Valutazione degli effetti di eventi naturali disastrosi in zone boschive mediante acquisizioni LiDAR aeree e multi-temporali

Claudio Spadavecchia[1], Elena Belcore[1], Marco Piras[1], Milan Kobal[2]

[1] Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italia - email: nome.cognome@polito.it

[2] University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, Slovenia - email: Milan.Kobal@bf.uni-lj.si

L'ottimizzazione economica, ambientale e sostenibile delle risorse forestali è una necessità di primaria importanza e richiede approcci innovativi come la tecnologia LiDAR. Essa viene utilizzata a supporto un'ampia gamma di campi di ricerca; in particolare, può essere utilizzato nella selvicoltura di precisione [1] e in combinazione con supporti aerei (es. elicotteri, droni). Il LiDAR inoltre aiuta a semplificare le campagne di misura in-situ e può essere utilizzato per analizzare gli effetti del cambiamento climatico [2] mediante un approccio multi-temporale.

L'obiettivo di questo studio è quello di definire un metodo automatico e innovativo per identificare l'evoluzione temporale di foreste miste e disomogenee attraverso il trattamento di nuvole di punti acquisite con strumentazioni LiDAR e basato sull'identificazione degli alberi nel corso del tempo e sul riconoscimento di quelli danneggiati a causa di disturbi indotti dal cambiamento climatico.

Lo studio è stato condotto nel Sud-Ovest della Slovenia in una foresta composta principalmente da abeti bianchi (*Abies alba Mill.*), abeti rossi (*Picea abies Karst.*) e faggi europei (*Fagus sylvatica L.*). Nel periodo compreso tra Gennaio e Febbraio 2014, un'estrema tempesta di ghiaccio ha causato danni a oltre mezzo milione di ettari di foreste in tutta la Slovenia. Nell'ambito del progetto di gestione forestale Life+ MANFOR C.BD., sono state effettuate due campagne di misure in situ con strumentazione LiDAR e tecniche tradizionali, la prima durante il mese di novembre 2013 (pre-tempesta di ghiaccio) e la seconda durante aprile 2014 (post-tempesta). Le scansioni laser sono state acquisite con un LiDAR Riegl LM5600 equipaggiato su un elicottero. Durante la prima campagna sono state realizzate misurazioni di dettaglio su diverse aree circolari di circa 0,4 ettari durante le quali sono state rilevate con precisione le posizioni degli alberi, il DBH (*Diameter at Breast Height)* e lo stato sociale di ciascun albero; inoltre, un'indagine post-tempesta di ghiaccio ha permesso di individuare quali fossero stati gli alberi danneggiati. La classificazione del suolo è stata condotta applicando il metodo di filtraggio CSF [3]; successivamente, sono stati ottenuti il DTM (*Digital Terrain Model*) e il DSM (*Digital Surface Model*) per mezzo del pacchetto Python "*Whitebox"*; è stato quindi calcolato il CHM (*Canopy Height Model*) definito come differenza tra i precedenti modelli digitali.

Le cime degli alberi sono state individuate tramite una ricerca dei *local maxima* nel modello digitale CHM; quindi, sono state segmentate le chiome degli alberi applicando un algoritmo di *region growing* (pacchetto "*PyCrown*") a partire dalle cime degli alberi [4]. L'algoritmo restituisce la nuvola di punti segmentata, le posizioni e l'altezza delle cime degli alberi e l'estensione della chioma.

Dopo aver elaborato le nuvole di punti pre e post-tempesta, la variazione è stata analizzata valutando lo spostamento della posizione delle cime, supponendo che questa non vari se l'albero ha subito solo danni lievi. Il metodo consiste nel definire un'area circolare attorno alle cime degli alberi dello scenario pre-evento con raggio variabile e funzione dell'estensione di ciascuna chioma; successivamente suddette cime vengono abbinate alle cime degli alberi (dello scenario post-evento) che si trovano all'interno delle circonferenze. Se l'algoritmo identifica più di un punto all'interno dell'area, l'abbinamento viene effettuato con la cima dell'albero più vicina; se nessuna cima viene identificata, si assume che tale albero sia stato sradicato. In questo modo è possibile assegnare la stessa etichetta agli alberi abbinati e caratterizzare il cambiamento del popolamento forestale a seguito della tempesta.

Il processo di validazione della segmentazione è stato effettuato confrontando i risultati con le chiome di riferimento individuate mediante interpretazione visiva delle nuvole di punti. Allo stesso modo è stata convalidata l'identificazione dello stesso albero in due acquisizioni distinte. La validazione della bontà degli algoritmi di segmentazione e di associazione è stata eseguita rispetto al parametro F1 score. Le precisioni di segmentazione dei due dataset sono accettabili (70% e 68%) e coerenti tra loro. Inoltre, non sono stati registrati casi di semplice omissione. L'accuratezza dell'associazione degli alberi assume valori in linea con quelli della segmentazione (69% e 63%) poiché le prestazioni della segmentazione influiscono sull'accuratezza dell'associazione. In effetti, diverse corrispondenze non sono valide perché alcuni alberi sono stati sotto- o sovra-segmentati; se si dovessero considerare valide le associazioni tra alberi sovra-segmentati, l'F1 score aumenterebbe fino all'80%.

Questo studio presenta un metodo di segmentazione automatica di nuvole di punti multi-temporali in zone boschive attraverso l'identificazione degli alberi e la localizzazione delle specie abbattute. I risultati sono promettenti e mettono in luce la validità dell'algoritmo; tuttavia, questo studio va considerato il primo passo di un'analisi più ampia. In primo luogo, è necessario valutare l'accuratezza della metodologia al variare delle condizioni operative, come la tipologia di specie presenti e la densità boschiva, che possono influenzare le prestazioni del metodo proposto. Successivamente, dovrebbero essere implementati ulteriori test sugli algoritmi di rilevamento delle cime degli alberi.

Riferimenti bibliografici

1. Akay, A.E.; Oğuz, H.; Karas, I.R.; Aruga, K. Using LiDAR Technology in Forestry Activities. *Environ Monit Assess 151*, 117–125 (2009)

2. Kirilenko, A.P.; Sedjo, R.A. Climate Change Impacts on Forestry. *Proceedings of the National Academy of Sciences 104*, 19697–19702 (2007)

3. Zhang, W.; Qi, J.; Wan, P.; Wang, H.; Xie, D.; Wang, X.; Yan, G. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. *Remote Sensing 8*, 501 (2016)

4. Zörner, J.; Dymond, J.; Shepherd, J.; Wiser, S.; Jolly, B. LiDAR-Based Regional Inventory of Tall Trees—Wellington, New Zealand. *Forests 9*, 702 (2018)