

## Utilizzo integrato della fotogrammetria da SAPR con dati Sentinel-2 per la caratterizzazione degli individui arborei

Samuele De Petris <sup>(a)</sup>, Roberta Berretti <sup>(a)</sup>, Luigi Perotti <sup>(b)</sup>,  
Enrico Borgogno-Mondino <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> DISAFA – Dipartimento di scienze agrarie, forestali e alimentari. Università degli studi di Torino, Largo Paolo Braccini 2, 10095 Grugliasco (TO). [samuele.depétris@edu.unito.it](mailto:samuele.depétris@edu.unito.it), [roberta.berretti@unito.it](mailto:roberta.berretti@unito.it), [enrico.borgogno@unito.it](mailto:enrico.borgogno@unito.it)

<sup>(b)</sup> DST – Dipartimento di scienze della terra. Università degli studi di Torino, Via Valperga Caluso, 35 - 10125 Torino. [luigi.perotti@unito.it](mailto:luigi.perotti@unito.it)

Grazie all'introduzione dei SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto o comunemente droni), le applicazioni per il rilievo delle superfici vegetate si sono notevolmente arricchite, contando su tecnologie in grado di acquisire informazioni spettrali e geometriche su grandi estensioni territoriali. Soprattutto nel contesto forestale i droni, equipaggiati con opportuni sensori, possono fornire informazioni riguardo alle superfici indagate con un'elevata risoluzione geometrica. Nella fattispecie il rilievo fotogrammetrico delle superfici osservate apre scenari inediti in gran parte legati alla possibilità di misurare parametri morfometrici e strutturali di gruppi di alberi o di singoli soggetti arborei. Inoltre, l'attuale disponibilità di sensoristica multispettrale a basso costo e la contemporanea accessibilità gratuita ad archivi di immagini satellitari ad medio-alta risoluzione geometrica (es. Copernicus Sentinel 2 A/B) consente di ipotizzare scenari di utilizzo integrato in cui l'informazione spettrale, anche a risoluzioni significativamente più basse di quelle che la fotogrammetria da SAPR consente, determina una più completa conoscenza delle caratteristiche dei soggetti arborei osservati.

In questo lavoro viene presentata una proposta metodologica basata sull'integrazione di un rilievo e processamento fotogrammetrico di immagini da SAPR con dati satellitari ottici multispettrali Sentinel 2 finalizzata alla caratterizzazione di singoli individui arborei in ottica selvicolturale e arboricoltura. Individuando come area di studio una porzione di circa 13 ha del Parco Naturale Regionale La Mandria (Torino), con la collaborazione del personale tecnico del Parco, si è proceduto ad una rigorosa pianificazione del sorvolo, tale da garantire i requisiti di precisione necessari all'applicazione prevista. L'acquisizione è stata effettuata con SAPR *DJI Phantom 4* equipaggiato con camera RGB integrata a 12.4 Megapixel volando a una quota relativa media di 90 m, garantendo un ricoprimento longitudinale dell'93% e laterale del 85% tra i fotogrammi e determinando così una risoluzione geometrica media delle immagini di 3 cm. L'orientamento del blocco fotogrammetrico e la restituzione della nuvola di punti corrispondente sono stati eseguiti avvalendosi del software *AGISOFT Photoscan v. 1.2.4*. La nuvola

di punti è stata successivamente esportata nel formato *.LAS*, tipico delle nuvole di punti da sistemi ALS (*Aerial Laser Scanner*), per essere successivamente elaborata tramite librerie *LAStools*. Dopo una operazione di filtratura (eliminazione degli *outliers* tramite filtro mediano), è stato derivato il corrispondente DSM (*Digital Surface Model*) con passo 10 cm dal quale, per confronto tramite differenza matriciale con il DTM (*Digital Terrain Model*) ICE, liberamente ottenibile dal geoportale della Regione Piemonte sovra campionato con metodo Bilineare (GSD = 10cm), è stato ottenuto il corrispondente CHM o modello digitale delle chiome (*Canopy Height Model*). Il CHM ha poi costituito la base informativa per l'interpretazione di alcuni parametri dendrometrici, la cui consistenza numerica rispetto ai dati di campo è stata verificata sulla base di osservazioni a terra a livello del singolo individuo ottenute tramite sistema di rilevamento "*Field-Map + Trupulse*". A partire dal CHM si è proceduto all'estrazione di alcuni parametri dendrometrici utili per la caratterizzazione dei singoli alberi con tecniche di processamento object-based tipici della segmentazione di immagini. I parametri ottenibili si basano sul preventivo isolamento delle chiome (interpretate come oggetti dal segmentatore); l'algoritmo utilizzato per la segmentazione è stato di tipo *watershed*. Successivamente, per ogni oggetto identificato dal segmentatore sono state calcolate le statistiche zonali di massimo, minimo dei valori dei pixel di CHM in essi contenuti. I poligoni potenzialmente associabili alle chiome di singoli alberi sono stati isolati basandosi su una duplice sogliatura. La prima eliminando i poligoni con altezza massima < 3m; La seconda eliminando tutti i poligoni con area < 4m<sup>2</sup>. Per i poligoni selezionati si è poi proceduto: a) all'individuazione del valore e della posizione del massimo locale di altezza; b) diametro massimo; c) altezza minima; d) volume; e) area di insidenza della chioma. Tali valori costituiscono delle misure dirette che si propongono in alternativa ai più tradizionali metodi di rilievo indiretto dei parametri di chioma che notoriamente soffrono di incertezze spesso non note. Con la tecnica fotogrammetrica oltre ad averne una descrizione più completa e diretta, è possibile anche stimarne l'incertezza, garantendo che anche l'incertezza di eventuali successive stime indirette di cui esse siano predittori (es. diametro a 1,3 m e biomassa) sia misurabile. Inoltre, l'acquisizione aerea garantisce unitarietà e contemporaneità delle misure, efficientando i tempi di rilievo soprattutto laddove si operi su estese superfici boscate con conseguente riduzione dei costi. Tali valutazioni sono state poi integrate con misure multispettrali operate da dati Sentinel 2, permettendo l'esplorazione delle caratteristiche di specie e vigore attraverso l'analisi sia delle firme spettrali che di indici spettrali di tipo sintetico (NDVI, EVI, etc.).

Il metodo proposto trova applicazioni sia in campo selvicolturale, per il rilievo di dati inventariali, sia in campo arboricolturale e in particolare nel contesto ornamentale, in quanto i parametri rilevati possono essere usati come dati di input per modelli di valutazione/gestione del rischio di caduta alberi, soprattutto in contesti estensivi.