

## Structure From Motion e Airborne Laser Scanning tramite SAPR per la stima di variabili di interesse forestale

Gherardo Chirici <sup>(a)</sup>, Andrea Barzagli <sup>(a)</sup>, Francesca Giannetti<sup>(a)</sup>, Davide Travaglini<sup>(a)</sup>, Marco Balsi <sup>(b)</sup>, Salvatore Esposito <sup>(b)</sup>, Francesca Bottalico <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università di Firenze, Italy

<sup>(b)</sup> Oben s.r.l.

Nell'ambito del progetto FRESH LIFE "Demonstrating Remote Sensing integration in sustainable forest management" (LIFE14/IT000414) si è voluto comparare l'utilizzo delle tecniche di Structure From Motion (SFM) e di Airborne Laser Scanning (ALS) per la stima spaziale di alcuni indicatori quantitativi di gestione forestale sostenibile. In particolare si è scelto di concentrarsi su tecnologie SAPR (Sistemi A Pilotaggio Remoto) il cui impiego in campo forestale è particolarmente vantaggioso per l'alta risoluzione spaziale dei dati acquisiti.

Il contributo presenta i risultati preliminari relativi al confronto tra nuvole di punti da SFM e da ALS acquisite in diverse aree di studio, le finalità operative e la configurazione degli aeromobili APR per la stima del volume della massa legnosa in diverse situazioni ecologiche.

*Within the project FRESH LIFE "Demonstrating Remote Sensing integration in sustainable forest management" (LIFE14/IT000414) we have decided to compare the use of techniques of Structure From Motion (SFM) and Airborne Laser Scanning (ALS) for the spatial estimation of indicators for Sustainable Forest Management. In particular, we have chosen to focus on the RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) that are advantageous in the study of forest ecosystems thanks to the high spatial resolution of the acquired data.*

*The paper presents some preliminary results concerning the comparison of point clouds from SFM and ALS acquired in different demonstration area, the operative aims and the RPAS configurations for the estimation of growing stock in different ecological environments.*

### Introduzione

Il progetto FRESH LIFE, Demonstrating Remote Sensing Integration in sustainable forest management (LIFE14/IT000414), si propone di dimostrare, in quattro aree di studio situate in Italia, la possibile integrazione dei dati raccolti tramite metodi di inventariazione a terra con informazioni telerilevate per la stima spaziale a scala aziendale di alcuni indicatori di gestione forestale sostenibile. Tramite l'utilizzo di SAPR (Sistemi A Pilotaggio Remoto) equipaggiati con sensori LiDAR e ottici sono stati acquisiti dati ad alta risoluzione con i quali si procederà a verificare l'operatività di metodi automatici e semiautomatici di mappatura di variabili forestali utili a caratterizzare la fisionomia e le condizioni dei popolamenti forestali alla scala operativa tipica della gestione forestale. Le variabili indagate includono la classificazione dei soprassuoli in tipi forestali secondo il sistema di nomenclatura proposto per gli European Forest Types (Barbati et al., 2014) e la stima di altri indicatori della gestione forestale sostenibile (ad es. superficie forestale, composizione specifica, struttura, stato fitosanitario, naturalità, provvigione legnosa, incrementi e quantità di legno morto in foresta).

L'obiettivo di questo lavoro è quello di presentare i risultati preliminari dei modelli generati per la stima spaziale della provvigione legnosa nell'area di studio di Rincine attraverso l'utilizzo di Modelli Digitali della Chioma (CHM) derivanti da nuvole di punti acquisite da sensore LiDAR aereo e da immagini acquisite da Drone.

## Materiali e Metodi

### Aree di Studio

L'area di studio di Rincine (N=43.88018105, E=11.60798807, 776 m) è estesa 290 ha ed è situata in Toscana nella Provincia di Firenze in un territorio montano.

### Aree di saggio a terra

Sono state rilevate a terra 17 aree di saggio (ADS) delle 50 previste dal progetto seguendo lo schema di campionamento one-per-stratum stratified sampling. Nelle ADS (530 m<sup>2</sup>) di forma quadrata con lato di 23 m è stato eseguito un cavallettamento totale e un rilievo totale delle altezze. I dati di diametro ed altezza sono stati utilizzati per il calcolo del volume (m<sup>3</sup>/ha) tramite Tavole di cubatura a doppia entrata (Tabacchi et al., 2011)

### Dati Telerilevati

Per l'acquisizione dei dati sono stati effettuati voli con vettori differenti:

- un vettore aereo a pala rotante per l'acquisizione dei dati LiDAR realizzato da GEOCART tra il 4 maggio 2015 con sensore RIEGL LMS-Q680i con un'acquisizione di circa 4 punti/m<sup>2</sup>;
- voli a quota media di 150 m con drone ad ala fissa eBee (SensFly) con camera SONY DSC-WX220RGB con focale 4 mm e risoluzione 4896 X 3672 pixels.

A partire dai dati LiDAR in formato .las, attraverso il software *lastools*, sono stati calcolati due modelli raster a risoluzione di 1 m: modello digitale della superficie (DSM) e modello digitale del terreno (DTM). Dalla sottrazione del DTM dal DSM è stato ottenuto un CHM\_LiDAR.

Le immagini geotaggate acquisite da drone sono state allineate e processate tramite il Software AgisoftPhotoscan Professional Edition che si avvale di algoritmi Structure For Motion Photogrammetry (SFM). Per l'allineamento delle foto e per la generazione della nuvola densa di punti e del DSM raster, a risoluzione 1 m, sono stati utilizzati 14 punti di controllo a terra (GCP) rilevati con GPS. Dalla sottrazione del DTM LiDAR dal DSM derivato da immagini acquisite da drone è stato ottenuto per ogni area un CHM ibrido (CHM\_Photo\_LiDAR).

### Metodologia

Per ogni area di saggio sono state estratte dai due CHM raster (CHM\_LiDAR e CHM\_photo\_LiDAR) le seguenti metriche: media, moda, minimo, massimo, totale. Queste metriche sono state combinate con i volumi (V) (m<sup>3</sup>/ha) rilevati a terra per la costruzione di modelli regressivi lineari di stima.

### Risultati

Metrica (x)	CHM_LiDAR				CHM_Photo_LiDAR			
	R <sup>2</sup>	Modello	RMSE (m <sup>3</sup> /ha)	RMSE %	R <sup>2</sup>	Modello	RMSE (m <sup>3</sup> /ha)	RMSE %
Minimo	0	-	-	-	0.63	V = 24.895x - 45.584	130.83	23.4
Massimo	0.27	-	-	-	0.52	V = 26.742x - 209.89	148.037	26.5
Totale	0.611	V = 0.0557x - 23.34	133.64	23.93	0.57	V = 0.0511x - 162.59	140.03	25.1
Media	0.612	V = 29.435x - 23.937	133.47	23.96	0.57	V = 26.835x - 159	140.31	25.1
Moda	0.03	-	-	-	0.50	V = 26.288x - 150.48	151.89	27.2

Tabella 1- risultati dei coefficienti di correlazione tra metriche e volume (V) e dei modelli Lineari generati con una sola metrica, per le variabili con correlazione maggiore 0.5.

### Riferimenti bibliografici

Barbati A., Marchetti M., Chirici G., Corona P., (2014) "European Forest Types and Forest Europe SFM indicators: tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation", *Forest Ecology and Management*, 321:145-157.

Tabacchi G., Di Cosmo L., Gasparini P., Morelli S. (2011). "Stima del volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione, tavole del volume e tavole della fitomassa arborea epigea". Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Trento. 412