

# Sperimentazione di rilievo UAV a supporto della pianificazione forestale

Federico Prandi, Daniele Magliocchetti e Raffaele De Amicis

L'articolo descrive i primi risultati del progetto europeo SLOPE. Tale programma vuole ottimizzare le operazioni di estrazione del legname in zone montuose attraverso l'uso combinato di tecnologie di rilievo UAV e laser scanner.



Fig. 1 - Piano di volo per il rilievo UAV di una delle due foreste di test in Val Di Cembra (TN).

Circa il 35% del territorio Europeo è costituito da montagne le quali sono principalmente coperte da foreste. Le foreste giocano quindi un ruolo centrale nell'economia delle zone montuose considerando le attività legate al rimboschimento, manutenzione, estrazione e lavorazione del legno, produzione di carta e biomassa.

La gestione di questa risorsa è però complessa in quanto deve tenere in considerazione diversi fattori come: il rispetto delle diverse successioni temporali della vegetazione, la limitata accessibilità e le caratteristiche idrogeologiche del territorio. Per queste ragioni il prelievo di

legname in ambiente montano pone una serie di problemi tecnici e operazionali; lavorare in condizioni di pendenza elevata, e in aree generalmente lontane da strade accessibili alza i costi di estrazione della risorsa rendendo poco competitivo il prodotto finale rispetto ad altri simili provenienti da aree pianeggianti.

Il progetto europeo SLOPE ([www.slopeproject.eu](http://www.slopeproject.eu)) "integrated processing and control systems for sustainable forest Production in mountain areas", finanziato dal 7° programma quadro all'interno del programma di lavoro "Integrated processing and Control Systems for Sustainable Production in

Farms and Forests", ha come obiettivo quello di ridurre il sopramenzionato divario competitivo attraverso lo sviluppo di una piattaforma hardware e software volta ad ottimizzare la produzione di legname in zone montane. Il progetto è coordinato dalla Fondazione Graphitech di Trento e vede la partecipazione di centri di ricerca e aziende attive nel settore forestale e del rilievo.

Uno degli elementi centrali di questa piattaforma è il Forest Information System (FIS) che, integrando informazioni provenienti da remote sensing, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) e Terrestrial Laser Scanner (TLS) predispone un

inventario a scala locale della risorsa disponibile. Queste informazioni, una volta rese accessibili, consentiranno una migliore pianificazione e gestione della risorsa stessa riducendo i costi di estrazione e migliorare la qualità dell'assortimento disponibile.

L'estrazione di legname da foreste di montagna è generalmente pianificata durante la stagione precedente. In montagna generalmente gli alberi vengono tagliati ed estratti in piena lunghezza per poi essere processati in un luogo: sufficientemente ampio, per garantire la movimentazione delle macchine e l'accatastamento del legname, e raggiungibile dai mezzi di trasporto, che dovranno trasportare i tronchi alla destinazione finale. In queste condizioni una migliore pianificazione delle attività può consentire una consistente riduzione dei tempi e quindi dei costi di estrazione. Infatti, in terreni molto pendenti il trasporto dell'albero dal luogo di taglio al piazzale dove saranno derivati i tronchi e la biomassa avviene per mezzo di teleferiche che richiedono lunghe operazioni di installazione

in loco, inoltre l'individuazione di una adeguata zona di scarico della teleferica è molto importante.

Nelle pratiche di pianificazione più evolute, le serie storiche dei raccolti, aggiornate immagini da satellite più altre rilevanti informazioni sono usate per derivare informazioni generali sulla foresta.

Il valore aggiunto del progetto SLOPE per la pianificazione forestale consiste nell'uso combinato di UAV e laser scanner terrestre al fine di generare un modello digitale della foresta (MDF) tridimensionale dove ogni singolo albero è un elemento grafico tridimensionale sia un elemento in un geodatabase. Il MDF servirà come supporto agli operatori forestali nella pianificazione e simulazione delle operazioni in campo, in particolare potrà supportare specifiche decisioni logistiche come l'ottimizzazione del posizionamento delle teleferiche nonché per la pre-selezione delle possibili piante da estrarre. Il MDF può anche essere usato per la stima dell'assortimento di legname disponibili.

### UAV per il rilievo forestale

In ambito forestale e di conservazione dell'ambiente i sistemi UAV possono essere usati per molte applicazioni (Horcher e Visser, 2004):

- ▶ Individuazione di incendi;
- ▶ Monitoraggio di violazioni ambientali;
- ▶ Localizzazione di zone di estrazione;
- ▶ Monitoraggio dello stato di salute della foresta.

In agricoltura UAVs possono essere utilizzati per:

- ▶ Determinare crescita e qualità;
- ▶ Agricoltura di precisione (quantità di pesticidi mirata per coltura)
- ▶ Ottimizzazione dei raccolti.

Tutte le menzionate applicazioni sono caratterizzate da una relativamente piccola estensione dell'area di rilievo (meno di 1500 ha) e dalla necessità di avere una certa velocità di elaborazione e disponibilità dei dati. I requisiti di accuratezza planimetrica assoluta sono comunque piuttosto bassi (<1m) ed inoltre la necessità di un

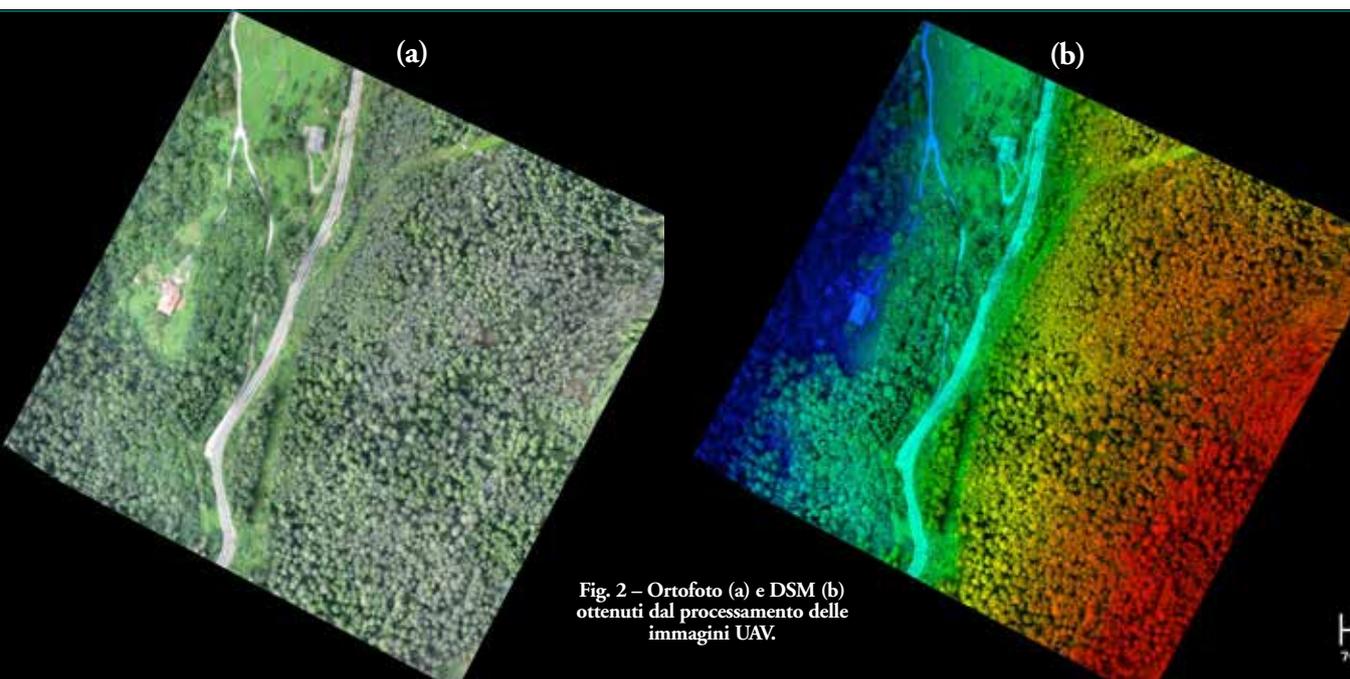


Fig. 2 – Ortofoto (a) e DSM (b) ottenuti dal processamento delle immagini UAV.

analisi visuale delle immagini richiede la disponibilità di prodotti quali ortofoto georeferenziate.

Il recente sviluppo di queste piattaforme in termini di payload e affidabilità del volo autonomo, unita alla possibilità di elaborare in tempi relativamente brevi le immagini acquisite al fine di estrarre Modelli Digitali di Superficie (DSM) e ortofoto rende gli UAV particolarmente competitivi per questo tipo di rilievi.

L'obiettivo del progetto SLOPE è di sperimentare l'uso dei sistemi UAV per la localizzazione delle zone di estrazione e la pianificazione e il supporto delle operazioni forestali.

In particolare saranno rilevate aree individuate per l'estrazione di legname in zone montuose con l'obiettivo di generare un DSM ad alta risoluzione e l'ortofoto. Inoltre tramite tecnologia laser scanning terrestre saranno anche rilevati anche alcune zone campione della foresta al fine di ottenere una serie di informazioni sull'assortimento al fine della generazione del modello 3D digitale della foresta.

### Rilievo delle aree campione e generazione del DSM e ortofoto

Nell'ambito del progetto per elaborare la metodologia di generazione del modello digitale della foresta, sono state acquisite tramite UAV le immagini due appezzamenti forestali in Trentino. Il rilievo è stato eseguito dal partner di progetto Coastway ([www.coastwaysurveys.ie](http://www.coastwaysurveys.ie)). In particolare si tratta di due aree in Val di Cembra nel comune di Sover (fig.1). Le due aree sono caratterizzate rispettivamente da un'estensione di 18 e 36 ha con un dislivello di 160 e 450 m. La specie prevalente è abete rosso con diametri alla base fino a 800 mm e altezze variabili fino a 30-40m. Il rilievo aereo delle due aree è stato eseguito utilizzando il sistema ad ala fissa eBEE della senslfy equipaggiato con camera Canon S110 IXUS rgb e Canon S110 NIR per acquisire nel vicino infrarosso. In entrambe le aree sono stati posti punti di controllo a terra rilevati tramite rilievo GPS speditivo. Il volo è stato eseguito ad una quota costante di 150 m con un rico-

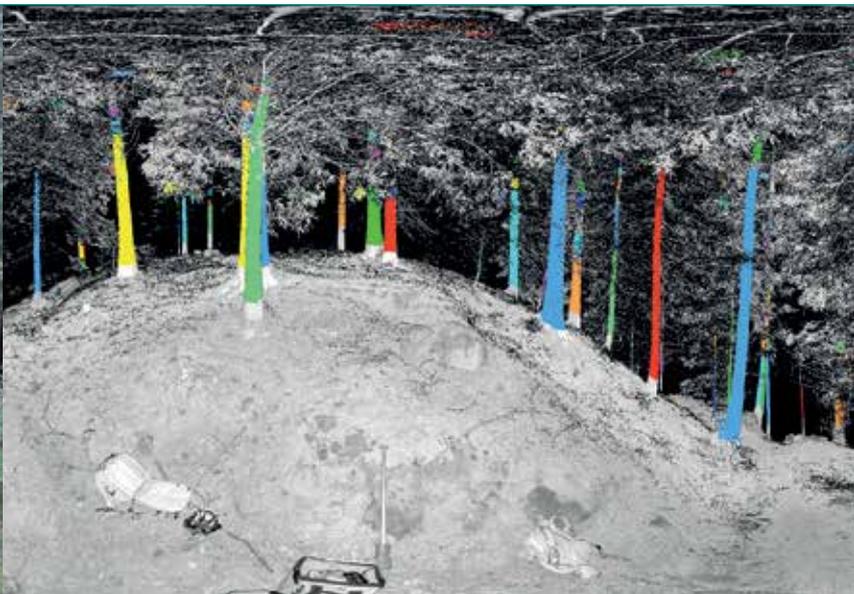


Fig. 3 - Visualizzazione di un GCP su diverse immagini acquisite.

primo longitudinale del 80% e trasversale dell'70%.

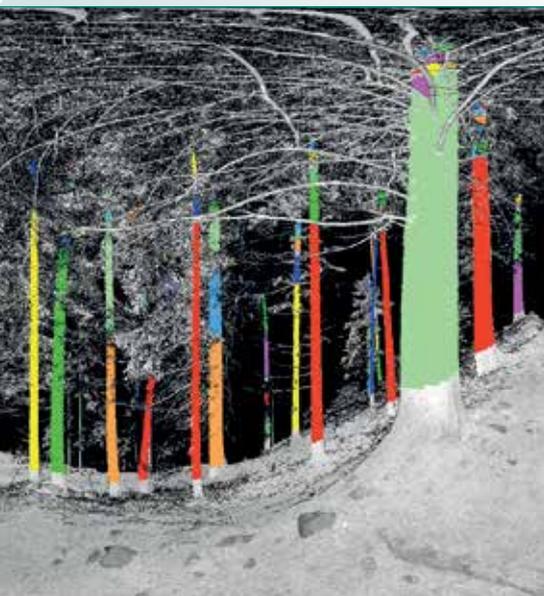
Le immagini ottenute (114 per il primo sito e 88 per il secondo) sono state processate con il software Postflight Terra 3D per la generazione di DSM e ortofoto. I DMS ottenuti hanno un Ground Sample Distance (GSD) rispettivamente di 10 e 15 cm (fig. 2).

La prima analisi dei dati ottenuti ha consentito di fare alcune valutazioni sui risultati ottenuti. L'elevata risoluzione sia dell'ortofoto sia del DSM ottenuto



permette da un lato un'accurata analisi visuale dello stato della foresta, come ad esempio la valutazione dei danni provocati da eventi meteorologici (schianti) anche in zone altrimenti difficilmente accessibili, dall'altro permette la generazione, ove disponibile il modello digitale del terreno (DTM), del modello di elevazione delle chiome (DHM) informazione molto importante per la pianificazione delle operazioni di estrazione e la stima dell'assortimento disponibile. Per contro alcune limitazioni sono emerse: prima fra tutte la fitta copertura della vegetazione ha reso difficile predisporre il posizionamento dei punti a terra in modo ottimale, essendo questo limitato necessità della visibilità dei punti stessi (fig.3). Inoltre in alcuni casi pur garantendo la visibilità attraverso le chiome, queste ultime hanno degradato la bontà del segnale GPS abbassando l'accuratezza dei punti a terra rendendoli di fatto inutilizzabili ai fini dell'orientamento assoluto del blocco fotogrammetrico.

Fig. 4 - Rilievo Laser Scanner Terrestre in un campione di foresta (a) e relativa nuvola di punti in cui sono stati identificati gli alberi (b).



Inoltre per quanto riguarda l'ortofoto alcuni problemi di blurring sono stati causati dallo spostamento delle cime degli alberi dovuto al vento.

### Integrazione con dati Laser scanner terrestri

L'uso pianificato della risorsa forestale basata sull'inventario è una procedura chiave sia per lo sfruttamento economico della stessa sia per la conservazione naturalista dell'ecosistema forestale. La raccolta sul campo delle informazioni riguardanti le caratteristiche di un determinato bosco sono la base per una pianificazione di questo genere. L'assortimento di una foresta è un sistema complesso e i parametri che lo caratterizzano sono generalmente molto vari. Al fine di avere un esaustivo inventario della foresta è necessario avere una accurata conoscenza delle piante presenti. Gli alberi possono essere definiti con diversi parametri (diametro alla base, Altezza, diametro della chioma ecc.) tuttavia dato l'alto numero di alberi presenti in una foresta sarebbe improduttivo misurare le caratteristiche di ogni singolo albero, ma in genere vengono eseguite delle misure a campione. La metodologia utilizzata in SLOPE per la raccolta delle informazioni sul campo deriva da una tecnica già utilizzata dal partner Treemetrics ([www.treemetrics.com](http://www.treemetrics.com)) e che si basa sulla misurazione di alcune ben definite zone campione all'interno del bosco in esame. Questo metodo è più efficiente rispetto alla semplice misurazione di campioni estratti in maniera random. Tuttavia questa tecnica richiede la conoscenza a priori della foresta per la definizione di come le diversi possibili campioni sono distribuiti all'interno della zona. L'analisi dei dati ad alta risoluzione, acquisiti trami-

te UAV, è un valido supporto nella definizione a priori della localizzazione dei diversi campioni.

Le tecniche d'inventario basate sulla relazione tra altezza e diametro di base misurati generalmente sono poco accurate specialmente per quanto riguarda la stima del valore commerciale. Il laser scanner terrestre è uno strumento non distruttivo che consente una rapida e precisa ricostruzione in una nuvola di punti 3D della scena. Il software di rilievo forestale sviluppato da treemetrics permette di estrarre da una nuvola laser la posizione delle piante e i parametri dendrometrici (diametri a varie altezze, asse etc. fig. 4).

Dal modello 3D è possibile estrarre il DBH e la posizione relativa della pianta con accuratezza rispettivamente di 5 e 1.7 cm Simonse et al. (2003). Una limitazione del laser scanner terrestre in questo tipo di applicazioni è legata al fatto che risulta praticamente impossibile rilevare l'estremità delle piante e quindi la loro altezza, al momento quindi l'altezza viene misurata con tecniche manuali e poi associata in post-produzione al dato estratto dalla nuvola laser. Questo aumenta i tempi di rilievo sul campo e può essere, quindi, in genere soggetto a errori o omissioni da parte dell'operatore.

Il progetto SLOPE ha integrato i dati Laser Scanner con il DSM e il DHM ottenuto dai rilievi aerei UAV al fine di determinare in maniera più veloce le altezze delle piante rilevate. I passi per ottenere questo risultato sono:

- ▶ Individuazione delle sommità piante nel DHM o nell'ortofoto.
- ▶ Registrazione delle posizioni delle piante rilevate tramite laser scanner con le posizioni

delle piante individuate dai dati UAV.

- ▶ Associazione dell'altezza del DHM alla pianta modellata tramite laser scanner.

Un altro possibile miglioramento analizzato in SLOPE è la possibilità di estendere per inferenza le caratteristiche derivate dai campioni rilevati con laser scanner all'intero bosco, utilizzando alcuni parametri estratti dai dati UAV.

### Il modello tridimensionale della foresta

L'insieme del DHM, delle ortofoto e dei modelli laser scanner consentirà la generazione di un modello digitale tridimensionale della foresta, in cui ogni albero sarà caratterizzato da un elemento geometrico definito in base ai parametri rilevati (fig. 5). Naturalmente per gli alberi rilevati anche da terra i parametri saranno quelli reali misurati mentre, per gli alberi non direttamente rilevati da terra, queste informazioni saranno ottenute per generalizzazione delle informazioni campione.

Il modello digitale della foresta ottenuto servirà come base per la pianificazione delle operazioni e per la stima dell'assortimento

estraibile durante il raccolto.

La piattaforma SLOPE per la fruizione delle informazioni è basata su un sistema di visualizzazione geografica tridimensionale (virtual globe) (De Amicis et al 2011) che accede sia alle informazioni geometriche degli alberi sia ai dati dell'inventario forestale (fig 5). Inoltre il sistema consentirà la visualizzazione di informazioni georeferenziate quali: strade di accesso, piazzole di raccolta del materiale, informazioni catastali etc.

### Conclusioni

Un' accurata stima delle risorse di un bosco è di sicuro interesse sia per i proprietari sia per le aziende che si occupano di estrazione e lavorazione del legname. Misure a campione delle inventario fore-

stale sono eseguite con tecnologia Laser Scanner Terrestre e sulla base di queste sono derivati i parametri per tutta la zona di interesse.

Il rapido sviluppo delle tecnologie UAV/RPAS apre interessanti scenari sia per la riduzione dei tempi sia per il miglioramento nella stima dei parametri dell'inventario forestale.

L'uso combinato di queste due tecnologie consentirà la realizzazione di un modello digitale della foresta tridimensionale in cui sia possibile pianificare il raccolto e simulare le operazioni di campagna, che specialmente nelle zone di montagna, richiedono l'impiego di particolari tecnologie come le teleferiche.



Fig. 5 - Visualizzazione del modello digitale della foresta, nel client 3D.

### RINGRAZIAMENTI

Il progetto SLOPE ha ricevuto finanziamenti all'interno del 7 programma quadro dell'Unione Europea. Gli autori sono i soli responsabili di questo lavoro. L'unione Europea non è in alcun modo responsabile dell'uso che potrebbe essere fatto delle informazioni contenute in questo articolo.

Si ringraziano i custodi forestali del comune di Sover (TN) per il supporto durante le operazioni di rilievo.

### BIBLIOGRAFIA

- Horcher, A. and Visser R.J.M. (2004): Unmanned Aerial Vehicles: Applications for Natural Resource Management and Monitoring.- COFE (Council on Forest Engineering) Annual Meeting 2004, Proceedings.
- Simonse M., Aschoff T., Spiecker H. and Thies M., 2003. Automatic determination of forest inventory parameters using terrestrial laserscanning. In: Proc. of the ScandLaser Scientific Workshop on Airborne Laser Scanning of Forests, Umea, Sweden, pp. 251-257. Available online at [http://www.natscan.uni-freiburg.de/suite/pdf/030916\\_1642\\_1.pdf](http://www.natscan.uni-freiburg.de/suite/pdf/030916_1642_1.pdf). Last accessed 28 January 2011.
- R. de Amicis, G. Conti, S. Piffer and F. Prandi. "SERVICE ORIENTED COMPUT-

ING FOR AMBIENT INTELLIGENCE TO SUPPORT MANAGEMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURES", Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2011

### PAROLE CHIAVE

UAV; PIANIFICAZIONE FORESTALE; SLOPE

### ABSTRACT

The project SLOPE will integrate information from, UAV and on-field surveying systems, to support macro and local analysis to characterize the forest resources. Spatial information will integrate data in a model for optimization of logistics during forest operations.

### AUTORE

FEDERICO PRANDI, FEDERICO.PRANDI@GRAPHITECH.IT,  
RAFFAELE DE AMICIS, RAFFAELE.DE.AMICIS@GRAPHITECH.IT  
DANIELE MAGLIOCCHETTI, DANIELE.MAGLIOCCHETTI@GRAPHITECH.IT  
FONDAZIONE GRAPHITECH TRENTO