

USO DEI DATI LIDAR PER STIMA DELLA BIOMASSA FORESTALE IN UN BOSCO MISTO DI LATIFOGGLIE UN CASO STUDIO IN VALSASSINA (LC)

Sara FUSCO (*), Dirk PFLUGMACHER (**), Alan KIRSCHBAUM (**),
Warren COHEN (***), Donato CHIATANTE (*), Antonio MONTAGNOLI (*)

(*) University of Insubria, Department of Environmental Sciences, Via Valleggio, 11 22100 Como Italy
tel +3931326213 cell +3932.4841180 sara.fusco@uninsubria.it

(**) Oregon State University, Department of Forest Science, 321 Richardson Hall, Corvallis, OR 97331, United States

(***) USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Forestry Sciences Laboratory,
3200 SW Jefferson Way, Corvallis, OR 97331, United States

Riassunto

La stima della biomassa forestale per l'inventario di carbonio ha acquisito importanza notevole in seguito alla convenzione sul clima e al protocollo di Kyoto. Molti studi hanno dimostrato che il LiDAR può essere usato come uno strumento preciso per la stima della biomassa forestale. Tuttavia, i risultati variano a seconda dei tipi di foresta, le condizioni del terreno e la qualità dei dati LiDAR. In Italia molti governi regionali hanno acquisito i dati LiDAR con una bassa densità di punti per metro quadro, infatti, questo tipo di dati viene spesso utilizzato a scopo topografico o per la mappatura batimetrica. Questo studio si pone come obiettivo di esaminare se questa tipologia di dati può essere utile anche per la misura di parametri forestali, come la biomassa.

Abstract

Estimation of forest biomass for inventorying carbon stocks has gained importance as a result of the Climate Convention and the Kyoto Protocol. Estimation of forest biomass on the regional and global scale is therefore of great importance. Many studies have demonstrated that LiDAR is an accurate tool for estimating forest biomass. However, results vary with forest types, terrain conditions and the quality of the LiDAR data. In Italy many regional governments are acquiring low density LiDAR data for topographic and bathymetric mapping. We examine whether this type of data are useful for measuring forest attributes, such as biomass.

Introduzione

Una buona conoscenza del funzionamento degli ecosistemi forestali è particolarmente interessante e funzionale al controllo dei gas serra e alla conservazione della biodiversità.

Lo stesso Protocollo di Kyoto sostiene l'importanza di un'approfondita conoscenza della riduzione di CO₂ associata alla crescita di vegetazione ed affronta la necessità di una linea d'azione condivisa da ogni istituzione governativa perché tale riduzione risulti possibile. In questo contesto, quindi, assume un'importanza significativa ogni processo di controllo ed ogni cambiamento di destinazione di uso del suolo, in particolare in merito ai processi di forestazione, riforestazione, deforestazione e cambio di gestione del bosco (Schulze et al., 2002.).

L'osservazione della Terra con sensori passivi e la relativa produzione di immagini è una metodologia da tempo utilizzata per lo studio della vegetazione relativamente ad ampie estensioni di suolo; essa utilizza molti sensori e dall'interpretazione delle connesse immagini si è giunti all'individuazione di vari indicatori descrittivi della vegetazione (NDVI EVI ect.). Il vantaggio di questa metodologia è certamente la rapidità delle misurazioni, la possibilità di estenderle su larga scala e l'opportunità di effettuare analisi multi-temporali. Spesso, però, i risultati dipendono dalle contingenti condizioni ambientali (diffusione atmosferica, l'esposizione del versante o riflettanza bidirezionale ecc. (Fusco et

al.,2003)) per la cui normalizzazione bisogna conoscere diversi parametri, processi fisici e biologici, utili alla corretta ed univoca interpretazione dei dati telerilevati; non di rado tali operazioni risultano essere particolarmente artificiose inficiando la precisione del risultato.

In questo contesto l'uso del LiDAR (LIght Detection And Ranging) rappresenta una valida alternativa ai sensori fino ad ora utilizzati. Questo sensore attivo permette di misurare, ad esempio, l'altezza delle foreste e di individuarne la canopy grazie alla registrazione di due impulsi laser di ritorno che si propagano verticalmente attraverso la vegetazione e che vengono registrati e successivamente interpretati in funzione al loro tempo di ritorno (Barilotti et al., 2005). Questa metodologia, infatti, è indipendente da qualsiasi fattore o interferenza ambientale in quanto registra la risposta ad un impulso inviato dal sensore (Dubayah et al., 2000, Lefsky et al., 2002 Naesset et al.,2001).

In questo studio, si è esaminato se la bassa densità dei punti nei dati LIDAR usati (<2 punti m²) è funzionale alla stima di biomassa forestale in boschi misti di latifoglie.

Area studio

Per un primo studio abbiamo selezionato un'area di 2x2 km localizzata nel bacino del torrente Pioverna nell'area montagnosa della Val Sassina in provincia di Lecco, Lombardia.

La vegetazione di questa area è caratterizzata da boschi misti di latifoglie con stand di densità e composizioni di specie arboree variabile. Il sito è rappresentativo per la regione pre-alpina sia in termini di geomorfologia, complessivamente l'area presenta pendenze elevate, sia in termini di tipologie forestali. La principale gestione del bosco è il ceduo con piantagioni di castagno (*Castanea sativa*), faggi (*Fagus sylvatica*), betulla (*Betula pendula*), tigli (*Tilia cordata*), frassino (*Fraxinus excelsior*), pioppo (*Populus tremula*) e aree naturali con la presenza di quercia (*Quercus spp*).

Materiali e Metodi

I dati LiDAR sono stati acquisiti nell'Ottobre 2003 dalla Compagnia Generale Ripresearee SpA (CGR) di Parma per conto della Regione Lombardia D.G. Territorio e Urbanistica Infrastruttura per l'Informazione Territoriale. In Tabella 1 sono stati inseriti i dettagli tecnici riguardanti il volo LiDAR

DSM mapping			
Scan angle	20°	Scan angle	20°
Flying height	2000 m	Flying height	2000 m
Pulse rate	33.000 hz	Pulse rate	33.000 hz

Tabella 1 dettagli tecnici riguardanti il volo LiDAR

La raccolta dei dati in campo è avvenuta nel Maggio 2008. Nell'area di studio sono stati individuati random 27 plot circolari di raggio di 10 metri. Per ogni plot sono state individuate le specie arboree presenti, per ognuna si esse è stata misurata l'altezza e il diametro (DBH), si è deciso di escludere gli alberi con un diametro inferiore a 5 cm. Per ogni plot sono state prese le coordinate geografiche del centro del plot.

Per la stima della biomassa totale al soprassuolo (*total aboveground biomass*) di un singolo albero sono state usate equazione allometriche desunte dalla letteratura (Alberti et al.2006, Leonardi 1985, Steven et al., 1997, Zianis et al.. 2005) In seguito si è calcolata la biomassa totale al livello di ogni singolo plot.

Usando le coordinate geografiche prese in campo sono stati estratti tutti i punti LiDAR ricadenti in ogni plot.

I dati di altezza dei punti sono stati normalizzati utilizzando il DTM, prodotto dagli stessi dati LiDAR con risoluzione spaziale di 2metri. Da una osservazione successiva si è deciso di eliminare ulteriormente i punti al di sotto dei due metri di altezza dal suolo: Questi dati appartenenti al sottobosco sono stati erroneamente attribuiti al suolo. Un esempio di questo processo è riportato in figura 2 e 3.

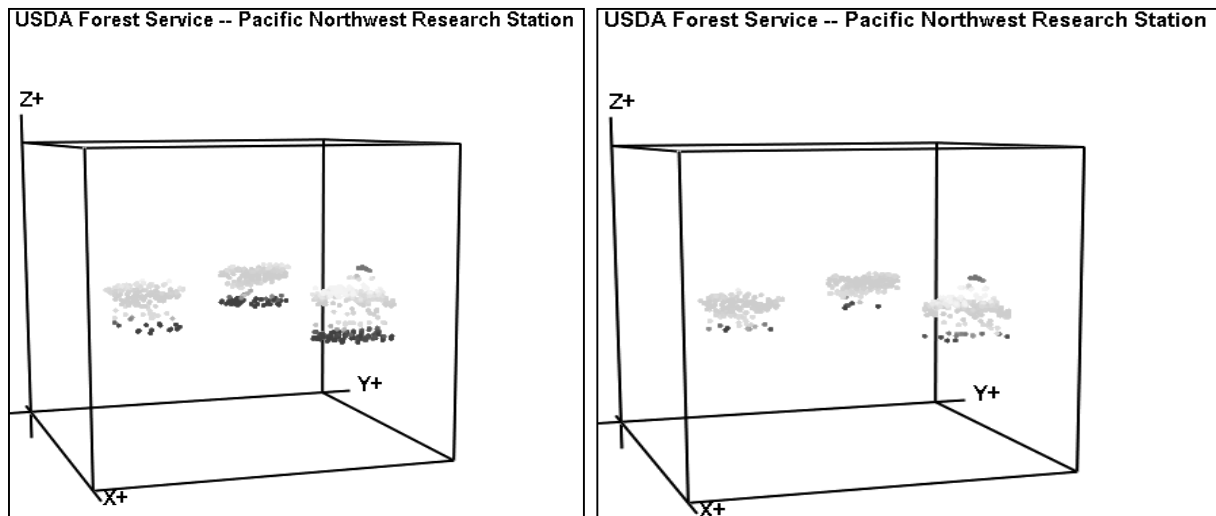


Figura 2 plot di dati LiDAR normalizzati con il DTM figura 3 plot di dati LiDAR normalizzati con il DTM e con un successivo taglio di punti a 2 m dal suolo.

Risultati e discussione

In questa parte dello studio ci siamo occupati di individuare una prima correlazione tra la biomassa ricavata dai dati di campo e i punti LiDAR dei singoli plot. Da bibliografia (Bortolot et al., 2005, Pilli et al., 2006) si evince che la biomassa forestale è strettamente correlata dall'altezza della foresta, per cui si è indagata la correlazione esistente tra le misure di altezza (*plot-level*) prese in campo e le misure di altezza dei punti LiDAR (*plot-level*).

Il miglior risultato per le misure di altezza mostra un R^2 , derivante dal modello finale, di 0.87 descritto dal grafico 4, un RMSE 1.02 Mg ha^{-1} (8,3% della media) e un BIAS di 0 (grafico 5). La cross validation mostra un RMSE di 2.02 m (16,4% della media) e un BIAS di 0.02.

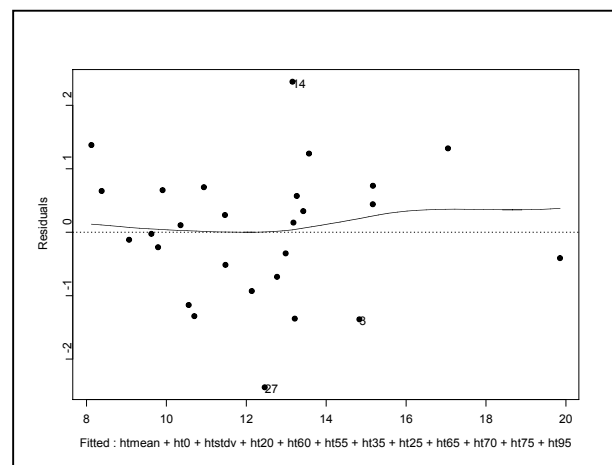
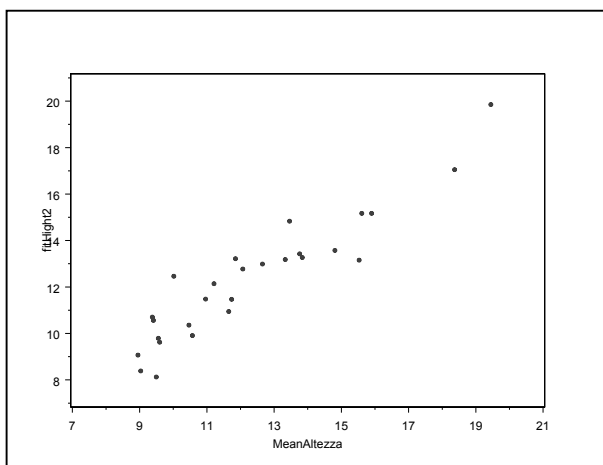


Grafico 4 retta di regressione tra i dati LiDAR e la media delle altezze osservate in campo, grafico 5 BIAS dell'altezza verso i dati fittati di altezza derivanti dai punti LiDAR

Infine, il miglior modello di biomassa ottenuto indica il 76% (R^2) di varianza rispetto alla biomassa misurata in campo, risultato mostrato nel grafico 6 con un RMSE di 30.56 Mg ha^{-1} (20,9 % della media) e un BIAS di 0 (grafico 8) La cross validation mostra un RMSE di $53,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ (36,8% of the mean), il BIAS è di 3.67185.

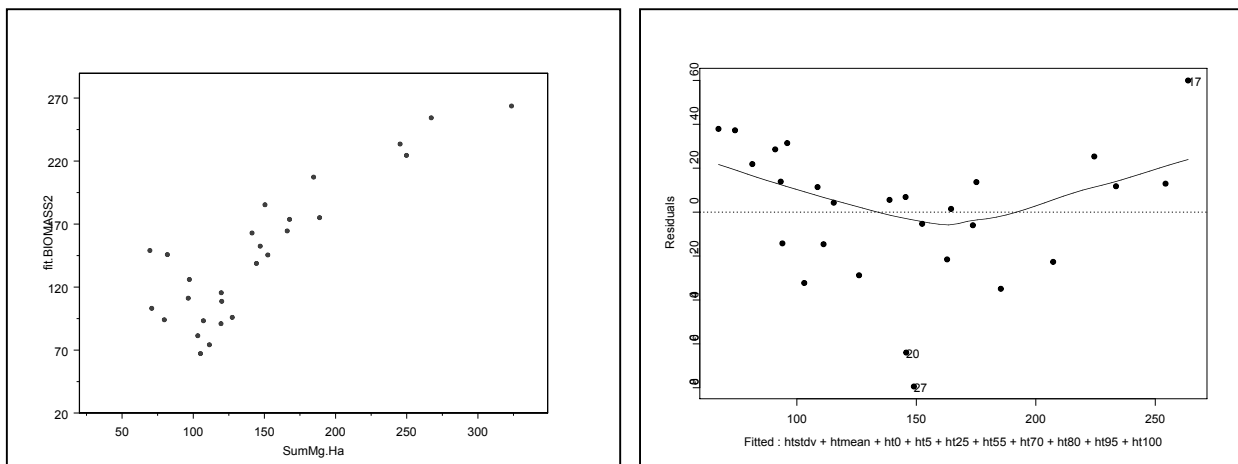


Grafico 6 retta di regressione tra i dati LiDAR e la biomassa media osservate in campo, grafico 5 BIAS della biomassa verso i dati fittati di altezza derivanti dai punti LiDAR.

Conclusioni

Gli obiettivi di questo lavoro sono stati quelli di sviluppare modelli di biomassa forestale da dati di altezze LiDAR, e di capire se nonostante la bassa densità di punti LiDAR sia comunque possibile avere una stima precisa di biomassa forestale.

I nostri risultati indicano che la bassa densità di punti LiDAR può essere usata per stimare la biomassa forestale nella nostra regione con un accettabile accuratezza.

Tale risultato potrebbe essere utile allo scopo di produrre mappe di biomassa forestale, facilmente aggiornabili con dati LiDAR. Questa metodologia potrebbe rispondere alle esigenze di monitoraggio della biomassa forestale come richiesto dal recepimento italiano del protocollo di Kyoto (linee guida nazionali per la riduzione delle emissioni dei gas serra).

Bibliografia

- Alberti G, et al. (2006) Accumulo di carbonio e produttività delle piantagioni legnose (Kyoto forests) del Friuli Venezia Giulia. *Society of Silviculture and Forest Ecology*.
- Barilotti A. Turco S. Napolitano R. Bressano E. et al., (2005) La tecnologia LiDAR per lo studio della biomassa negli ecosistemi forestali. *XV Congresso della Società Italiana di Ecologia Torino*.
- Bortolot Z.J., Wynne R.H. (2005) Estimating forest biomass using footprint LiDAR data: An individual tree-based approach that incorporates training data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 59 342-360
- Dubayah, R.O., and J.B. Drake. 2000. LiDAR remote sensing for forestry. *J. For.* 98(6):44-46.
- Fusco S. Colombo R., Scippa G.S, D. Chiatante (2003) Utilizzo dei dati MIVIS nella gestione forestale per la prevenzione di fenomeni di dissesto. *ATTI 7° ASITA*, pp 1117-1122
- Lefsky, M.A., Cohen, W.B., Parker, G.G., & Harding, D.J. (2002). LiDAR remote sensing for ecosystem studies. *Bioscience*.
- Leonardi S. (1985) Biomass, litterfall and nutrient content in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe. *Ann.Sci.For* 1996 53, 1071-1081
- Naesset, E., Bjercknes, K.O. (2001). Estimating tree heights and number of stems in young forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 78, 328-340
- Pilli R. Afrodillo T. Carrer M. (2006) Towards a functional and simplified allometria for estimating forest biomass. *Forest Ecology and Management* 237 583-593.
- Schulze, E.D., Valentini, R., Sanz, M.J. (2002). The long way from Kyoto to Marrakesh: Implications of the Kyoto Protocol negotiations for global ecology. *Global Change Biology*, 8, 505-518
- Steven P. Dmitri H., Zamolodchikov G., George N. KorovinViktor V. Nefedjev V., (1997) Estimating the carbon content of russian forests; Comparison of phytomass/volume and allometric projections. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2: 247-265, 1997.
- Zianis D., Muukkonen P, Mäkipääand R., Mencuccini M. (2005) Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. *SILVA FENNICA Monographs* 4 2005 The Finnish Society of Forest Science The Finnish Forest Research Institute.