



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

# FLORE

## Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Sperimentazione di un sistema di rilevamento ALS ultraleggero**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Sperimentazione di un sistema di rilevamento ALS ultraleggero / Marco Balsi; Salvatore Esposito; Paolo Fallavolita; Matteo Mura; Giovanni Santopuoli; Marco Marchetti; Gherardo Chirici. - ELETTRONICO. - (2014), pp. 121-125. ( XVIII Conferenza Nazionale ASITA).

*Availability:*

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/957824> of the repository was last updated on

*Publisher:*

Federazione ASITA

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

## Sperimentazione di un sistema di rilevamento ALS ultraleggero

Marco Balsi (\*), Salvatore Esposito (\*,\*\*), Paolo Fallavolita (\*,\*\*), Matteo Mura (\*\*\*),  
Giovanni Santopuoli (\*\*\*), Marco Marchetti (\*\*\*), Gherardo Chirici (\*\*\*)

(\*) Dipartimento di ingegneria Informatica, Elettronica e delle Telecomunicazioni, Università La Sapienza,  
Via Eudossiana, 18, 00184 - Roma, Italia

(\*\*) Oben s.r.l. Località S'Aspru, 07040 Siligo (Sassari), Italia. [www.oben.it](http://www.oben.it)

(\*\*\*) Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, snc,  
86090 – Pesche (IS), Italia

### Riassunto

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati derivanti dalla sperimentazione di un LiDAR ultraleggero progettato per applicazioni UAV. In particolare, si dimostra che tramite l'utilizzo di questo LiDAR multi-echo è possibile ricostruire DTM in zone densamente boscate e di stimare l'altezza media degli alberi da CHM con un errore del 5%.

### Abstract

In this work a new lightweight LiDAR solution designed for UAV application is investigated. In particular, we show that using this multi-echo LiDAR it is possible to obtain DTM reconstruction of the densely forested area surveyed estimating the mean height of the trees from the reconstructed CHM with a bias of 5%.

### Introduzione

L'utilità apportata dai dati derivanti da scansione laser aerea (*Airborne Laser Scanning* □ALS) nel monitoraggio del territorio è ormai consolidata sia in ambiti antropizzati (Murakami et al., 1999; Rottensteiner et al., 2007), sia in aree naturali (Corona et al., 2012, Lim et al., 2003, Montagni et al., 2013, Wulder et al., 2008). Tuttavia, l'utilizzo di tale dato è spesso limitato dagli alti costi di acquisizione, nei quali il noleggio dell'aeromobile e del suo equipaggio incide in maniera rilevante. I recenti progressi ottenuti nella tecnologia del controllo remoto e autonomo, hanno portato al sempre più frequente utilizzo di veicoli aerei a pilotaggio remoto (*Unmanned Aerial Vehicles - UAVs*) come piattaforme di telerilevamento equipaggiate con sensori attivi o passivi, soprattutto nel caso di rilievo su piccole aree.

Solo molto recentemente i sistemi LiDAR sono stati miniaturizzati e resi più leggeri per poter essere trasportati su piattaforme UAV (Wallace et al., 2014).

Questi sistemi consentono di volare ad una quota minore e con una velocità di crociera ridotta rispetto alle aeromobili con equipaggio, restituendo quindi una maggiore densità di punti (echi/m<sup>2</sup>), aspetto questo di notevole rilevanza in applicazioni forestali (Jaakkola et al., 2010).

Questo contributo ha lo scopo di introdurre alla sperimentazione di un sensore LiDAR ultraleggero destinato all'utilizzo su piattaforma UAV.

### Materiali e metodi

Dopo un primo test realizzato nell'ottobre 2013 i dati LiDAR sono stati acquisiti il 2 Aprile 2014 in quattro aree di studio in Regione Molise (Fig. 1), per un totale di oltre 410 ha. In una delle aree di studio è presente un plot permanente di 100 m x 100 m in cui è stato effettuato il censimento e la geolocalizzazione tramite GNSS di tutti gli alberi con diametro a 1.3 m > 3 cm, per ognuno dei quali sono stati misurati i principali parametri dendrometrici.

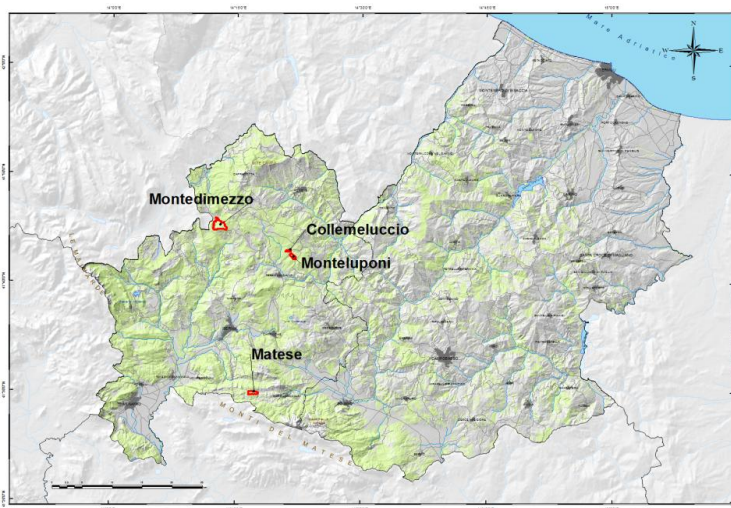


Figura 1 - Localizzazione delle aree di studio.

Il sensore utilizzato ha dimensioni di 15x15x15 cm e peso di 2 kg, ed è in grado di registrare fino a 3 echi di ritorno per impulso (Fig. 2), nei voli sperimentali oggetto di questo contributo il sensore è stato montato su un piccolo elicottero ultraleggero con pilota.



Figura 2 - Il sensore LiDAR utilizzato nella sperimentazione.

La densità media di echi di ritorno nelle strisciate di acquisizione è risultata essere di circa 50 punti/m<sup>2</sup>. I dati acquisiti nelle singole strisciate sono stati oggetto di una fase di pre-elaborazione utilizzando il software CloudCompare (CC), (<http://www.danielgm.net/cc/>).

Al fine di descrivere la procedura di allineamento si considerino solo due strisciate tra loro contigue etichettate ad esempio L0 e L1:

- 1 Si fissi la striscia di riferimento (ad esempio L0)
- 2 Si identifichi l'area comune alle strisciate L0 ed L1 come  $L0 \cap L1$
- 3 Si applichi la procedura di allineamento, implementata in CC, sulla porzione comune tra le due strisciate ( $L0 \cap L1$ ). Il risultato di tale procedura è una matrice di roto-traslazione ( $[R]$ )
- 4 Si applichi la roto traslazione alla striscia L1, rinominata L1fit.

Al crescere del numero di strisciate l'operazione di allineamento avviene tra la striscia  $L_{i+1}$  e la porzione comune di quest'ultima con la porzione allineata di  $L_0 \text{ fit} \cap L_1 \text{ fit} \cap \dots \cap L_i \text{ fit}$ .

Ovviamente l'operazione di rototraslazione deve essere intesa in senso dei minimi quadrati. Ossia date le due strisciate (riferimento e quella da ri-allineare) l'operazione di allineamento tende a minimizzare l'errore di sovrapposizione tra le due strisce. Questo equivale a dire che l'ottimizzazione sarà massima nella zona di sovrapposizione mentre potrebbe mostrare qualche incongruenza nelle zone lontane da quella di sovrapposizione. In Fig. 3 un esempio della procedura di allineamento tra strisciate.

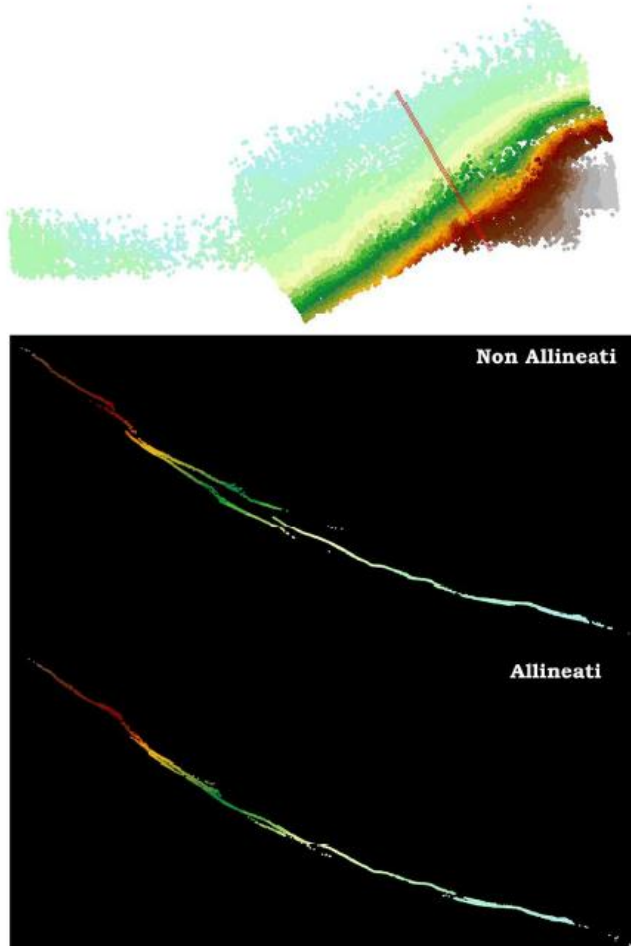


Figura 3 - Risultato della procedura di allineamento delle nuvole tra strisciate in una delle aree di studio.

Successivamente sono stati derivati il modello digitale del terreno (DTM), il modello digitale della superficie (DSM) e l'altezza della copertura arborea (CHM) con diverse risoluzioni, tra 0,5 m a 5 m tramite interpolazione con TIN.

Al fine della valutazione qualitativa del dato ALS sono stati prima posti a confronto i DTM derivanti da ALS e quelli ottenuto per interpolazione dalle curve di livello della locale carta tecnica regionale (CTR) e successivamente le altezze degli alberi del piano dominante misurate a terra con quelle derivanti dal CHM.

### Risultati e conclusioni

Il confronto preliminare tra i due DTM (da CTR e da ALS) ha permesso di evidenziare un'ottima correlazione tra i due seppur con una sottostima mediamente di circa 10 m di quello da ALS rispetto a quello da CTR. Tale differenza probabilmente è causata dalla scarsa accuratezza della CTR, visto che le aree di studio sono spesso completamente sotto copertura delle chiome.

L'altezza media degli alberi all'interno del plot di 1 ha nell'area di Montedimezzo è stata stimata con un errore relativo del 5%, 29,02 m da CHM contro 27,55 m secondo i rilievi a terra. La comparazione per singolo albero è risultata significativa solo utilizzando un CHM con passo di 5 m e considerando le piante del piano dominante (Fig. 4).

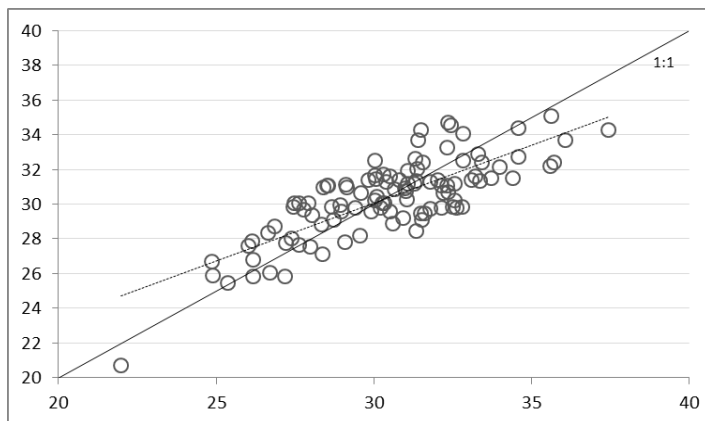


Figura 4 - Confronto tra altezza misurata a terra e derivante da CHM con passo di 5 m degli alberi del piano dominante.

L'esperienza maturata ha permesso di ottimizzare la tecnica di acquisizione e pre-processamento dei dati ALS in aree con morfologia complessa, il sensore sperimentato ha dimostrato le sue potenzialità nell'utilizzo in campo forestale, stimando con accuratezza l'altezza media della vegetazione, parametro principale per lo studio dei soprassuoli forestali tramite ALS. Ulteriori sperimentazioni attualmente in corso hanno lo scopo di valutare l'accuratezza dei dati acquisiti in condizioni fenologiche invernali e l'utilizzo del sensore LiDAR installato su UAV (Fig. 5).



Figura 5 - Configurazione del LiDAR ultraleggero su UAV.

## Ringraziamenti

Sperimentazione realizzata nell'ambito dei progetti:

- "Development of innovative methods for forest ecosystems monitoring based on remote sensing" funded by the Italian Ministry of University and Research PRIN2012 (grant 2012EWEY2S, coordinatore nazionale: G. Chirici);
- "LiDAR Earth Observation by UAV (LEO-UAV)" grant nell'ambito della cooperazione tra Italian Ministry of Economic Development (MiSE), Italian Trade Promotion Agency, and Conference of Italian University Rectors (CRUI). Coordinatore del progetto: M. Balsi.
- P.O.R. F.E.S.R. Sardegna 2007-2013, linea di attività 6.2.1.a, "LiDAR-UAV. Rilevamento LiDAR da aeromobili senza pilota a bordo (UAV)". Coordinatore del progetto: M. Balsi.

## Bibliografia

- Corona, P., Cartisano, R., Salvati, R., Chirici, G., Floris, A., di Martino, P., Torresan, C. (2012). Airborne laser scanning to support forest resource management under alpine, temperate and Mediterranean environments in Italy. *Italian Journal of Remote Sensing / Rivista Italiana di Telerilevamento*, 45(1), 27–37, 2012
- Jaakkola, A., Hyypä, J., Kukko, A., Yu, X., Kaartinen, H., Lehtomäki, M., & Lin, Y. (2010). A low-cost multi-sensoral mobile mapping system and its feasibility for tree measurements. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 65(6), 514–522.
- Lim, K., Treitz, P., Wulder, M., St-Onge, B., & Flood, M. (2003). LiDAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography*, 27(1), 88–106, 2003
- Montaghi, A., Corona, P., Dalponte, M., Gianelle, D., Chirici, G., & Olsson, H. (2013). Airborne laser scanning of forest resources: An overview of research in Italy as a commentary case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 23, Pages 288–300.
- Murakami, H., Nakagawa, K., Hasegawa, H., Shibata, T., & Iwanami, E. (1999). Change detection of buildings using an airborne laser scanner. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 148-152.
- Rottensteiner, F., Trinder, J., Clode, S., & Kubik, K. (2007). Building detection by fusion of airborne laser scanner data and multi-spectral images: Performance evaluation and sensitivity analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62, 135-149.
- Wallace, L., Watson, C., & Lucieer, A. (2014). Detecting pruning of individual stems using Airborne Laser Scanning data captured from an Unmanned Aerial Vehicle. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 30, 76-85
- Wulder, M. A., Bater, C. W., Coops, N. C., Hilker, T., & White, J. C. (2008). The role of LiDAR in sustainable forest management. *Forestry Chronicle*, Vol 84(6), 807–826, 2008.