dell'ultimo passaggio (v.lidar.correction) (Figura 1, b). Per l'interpretazione della legenda si osserva che in generale “terreno con doppio impulso” corrisponde a bassa vegetazione, mentre “oggetto con doppio impulso” rappresenta bordi di oggetti o vegetazione alta.

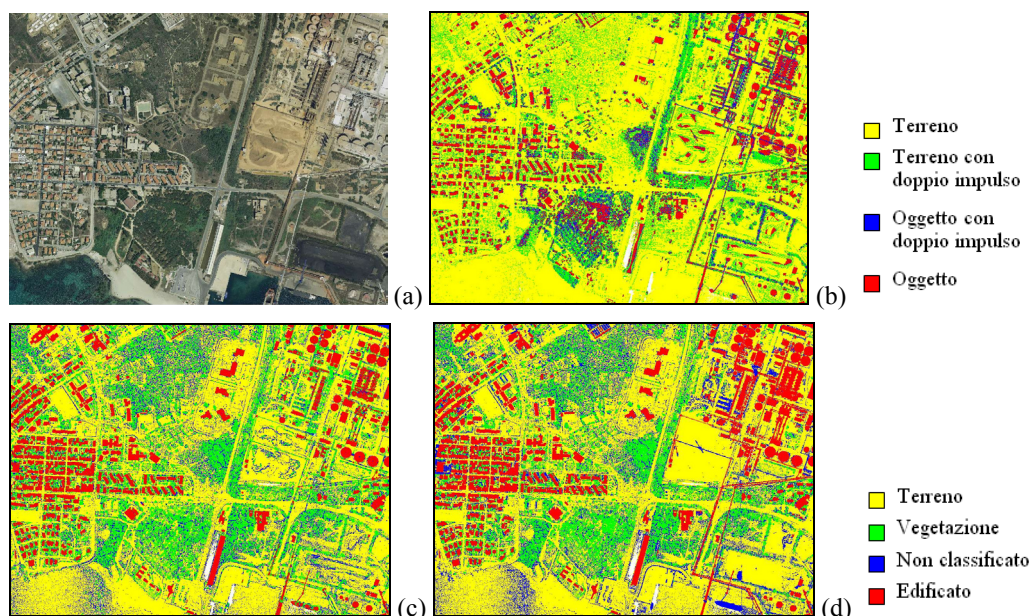


Figura 1 – (a) Area di sperimentazione, (b) Risultato filtraggio GRASS, (c) Risultato filtraggio TerraScan automatico, (d) Risultato filtraggio TerraScan semi-automatico.

L'immagine FCIR è stata classificata con GRASS utilizzando training samples (terreno, vegetazione, edificato, acqua/ombre) e la funzione di massima verosimiglianza.

5 - Confronto GRASS – TerraScan automatico

Il confronto è stato eseguito in una regione dell'area caratterizzata dalla presenza consistente di vegetazione (Figura 2).

Il confronto delle sole classi relative alla vegetazione rispetto alla classificazione dell'ortofoto e immagine FCIR (Figura 3) mostra che la maggior parte dei punti ricade correttamente nella classe vegetazione e che gli errori sono distribuiti sia nella classe terreno sia in quella edificato.

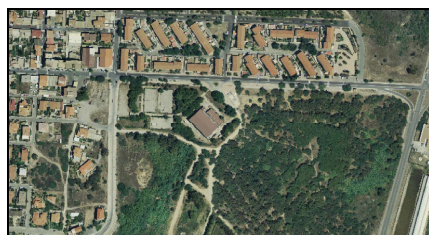


Figura 2 – Regione ridotta usata per il confronto.

TerraScan (vegetazione)			GRASS (terreno con doppio impulso – vegetazione bassa)		
Terreno	2859	4.63%	Terreno	11474	7.20%
Vegetazione	54279	87.84%	Vegetazione	16214	86.10%
Acqua/ombra	436	0.71%	Acqua/ombra	5180	1.12%
Edificato	4216	6.82%	Edificato	9014	5.58%
Null	180802	-	Null	225406	-
Totale (non null)	61790	100.00%	Totale (non null)	41882	100.00%

Figura 3 – Tabella che presenta il confronto con il risultato della classificazione.

In una fase successiva sono stati estratti i punti appartenenti alle intersezioni tra i punti classificati come terreno da TerraScan e da vegetazione bassa per GRASS e viceversa. I punti estratti sono stati confrontati con la classificazione per valutare eventuali errori di cattiva classificazione da parte di uno dei due software. I risultati (Figura 4) mostrano come molti punti (86.25%), classificati come terreno da TerraScan e come vegetazione bassa da GRASS ricadano all'interno della classe vegetazione; anche l'errore inverso è presente ma risulta di entità molto inferiore.

La distribuzione dei punti rispetto all'area è mostrata nelle figure 5 e 6.

GRASS (terreno con doppio impulso – vegetazione bassa) – TerraScan (terreno)			GRASS (terreno) – TerraScan (vegetazione)		
Terreno	3159	8.63%	Terreno	1877	9.17%
Vegetazione	31575	86.25%	Vegetazione	15845	77.42%
Acqua/ombre	373	1.02%	Acqua/ombre	214	1.05%
Edificato	1503	4.10%	Edificato	2531	12.36%
Null	205982	-	Null	222125	-
Totale (non null)	36610	100.00%	Totale (non null)	20467	100.00%

Figura 4 – Tabella che presenta il confronto con i risultati delle intersezioni.



Figura 5 – Intersezione tra vegetazione bassa (GRASS) e terreno (TerraScan) e confronto con classificazione.



Figura 6 – Intersezione tra terreno (GRASS) e vegetazione (TerraScan) e confronto con classificazione.

Da ultimo è stato deciso di valutare l'altezza dei punti estratti dall'intersezione descritta nel passaggio precedente per valutare in che range di vegetazione (bassa – media - alta) rientrava la maggior parte dei punti (Figura 7).

GRASS (terreno con doppio impulso – vegetazione bassa) – TerraScan (terreno)			GRASS (terreno) – TerraScan (vegetazione)		
$0 \leq h \leq 1$	29012	11.96%	$0 \leq h \leq 1$	12587	5.19%
$1 < h \leq 3$	2548	1.05%	$1 < h \leq 3$	3188	1.31%
$3 < h \leq 5$	15	0.01%	$3 < h \leq 5$	70	0.03%
$h > 5$	0	0.00%	$h > 5$	0	0.00%
null	211017	86.98%	null	226747	93.47%
Totale	242592	100.00%	Totale	242592	100.00%

Figura 7 – Tabella che riporta la distribuzione in altezza.

Come si può osservare la maggior parte dei punti ricade all'interno della classe relativa alla vegetazione bassa ($0 < h < 1$). Dalla tabella risulta inoltre evidente come i punti classificati erroneamente come terreno da TerraScan sono molto superiori rispetto all'errore nel caso inverso (punti classificati come terreno da GRASS).

In figura 8 e 9 sono rappresentate le distribuzioni dei punti nelle classi di altezza.



Figura 8 – Classi di altezza - vegetazione bassa (GRASS) e terreno (TerraScan).



Figura 9 – Classi di altezza - terreno (GRASS) e vegetazione (TerraScan).

6 - Conclusioni

Il lavoro mostra un confronto tra due diversi software che permettono il filtraggio di dati LiDAR, con particolare attenzione all'estrazione del terreno e della vegetazione.

Entrambi i software presentano ancora problemi nella procedura di filtraggio: GRASS principalmente nell'estrazione dell'edificato e TerraScan nell'estrazione della vegetazione.

Al momento nessun software è in grado di filtrare automaticamente i dati con errori inferiori al 5% (livello di tolleranza); per questa ragione le compagnie che utilizzano TerraScan devono operare un editing manuale dell'output automatico per migliorare i risultati.

I problemi individuati rispetto all'estrazione della vegetazione sono dovuti al fatto che gli elementi appartenenti a questa classe sono distribuiti in diverse classi di altezza e possono essere confusi con il terreno (vegetazione bassa) e con l'edificato (vegetazione alta).

I risultati ottenuti (insieme a altri test eseguiti dagli autori) mostrano che i risultati della procedura di filtraggio implementata in GRASS, una volta eseguita la calibrazione dei parametri, sono comparabili con quelli ottenuti da TerraScan in modalità completamente automatica.

In particolare GRASS è in grado di estrarre meglio i punti appartenenti alla vegetazione bassa, mentre TerraScan quelli appartenenti a edificato e strutture; entrambe le procedure automatiche necessitano dei miglioramenti in modo da ottenere prestazioni di filtraggio automatico maggiore in tutte le categorie.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Regione Sardegna per aver fornito il dataset LiDAR e le immagini utilizzate.

Si ringrazia inoltre Blom-CGR (Compagnia Generale Ripresearee), in modo particolare Simone Ceresini e Andrea Orsi, per aver fornito i risultati di filtraggio ottenuti con TerraScan.

Il lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto MIUR PRIN 2007 "Interoperabilità e gestione cooperativa di dati geografici dinamici multidimensionali e distribuiti con strumenti GIS liberi e Open Source".

Bibliografia

- Axelsson P. (1999), "Processing of laser scanner data – algorithms and applications.", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54(1999): 138-147.
- Brovelli M. A., Reguzzoni M., Sansò F., Venuti G. (2001), Modelli matematici del terreno per mezzo di interpolatori a spline, *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia* (supplemento speciale), n. 2, pp. 55-80.
- Brovelli M. A., Cannata M., (2002), "Digital terrain model reconstruction in urban areas from airborne laser scanning data: The method and the example of the town of Pavia (Northern Italy)", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. 34: 43-48.
- Brovelli M. A., Cannata M., Longoni U. M. (2004), "LiDAR data filtering and DTM interpolation within GRASS", *Transaction in GIS*. 8(2): 155-174.
- Brovelli M. A., Lucca S. (2009), "Inverse calibration of LiDAR filtering parameters: UCODE/GRASS integration", *Proceedings of ISPRS Hannover Workshop "High-resolution Earth Imaging for Geospatial Information"*, Hannover, Germany, 2 - 5 June
- Poeter E. P., Hills M., C. (1998), "Documentation of UCODE, a computer code for universal inverse modelling", *Water-Resources investigations report*, 1-116.
- Poeter E. P., Hills M. C., Banta E. R., Mehl S., Christensen S., (2008), "UCODE_2005 and six other computer codes for universal sensitivity analysis, calibration and uncertainty evaluation", *Book 6(11) Modeling Techniques, Section A. Ground Water*.
- Sithole G., (2005), *Segmentation and Classification of Airborne Laser Scanner Data*. Publication on Geodesy 59, NCG, Netherlands Geodetic Commission (ISBN 9061322928)