

PROCESSAMENTO DI DATI LASER SCANNING CON GRASS GIS PER LA DETERMINAZIONE AUTOMATICA DI PARAMETRI INVENTARIALI FORESTALI

Turco S.¹, Alberti G.¹, Barilotti A.², Bonfanti P.L.¹

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali - via delle Scienze, 208 – Università degli Studi di Udine - 33100 Udine Tel +39 0432 558653, Fax +39 0432 558603, turco@uniud.it

² Dipartimento di Georisorse e Territorio – via del Cottonificio, 114 – Università degli Studi di Udine - 33100 Udine Tel +39 0432 558708, Fax +39 0432 558700

Parole chiave: DTM, volume dendrometrico, altezza alberi, laser scanner

Riassunto

Lo scopo di questo studio è sviluppare e testare un metodo per derivare misure dendrometriche (diametro ed altezza degli alberi) e di densità di chioma utilizzando i dati telerilevati laser scanning, nonché validare tali misure indirette con misure forestali a terra.

Negli ultimi 10-15 anni, diversi esperimenti sono stati condotti per determinare le relazioni tra il volume arboreo e profili derivati da dati laser scanning.

Il Laser scanner è un sistema aviotrasportato che trasmette un impulso laser e determina la distanza dalla superficie in base al tempo impiegato dall'impulso per tornare indietro al sensore. Gli impulsi possono passare verticalmente attraverso la chioma forestale e raggiungere il suolo, mentre altri possono essere riflessi direttamente dallo strato fogliare.

Sono stati eseguiti rilievi forestali sia in boschi di conifere sia di latifoglie come verità a terra. Per ogni transetto sono stati rilevati la localizzazione di ogni pianta a diametro >3 cm, il diametro a 1.30 metri di altezza, l'altezza e l'inserzione della chioma mediante ipsometro elettronico, la posizione esatta del transetto mediante GPS differenziale ed è stato stimato il volume del popolamento utilizzando tavole di cubatura.

Per gli stessi transetti sono stati elaborati i dati laser scanning mediante GRASS GIS e sono stati estratti il modello digitale del terreno (DTM), il modello digitale dell'altezza degli alberi, il profilo vegetazionale; dove possibile, è stato calcolato il numero di alberi e stimato il volume del popolamento.

I risultati mostrano le potenzialità del sistema laser scanner nella pianificazione forestale, poiché permette di ottenere la stima di alcune delle più importanti caratteristiche del bosco: l'altezza, la profondità delle chiome e il volume del popolamento.

PROCESSING LASER SCANNING DATA FOR AUTOMATIC EXTRACTION OF FOREST INVENTORY PARAMETERS WITHIN GRASS GIS

Turco S.¹, Alberti G.¹, Barilotti A.², Bonfanti P.L.¹

¹ Department of Agricultural and Environmental Scienze - University of Udine - via delle Scienze, 208 – 33100 Udine Tel +39 0432 558653, Fax +39 0432 558603, turco@uniud.it

² Department of Georesources and Territory – via del Cottonificio, 114 - University of Udine - 33100 Udine Tel +39 0432 558708, Fax +39 0432 558700

Key words: DTM, stand volume, tree height, laser scanner

Abstract

The aim of this study is to develop and test methods for measuring tree metrics and canopy cover density from laser scanning data and to validate them by ground truth data.

During the last 10-15 years, several experiments have been carried out in order to determine relationships between tree volume and laser scanning profiling.

Laser scanner is a pulsed system that transmits a laser pulse and determines the distance to the surface according to the time taken by the pulse to travel back to the sensor. A pulse may pass

vertically through a forest canopy, and there may be several secondary returns from the canopy layers.

Forest field samplings have been fixed in coniferous forest and in deciduous mixed forest. For each fixed plot (20 x 20m), georeferenced via dGPS, location of every tree with diameter >3 cm, measurement of diameter at breast height (1.30 m), trees height and crown insertion height by Vertex hypsometer have been registered. Finally stand volume was calculated using volume tables. GRASS GIS allows computing digital terrain models (DTM), digital tree height model, forest profile, rate of canopy hits and stand volume.

The results show that from laser scanning data is possible to predict the most important parameters for forestry management such as tree height, canopy depth and stand volume.

Introduzione

Il volume del fusto è una delle caratteristiche più importanti del bosco per la pianificazione forestale. Il volume del popolamento è derivato da misure in campo di diametro ed altezza degli alberi ed utilizzando tavole di cubatura.

Negli ultimi 10-15 anni, diversi esperimenti sono stati condotti per determinare le relazioni tra il volume arboreo e profili derivati da dati laser scanning (Clark et al., 2004).

Il Laser scanner è un sistema di telerilevamento a sensore attivo aviotrasportato che trasmette un impulso laser e determina la distanza dalla superficie in base al tempo impiegato dall'impulso per tornare indietro al ricevitore.

L'impulso può passare verticalmente attraverso la chioma forestale e raggiungere il suolo, mentre altri possono essere riflessi direttamente dallo strato fogliare.

I maggiori vantaggi derivati da questo strumento sono l'alta precisione (20-30 cm), l'elevata accuratezza (dGPS) e la possibilità di effettuare analisi della struttura tridimensionale della foresta.

Apposite tecniche di filtraggio degli impulsi riflessi dalla vegetazione permettono di ottenere il modello digitale del terreno (DTM) (Brovelli et al., 2002). D'altra parte, utilizzando gli impulsi che sono riflessi dalle chiome fogliari, è possibile derivare il modello digitale della superficie (DSM) ed estrarre per differenza le altezze degli alberi (Lefsky et al., 1999).

In questo studio è esplorata la capacità di GRASS GIS nel processamento dei dati LiDAR.

Area di Studio

Il Friuli Venezia Giulia è coperto per il 36% da foreste (2850000 ettari), di cui circa il 70% è gestita. Questo valore esprime la capacità di controllo, pianificazione e intervento che può essere portata avanti nel territorio forestale friulano.

Sono state definite due sottoregioni di interesse (fig.1) e in particolare il Bacino idrografico del Rio Moscardo dove è localizzata un'importante estensione di pecci (foresta di Pramósio) ed il Comprensorio Montano Valli del Torre e del Natisone dove si hanno vaste superfici ricolonizzate da aceri-frassineti (AA.VV.,1998).

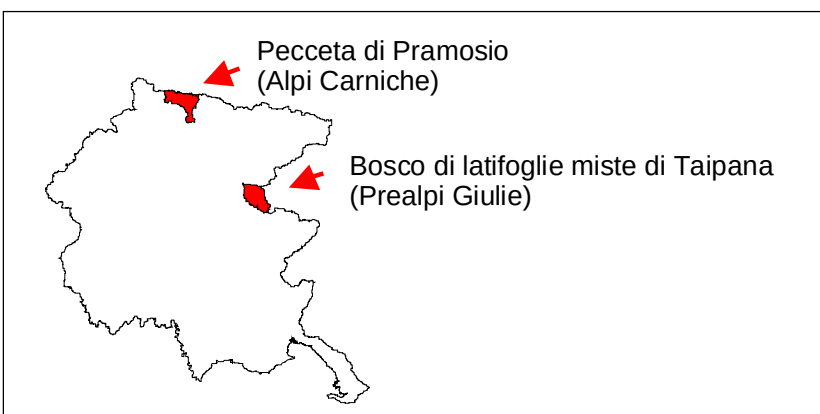


Fig.1. Localizzazione delle aree saggio in bosco

Materiali e metodi

Misure Dendrometriche

Sono stati fissati 20 rilievi forestali sia in bosco di conifere sia di latifoglie come verità a terra (tab.1). Per ogni transetto sono stati rilevati la localizzazione di ogni pianta a diametro >3 cm, il diametro a 1.30 metri di altezza, l'altezza e l'inserzione della chioma mediante ipsometro elettronico e la posizione esatta del transetto mediante GPS differenziale e strumentazione topografica (Scrinzi et al., 2000). Dall'elaborazione dei dati in campo è stata ottenuta la curva ipsometrica e il volume del transetto mediante tavole di cubatura (AA.VV., 2000).

area (mq/ha)	categoria forestale	diametro (cm)	altezza media (m)	nr. piante/ha	volume (mc/ha)
1,000	faggeta	22	14	3830	293
1,000	acero-frassinetto	15	15	1450	259
400	acero-frassinetto	15	16	850	233
400	faggeta	18	17	1525	355
400	faggeta	26	28	775	505
400	pecceta	41	35	550	853
400	pecceta	36	28	600	663
400	pecceta	35	30	500	490
400	piceo-abieteto	40	32	400	563
400	piceo-abieteto	43	34	450	793
400	abieteto	35	32	700	718
400	piceo-abieteto	34	26	625	575
400	piceo-abieteto	34	27	700	640
400	piceo-abieteto	33	25	550	453
400	pecceta	33	26	950	773
400	pecceta	31	27	850	890
400	pecceta	27	26	1250	690

Tab.1. Caratteristiche dendrometriche nelle aree saggio

Elaborazione dati laser scanning con GRASS GIS

Sono stati utilizzati i dati laser scanning dei rilievi effettuati mediante il sistema laser Optech 3033 installato su elicottero fra il 2003 e il 2004 rispettivamente nelle aree forestate di Pramasio (21 km², 2 punti/m²) e di Taipana (16 km², 6 punti/m²). I dati utilizzati sono in formato *raw*, un file ascii unico per ogni strisciata in cui per ogni impulso sono registrate le coordinate del punto x, y, z (site ma WGS84) e la relativa misura di intensità. Il risultato della scansione è quindi una “nube” di punti georeferenziati corrispondenti al terreno, alla vegetazione, agli edifici e a tutti quegli elementi che sulla superficie sono colpiti dal laser. L'estrazione dei punti terreno dal raw data rappresenta una fase fondamentale nell'elaborazione dei dati laser scanning per la produzione dei DTM è definita filtraggio.

I dati sono stati scompattati in primo e ultimo impulso per essere successivamente processati con GIS GRASS (Neteler e Mitašova, 2004).

E' stato utilizzato un metodo di filtraggio automatico dei punti terreno mediante un algoritmo basato sulla tecnica delle *splines* (Mitašova e Mitaš, 1993), già implementato in GRASS GIS (Brovelli et al., 2002).

Per le aree test sono stati elaborati i dati laser scanning con GRASS GIS e sono stati estratti in modo automatico il DTM mediante i comandi sequenziali *s.edgedetection*, *s.growing*, *s.correction* e *s.bspline.reg* (fig.2).

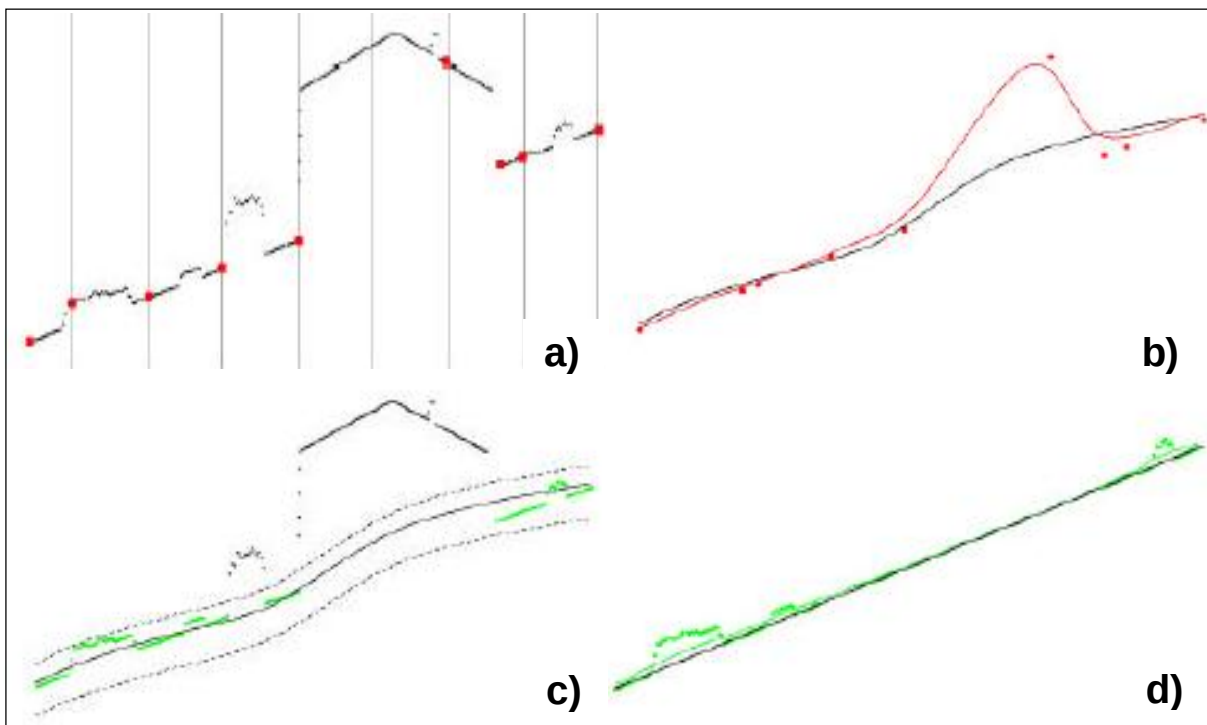


Fig.2. a) Passo della spline; b) Interpolazione; c) Classificazione (terreno-oggetti); d) Interpolazione del DTM.

Sono stati quindi calcolati il DSM (modello digitale di superficie) partendo dai dati del primo impulso, il DTM (fig.3) e per sottrazione il modello digitale dell'altezza degli alberi ($nDSM = DSM - DTM$). Quest'ultimo può essere rappresentato tridimensionalmente mediante il visualizzatore *nviz* (fig.4), ed è utilizzato per ottenere le misure di volume (Nässet, 2002). La rappresentazione raster è invece particolarmente utile per mappare la copertura forestale e zonizzare la foresta secondo le altezze di fusti (fig.6). E' inoltre utile per visualizzare i modelli dei profili vegetazionali (fig.5), da cui è possibile calcolare il numero di alberi in modo manuale.

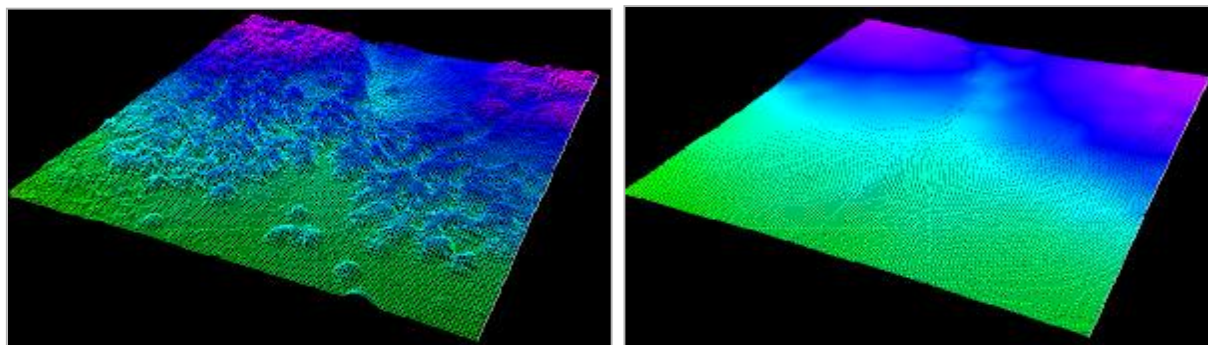


Fig.3. Visualizzazione DSM e DTM con GRASS GIS.

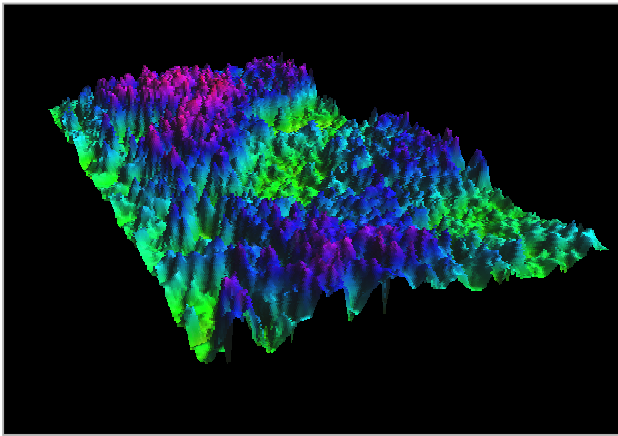


Fig.4. Visualizzazione nDSM con NVIZ

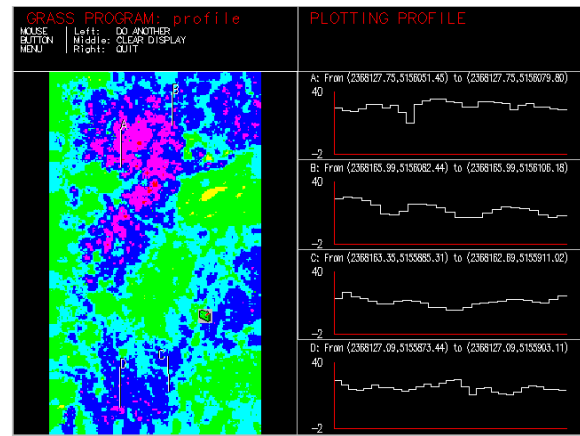
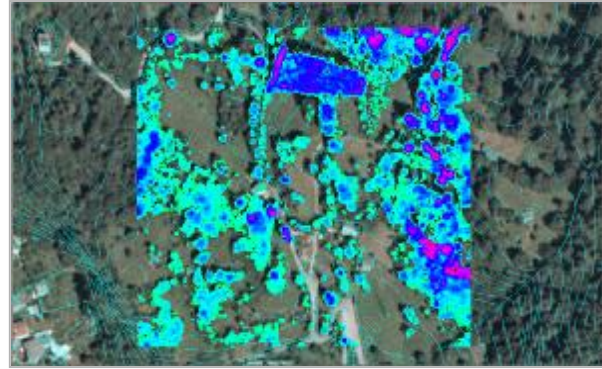


Fig.5. Visualizzazione profili con d.profile



Fig.6. Mappatura e zonazione della vegetazione arborea.



Risultati

Conifere

Per quanto riguarda le peccete, è possibile estrarre manualmente alcuni parametri forestali, come ad esempio le altezze puntuali degli alberi (fig.7). I dati stimati dal laser scanning sono altamente predittivi rispetto le altezze mentre il volume calcolato è proporzionale a quello a terra (fig. 9). La percentuale di impulsi che penetrano la vegetazione risulta costante (circa 10%) e direttamente proporzionale alla densità di chioma.

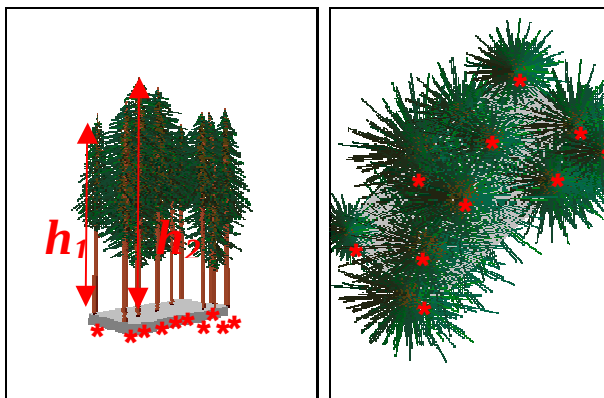


Fig.7. Stima puntuale delle altezze di singoli alberi di conifere.

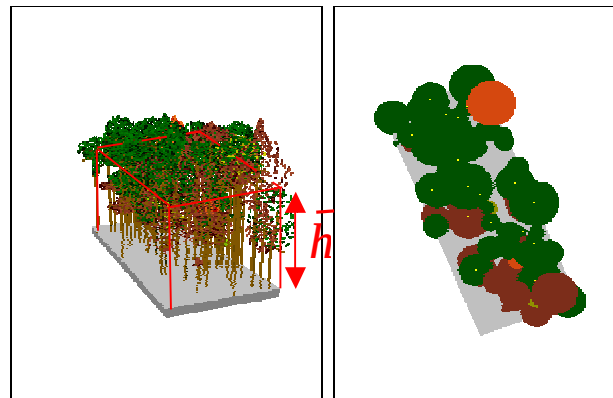


Fig.8. Stima dell' altezza media di un popolamento di latifoglie.

Latifoglie

Nel caso dello studio di latifoglie i risultati non sono univoci. Generalmente non si ha una stima puntuale di altezze dei singoli individui arborei, ma solamente misure medie del popolamento (fig. 8).

Inoltre la penetrazione dell'impulso al suolo mostra un'estrema variabilità; può essere infatti del 1,5% per alcuni popolamenti disetanei la cui struttura verticale è particolarmente complessa, fino a raggiungere valori del 50% per popolamenti ad altofusto e densità di individui minore.

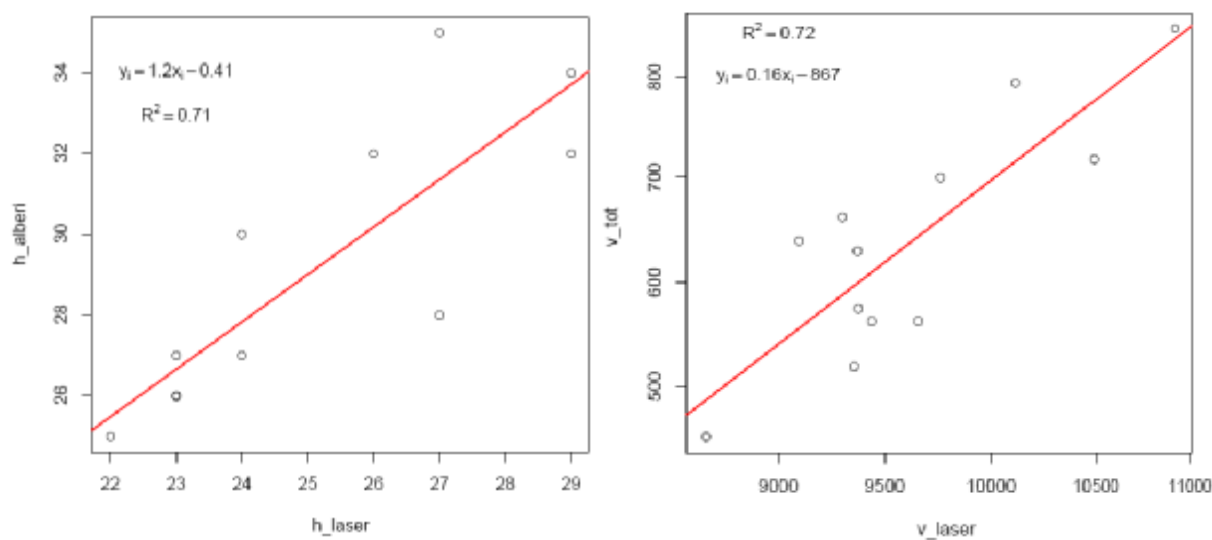


Fig9. Relazione tra altezza e volume misurati e derivati da dati laser scanning

Discussione e conclusioni

GRASS GIS mostra potenzialità nella gestione ed elaborazione dei dati laser scanning al fine di ottenere la stima di alcuni importanti parametri utili alla pianificazione forestale.

Il problema maggiore osservato nelle elaborazioni è la difficoltà nel lavorare con i dati puntuali di origine (*raw data*); nonostante la rappresentazione raster dei dati interpolati sia versatile e veloce, essa è fonte di errore poiché tende a sottostimare l'altezza. Si ritiene pertanto utile un sistema di visualizzazione tridimensionale di punti e la possibilità di disegnare profili in sezione per permettere una migliore stima dell'altezza (fig. 10).

Questo tipo di visualizzazione è possibile in GRASS 6, che permette la gestione di punti in formato vettoriale, ma per il quale non sono ancora disponibili i moduli di filtraggio che operano su dati in formato *site*.

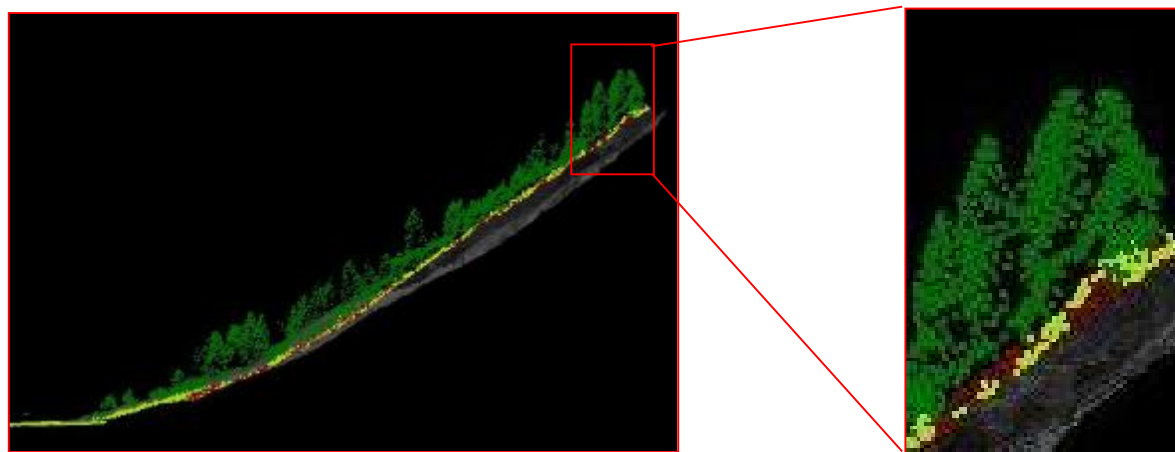


Fig.10. Stima puntuale delle altezze di singoli alberi di conifere da profili su file di punti

Bibliografia

AA.VV. (1998), *La vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli Venezia Giulia* (Del Favero ed.), Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio della Selvicoltura.

AA.VV. (2000), *Direttive per i piani di gestione delle proprietà forestali nella regione Friuli Venezia Giulia* (Del Favero ed.), Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Direzione regionale delle foreste.

Brovelli M, Cannata M. e Longoni U. (2002), *Managing and processing LIDAR data within GRASS*, Proceedings of the Open source GIS - GRASS users conference 2002 –Trento/ITA.

Clark M., Clark D., Roberts D. (2004), *Small-footprint lidar estimation of sub-canopy elevation and tree height in a tropical rain forest landscape*, Remote Sensing of Environment (91)68:89.

Hyypä J., Pyysalo U., Hyypä H., Samberg A. (2000), *Elevation accuracy of laser scanning-derived digital terrain and target models in forest environment*, Proc. of EARSeL-SIG-Workshop LIDAR, Dresden/FRG.

Lefsky M., Harding D., Cohen W., Parker G., Shugart H. (1999), *Surface Lidar Remote Sensing of Basal Area and Biomass in Deciduous Forests of Eastern Maryland, USA*, Remote Sensing of Environment (67)83:98.

Mitašova H., Mitaš L. (1993) *Interpolation by regularized spline with tension: theory and implementation*, Mathematical Geology (25)641:655.

Neteler M. e Mitašova H. (2004), *Open Source GIS. A GRASS GIS Approach*, Kluwer Academic Publishers/Springer, Boston, Dordrecht.

Nässet E. (2002), *Predicting forest stand characteristics with airborne laser scanner data using a practical two-stage procedure and field data*, Remote Sensing of Environment (80)88:99.

Scrinzi G., Floris A., Picci M.(2000), *GPS e inventari forestali: posizionamento e ritrovamento di precisione di punti di campionamento in bosco*, Comunicazioni di ricerca dell'ISAF 99/1, Trento.

Ringraziamenti

I voli laser scanning sono stati supportati dall'attività di ricerca del progetto INTERREG IIIA Italia-Slovenia 2003-2006 "Aggiornamento del catasto e integrazione con la carta tecnica regionale per il Sistema Informativo Geografico delle agenzie regionali testando tecniche avanzate ed innovative di rilevamento".