



UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240



Dissertazione finale del Master in Geomatica

A.A. 2024/2025

3 marzo 2026

Dott. Lorenzo Agostinelli

Definizione di un protocollo operativo per il rilievo laser scanner e la restituzione ortofotografica di una pista ciclabile

Sede di stage: Monitor The Planet S.R.L.

Il progetto ha previsto l'integrazione di diverse tecniche di rilievo e di elaborazione dei dati, comprendenti acquisizioni laser scanner terrestre, rilievo fotogrammetrico da drone e successive fasi di post-processing e restituzione grafica. L'analisi dei risultati si è concentrata sia sulla qualità interna dei dataset prodotti, sia sulla loro coerenza reciproca, con particolare attenzione ai limiti legati all'assenza di punti di controllo a terra (GCP), che non sono stati potuti prendere a causa del maltempo e la loro acquisizione è stata posticipata.

Per quanto riguarda il rilievo laser scanner, nonostante l'impiego di un sistema caratterizzato da elevate prestazioni strumentali, comprensivo di sensore LiDAR a precisione millimetrica e unità GNSS/IMU di classe topografica, la sola coerenza interna della nuvola di punti non consente di valutare l'accuratezza assoluta del modello rispetto al sistema di riferimento reale. È infatti possibile ottenere una nuvola geometricamente continua, stabile e priva di disallineamenti locali, ma globalmente traslata o ruotata nello spazio a causa di errori sistematici residui (bias), derivanti da incertezze nella soluzione GNSS, nella calibrazione del lever arm o nell'orientamento dell'unità inerziale. In assenza di GCP, tali scostamenti non sono direttamente rilevabili e non consentono di dichiarare accuratèzze assolute centimetriche in modo scientificamente dimostrabile. Alla luce delle condizioni operative e della scala di restituzione 1:200, una stima prudenziale dell'accuratezza planimetrica assoluta compresa tra 3 e 5 cm risulta coerente con la letteratura tecnica e la pratica professionale.

L'analisi delle misure inerziali evidenzia un comportamento regolare dell'IMU, con assenza di picchi significativi nelle componenti di accelerazione e rotazione lungo gli assi solidali allo strumento. Analogamente, l'analisi dei grafici GNSS nelle componenti North, East e Up mostra una soluzione di posizionamento stabile e continua, con oscillazioni fisiologiche soprattutto lungo la componente verticale, coerenti con le caratteristiche del posizionamento GNSS in modalità cinematica.

Il report di ottimizzazione della traiettoria conferma una corretta convergenza del modello di integrazione GNSS/IMU/LiDAR, pur non escludendo la presenza di errori sistematici residui in assenza di controlli esterni.

Per quanto riguarda il rilievo fotogrammetrico da drone, l'elaborazione delle 53 immagini nadirali in Agisoft Metashape ha prodotto un modello internamente coerente, come dimostrato dai bassi errori di ri-proiezione, dall'elevato numero di tie points e dalla stabilità delle posizioni stimate delle camere. La calibrazione della fotocamera presenta valori contenuti dei parametri di distorsione radiale e tangenziale, con residui minimi, a conferma della buona qualità geometrica del modello. L'ortofoto ottenuta risulta correttamente georeferenziata dal punto di vista relativo, ma, analogamente al rilievo laser



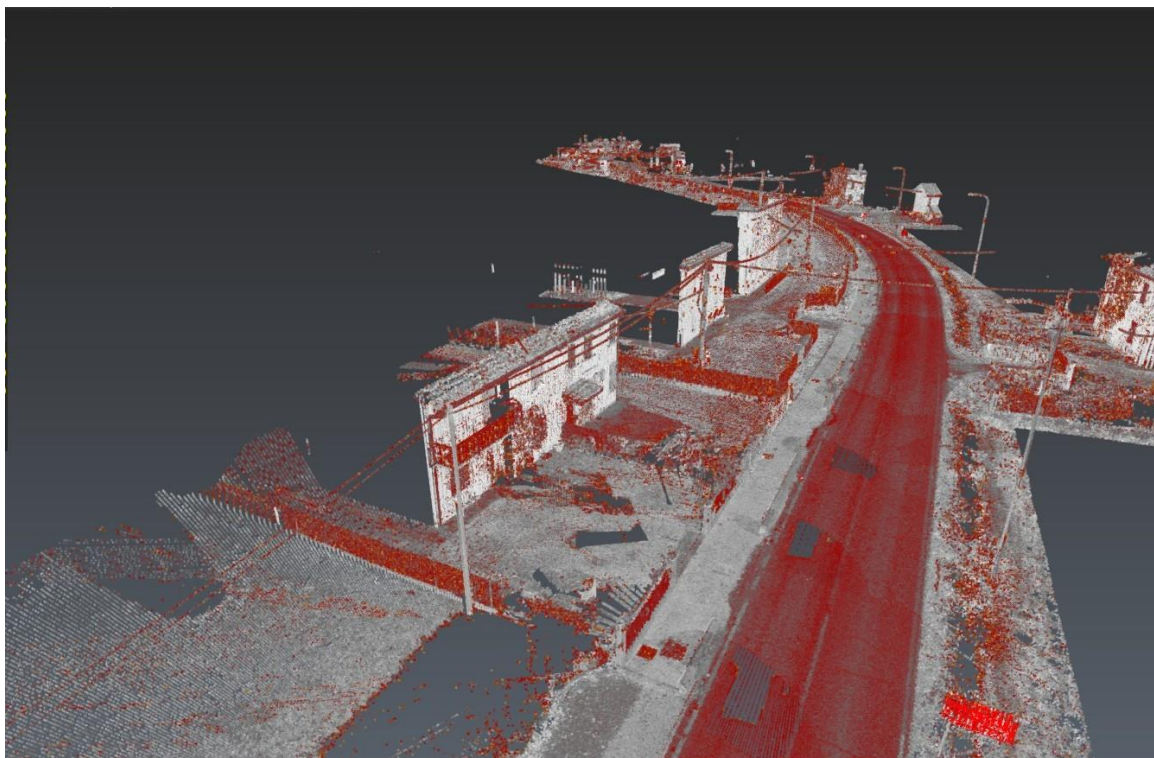
**UNIVERSITÀ
DI SIENA**
1240

CGT
SAN GIOVANNI
VALDARNO

scanner, non è possibile stimarne l'accuratezza assoluta in assenza di GCP, rendendo il prodotto idoneo principalmente per analisi relative e confronti geometrici.

La fase finale del lavoro ha previsto l'elaborazione e la restituzione grafica dei dati in ambiente xPad e AutoCAD. Gli elementi oggetto dell'intervento sono stati estratti dalla nuvola di punti mediante la restituzione di linee e punti, successivamente esportati in formato DWG e rifiniti in AutoCAD. A ciascun elemento è stato assegnato un layer dedicato e una quota altimetrica, al fine di migliorare la leggibilità e l'organizzazione del disegno. La sovrapposizione degli elaborati vettoriali con l'ortofoto ha evidenziato una sostanziale coerenza tra le due fonti di rilievo, pur in presenza di scostamenti locali dell'ordine di alcuni centimetri, attribuibili principalmente all'assenza di punti di controllo a terra.

Nel complesso, il workflow adottato ha permesso di ottenere un dataset integrato e coerente, adeguato allo scopo del progetto, ovvero fornire un supporto conoscitivo e visivo alla progettazione dell'intervento di ampliamento della pista ciclabile. Pur nei limiti legati all'accuratezza assoluta, i risultati garantiscono un'elevata qualità relativa e una rappresentazione affidabile dello stato di fatto, idonea alle successive fasi progettuali.





UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240

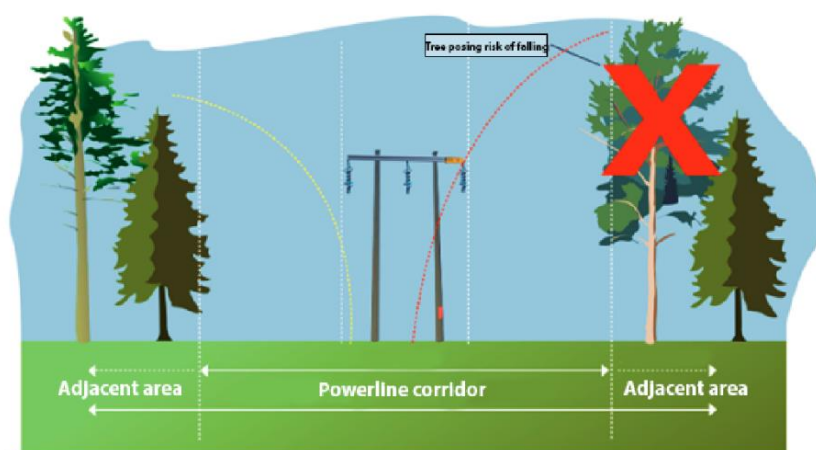
CGT
SAN GIOVANNI
VALDARNO

Dott. Gianmaria Brianese

Vegetation Hazard Assessment in Power Lines: from LiDAR to GIS

sede di stage: LTS Land Technology & Services srl

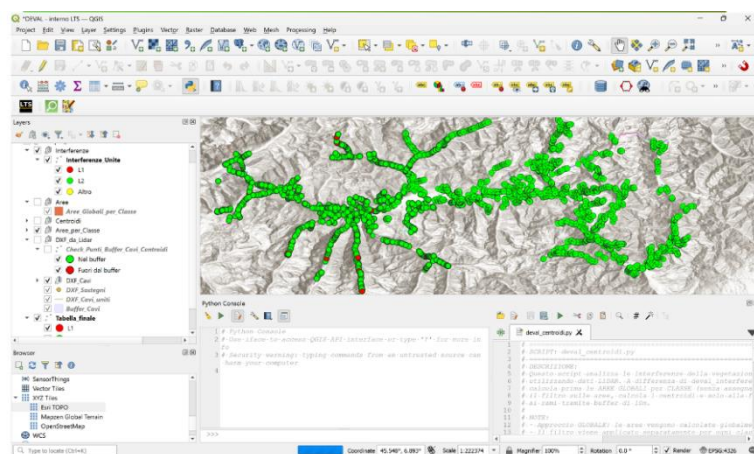
Questo report documenta le metodologie e i risultati di due progetti incentrati sull'automazione della valutazione dei rischi legati alla vegetazione lungo i corridoi delle linee elettriche, condotti durante uno stage presso LTS Land Technology & Services S.r.l. Il lavoro affronta i limiti della tradizionale analisi GIS manuale, che è laboriosa, soggetta a errori dell'operatore e scarsamente scalabile su reti che si estendono per centinaia di chilometri.



Sono stati sviluppati due flussi di lavoro PyQGIS semi-automatizzati distinti per elaborare le caratteristiche dei punti di interferenza della vegetazione derivati dal LiDAR per due gestori di sistemi di distribuzione italiani. Il primo, applicato a una rete regionale di circa 550 km che attraversa un terreno prevalentemente pianeggiante, implementa una metodologia span-by-span in cui le caratteristiche dei punti di interferenza sono assegnate ai singoli span tramite un buffer euclideo di 6 m e Spatial Join con il predicato CONTAINS. Il secondo, sviluppato per una rete di distribuzione alpina ramificata di circa 850 km, implementa un paradigma di analisi geospaziale basato sugli oggetti: circa 9,5 milioni di singole caratteristiche dei punti di interferenza sono aggregate in circa 6.500 oggetti discreti di "macchie" vegetative attraverso il clustering morfologico

buffer-dissolve, che vengono poi assegnati a più rami della rete tramite uno Spatial Join uno-a-molti con il predicato INTERSECTS. Questo ha consentito una gestione robusta dei pericoli in zone di giunzione complesse.

Le pipeline automatizzate hanno consentito una riduzione di circa il 70% dei tempi di elaborazione, una maggiore standardizzazione e una migliore qualità dei dati, riducendo al minimo gli errori manuali.





UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240

CGT
SAN GIOVANNI
VALDARNO

Dott. Marcello Perillo

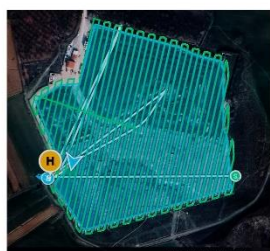
Analisi termografica multitemporale tramite UAV della discarica per rifiuti non pericolosi di Cerro Tanaro (AT)

sede di stage: Monitor The Planet S.R.L.

Il presente studio analizza il comportamento termico superficiale di una discarica mediante rilievi termici effettuati con drone, con l'obiettivo di individuare anomalie potenzialmente correlate all'innesco di incendi e di costruire un quadro interpretativo utile a futuri monitoraggi. L'analisi di cinque campagne di rilievo tra il 2023 e il 2025, integrata mediante mappe di differenza termica e indicatori statistici, ha permesso di distinguere anomalie interne ai bacini attivi, correlate ai cumuli di rifiuti e allo spessore della copertura, e anomalie perimetrali ricorrenti, indipendenti dalle attività di conferimento.

Le tracce termiche di elementi infrastrutturali tipici risultano chiaramente distinguibili dagli hotspot critici mediante analisi morfologica. Le condizioni ambientali non ottimali influenzano la lettura delle variazioni termiche contenute, ma non compromettono l'individuazione dei picchi di temperatura. I bacini mostrano comportamenti termici dipendenti dallo stato di attività, mentre le superfici di copertura presentano risposte differenziate: strade asfaltate e sterrate risultano più sensibili agli sbalzi termici, la vegetazione esercita un effetto mitigativo, mentre le coperture sintetiche mostrano un comportamento più stabile e coerente, configurandosi come superfici di maggiore interesse per l'individuazione di potenziali condizioni di innesco. Lo studio evidenzia infine l'importanza del collaudo sul campo delle maschere di campionamento per garantire l'affidabilità complessiva dell'analisi.

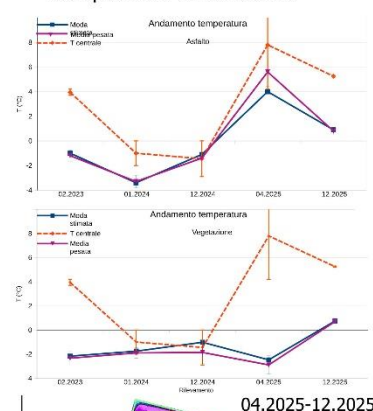
Thermal scan by drone



Extraction by mask

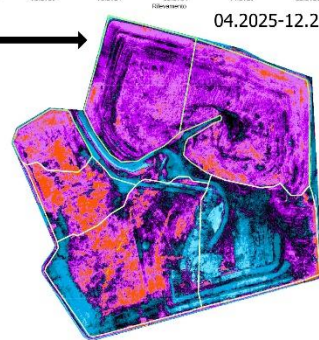
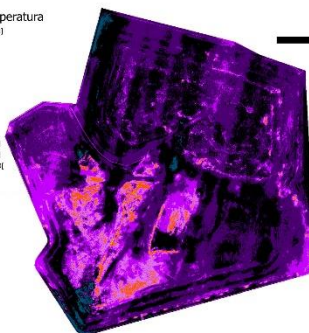
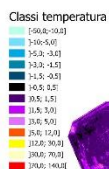
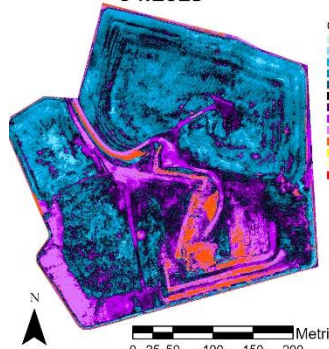


Comparison of surfaces



Variation through time

04.2025 → 12.2025





UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240

CGT
SAN GIOVANNI
VALDARNO

Dott. Davide Rossi

Rilievi GNSS ed elaborazione GIS per la mappatura dei sentieri artici: Applicazione in Groenlandia

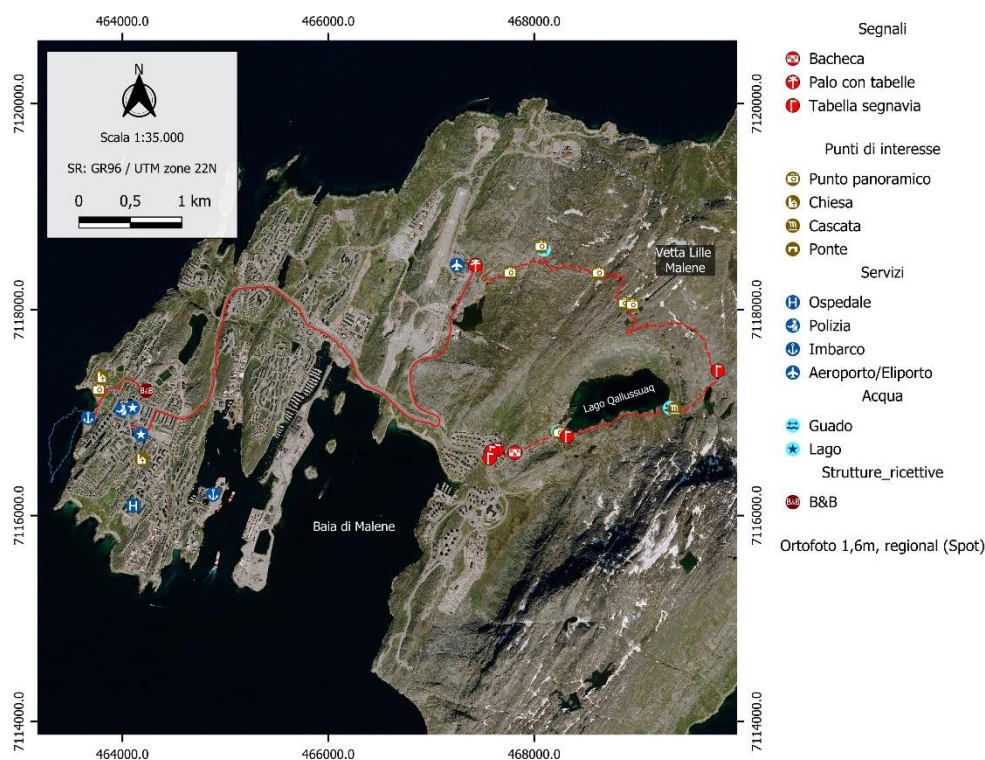
sede di stage: GPS Brianza

Il lavoro qui descritto documenta l'intero workflow necessario per realizzare un WebGIS di sentieri e percorsi turistici partendo da dati acquisiti con strumentazione GPS GNSS sul campo. Lo schema di lavoro è stato applicato alla spedizione "ISLANDA-GROENLANDIA 2025", che ha avuto come coordinatore scientifico l'Ing. Meroni Giorgio del team di GPSBRIANZA, in collaborazione con l'associazione RIPARTIAMO.

L'obiettivo principale della ricerca è stato il rilievo di precisione in ambienti subartici e artici, finalizzato alla creazione di un WebGIS per la consultazione e la diffusione di tali dati.

La fase di acquisizione in campo ha visto l'impiego del software QField collegato al ricevitore GNSS Trimble Catalyst, che ha permesso la digitalizzazione dei dati spaziali direttamente su dispositivi mobile, garantendo la sincronizzazione tra il posizionamento GNSS e il database specifico creato per la spedizione. Successivamente, i dati sono stati elaborati con l'utilizzo del software QGIS, utilizzato per la post-elaborazione delle tracce, per la validazione topologica e per la gestione del database geografico, sfruttando le capacità analitiche del software per l'integrazione di dati raster e vettoriali.

La parte finale dello studio si è concentrata sulla pubblicazione dei risultati attraverso una piattaforma WebGIS interattiva. Tale passaggio ha permesso di rendere fruibili i percorsi e i rilievi della spedizione, dimostrando l'efficacia dell'integrazione tra strumenti mobile-GIS e desktop-GIS per la documentazione cartografica in contesti ambientali anche estremi.





UNIVERSITÀ
DI SIENA
1240



Dott. Francesco Rosso

Sviluppo di una piattaforma WebGIS per il monitoraggio ambientale e descrizione della metodologia sviluppata per il censimento arboreo da immagini multispettrali acquisite con APR

sede di stage: Co.R.In.Te.A.

Il presente elaborato descrive le attività svolte nell'ambito di un tirocinio formativo articolato su due progetti complementari, entrambi orientati allo sviluppo e all'applicazione di strumenti GIS avanzati per il monitoraggio ambientale e la gestione del territorio.

Il Progetto 1 – “SMART-GUARD” ha riguardato la progettazione e l'implementazione di una piattaforma digitale integrata a supporto della gestione di rischi naturali in contesti territoriali pilota, con particolare riferimento al monitoraggio degli

incendi boschivi in Val di Susa (Piemonte). Il sistema, concepito come Decision Support System (DSS) modulare, si basa su un'architettura WebGIS multi-componente sviluppata mediante stack Docker (PostgreSQL/PostGIS, FastAPI, Nginx), che integra: (a) acquisizione automatica di dati meteorologici da rete ARPA Piemonte tramite API pubbliche, con persistenza in serie storica; (b) calcolo operativo del Fire Weather Index (FWI) secondo il Canadian Forest Fire Weather Index System, con adattamento delle soglie di pericolosità al contesto regionale; (c) aggregazione spaziale dell'indice FWI su area di interesse mediante

pesatura multi-criterio (contributi spaziali IDW, altimetrici gaussiani, qualitativi); (d) WebGIS di tracking real-time per volontari Antincendio Boschivo (AIB) e mezzi operativi, basato su acquisizione GPS tramite Bot Telegram e canali digitali, con gestione ruoli utente e dashboard amministrativa. La piattaforma consente la visualizzazione cartografica e temporale degli indici di pericolosità su finestre configurabili (24h, 48h, 7 giorni) e supporta l'integrazione futura con reti di monitoraggio dedicate e sistemi di simulazione della propagazione dell'incendio (ROS, Rate of Spread).

Il Progetto 2 – “Censimento arboreo da Aeromobili a Pilotaggio Remoto (APR)” si è focalizzato sulla ricostruzione automatizzata di variabili dendrometriche a scala di singolo albero a partire da rilievi APR multispettrali ad alta risoluzione (GSD 5 cm), operando in modalità inversa rispetto a un dataset di Ground Truth georeferenziato (340 alberi, 39 specie, 86 features per albero). Il workflow integra prodotti fotogrammetrici Structure-from-Motion (DSM, DTM, CHM, ortomosaici RGB



e multispettrali a 4 bande: Green, Red, RedEdge, NIR) ed è implementato in un plugin QGIS dedicato (TreeCrownPlugin) strutturato in quattro moduli funzionali: (1) preprocessing e allineamento geometrico raster mediante GDAL Warp; (2) segmentazione delle chiome tramite tre metodi alternativi data-driven (Metodo B: CHM-based watershed; Metodo C: Pseudo-CHM radiometrico da indici spettrali e texture GLCM; Metodo D: RGB-based con filtri colorimetrici ensemble ExG/ExGR/CIVE); (3) classificazione tassonomica multi-criterio pesata su cinque componenti (similitudine spettrale 40%, indici vegetazione 30%, altezza 15%, diametro chioma 10%, morfometria 5%), con gestione esplicita dell'incertezza tramite soglia di confidenza (0.60) e classe "Unknown"; (4) validazione quantitativa su Ground Truth mediante matching spaziale nearest-neighbor e Grid Search esaustivo per ottimizzazione parametrica (225 configurazioni testate per metodo, protocollo multi-area con validazione incrementale A→B→C per trasferibilità geografica).

I risultati del Progetto 2 evidenziano criticità prestazionali severe: il modulo di detection ottiene F1-score massimo 0.143 (Area B, Metodo B), significativamente inferiore

agli standard operativi (target F1 > 0.60). Tale risultato è attribuibile a una combinazione di qualità non uniforme del CHM, parametrizzazione non ottimale del watershed e possibile eccessiva restrittività del criterio di matching spaziale. La classificazione fine a 39 specie risulta impraticabile con approccio multi-criterio pesato (Overall Accuracy massima 5.9%), confermando i limiti del contenuto informativo di sensori multispettrali a 4 bande nella discriminazione inter-specifica elevata. Tuttavia, l'implementazione di un classificatore Random Forest binario per discriminazione Conifere/Latifoglie ha dimostrato una separabilità gerarchica robusta (Accuracy 88.15%, ROC-AUC 0.927 su test set indipendente), evidenziando la fattibilità della classificazione funzionale anche con sensori entry-level.

Nel complesso, il lavoro fornisce: (a) un sistema WebGIS operativo per monitoraggio rischio incendi con integrazione FWI e tracking AIB, trasferibile a contesti analoghi; (b) un plugin QGIS modulare e open-source per censimenti arborei da APR, con architettura estensibile e validazione quantitativa integrata; (c) evidenza documentata su vincoli operativi realistici del telerilevamento forestale da APR multispettrale a basso costo (importanza critica qualità CHM, necessità aggregazione tassonomica gerarchica, requisiti campionari Ground Truth), orientando sviluppi futuri verso strategie evidence-based.

