



SAR GEOMATICS AI

Guida Scientifica — Science V4.0

Sistema di Supporto Decisionale per Operazioni di Ricerca e Soccorso
Analisi Geospaziale con DTM Reale · 16 Profili ISRID/NASAR · Tobler's Hiking Function

Versione	Science V4.0
Metodologia	Weighted Overlay Normalizzato + Dijkstra Temporale
Profili	16 profili comportamentali ISRID/NASAR
DTM	25m di risoluzione — Copernicus / TINITALY
Organizzazione	Rescue Drones Network ODV — Veneto
Sviluppatore	Giampaolo Fusato — RDN Veneto
Sito	www.sargeomatics.it

Questo documento e' destinato all'uso operativo delle squadre SAR autorizzate. Non sostituisce la valutazione del personale qualificato.

1. Il Modello Matematico

SAR Geomatics AI implementa un modello euristico avanzato di tipo **Weighted Overlay Normalizzato**, che integra tre livelli di analisi indipendenti fusi in un punteggio probabilistico per cella di griglia.

$$\text{Score} = ((\text{base_prob} \times \text{slope_factor}) + \text{SUM}(\text{boost})) / \text{max_theoretical_score} \times 100$$

1.1 Distance Decay

La probabilita base decade linearmente con la distanza dall'LKP (Ultimo Punto Noto). Secondo la regola NASAR, il 25% dei dispersi viene ritrovato entro il 25% del raggio teorico massimo. Il raggio e calcolato come **velocita_profilo x ore_trascorse**, con un limite di 8 km per garantire performance computazionali accettabili.

$$\text{base_prob} = 50 \times (1 - \text{dist} / \text{radius_max})$$

1.2 Normalizzazione Anti-Saturazione

I modelli additivi puri producono ampie zone rosse uniformi (saturazione). SAR Geomatics AI normalizza il punteggio rispetto al massimo teorico del profilo attivo: la priorit massima (rosso, >75%) viene assegnata solo ai punti di convergenza tattica reale, dove piu attrattori OSM si sovrappongono a condizioni di terreno favorevoli.

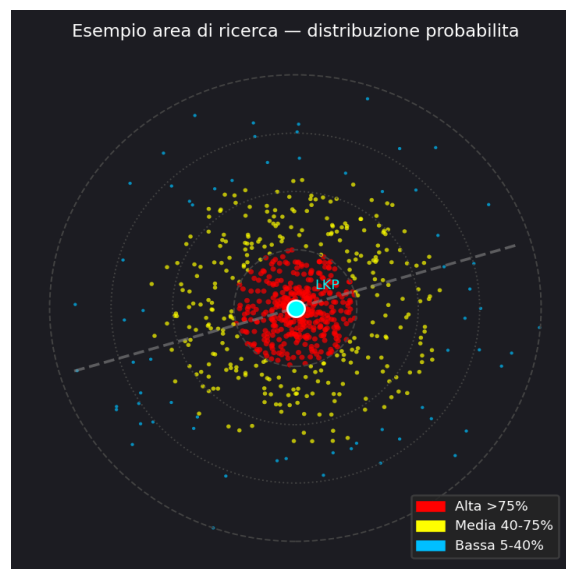


Fig. 1 — Esempio di distribuzione probabilistica simulata attorno all'LKP

2. Tobler's Hiking Function — Propagazione Temporale

Il cuore del motore topografico e un **algoritmo di Dijkstra temporale** che propaga la raggiungibilita non per distanza metrica ma per **tempo di percorrenza cumulato**. La velocita effettiva in ogni cella del DTM viene calcolata con la formula di Tobler (1993):

$$v = 6 \times \exp(-3.5 \times |\tan(\text{pendenza}) + 0.05|) \text{ km/h}$$

Questa funzione produce aree di ricerca **asimmetriche e realistiche**: piu estese nelle valli e lungo i fondovalle, fortemente compresse sui versanti ripidi e sulle creste. Il sistema calcola separatamente salita e discesa, con limiti fisiologici diversi per

ogni profilo.

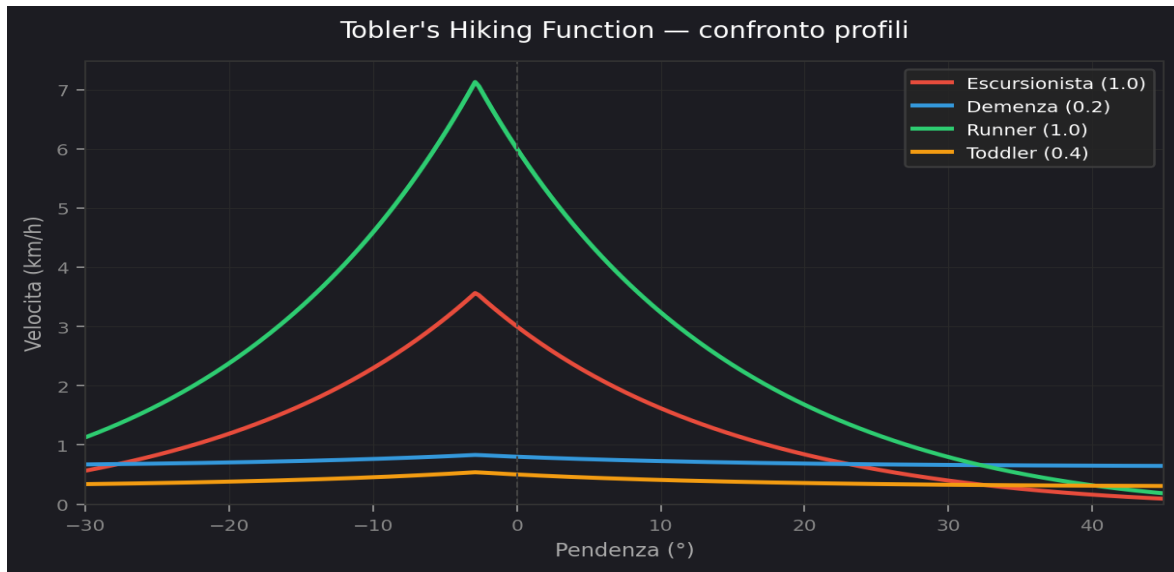


Fig. 2 — Tobler's Hiking Function: velocità effettiva in funzione della pendenza per diversi profili

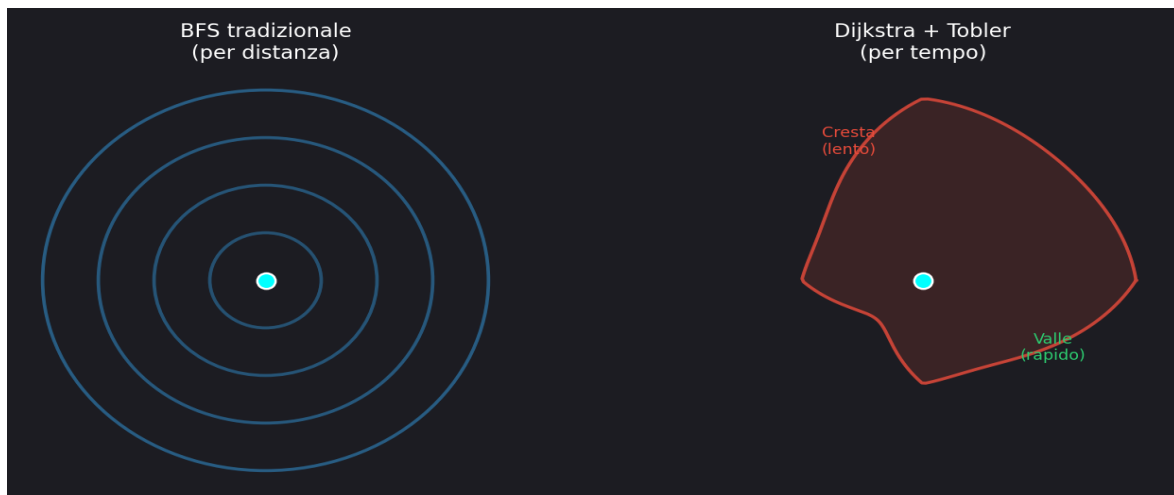


Fig. 3 — Confronto tra BFS tradizionale (raggio uniforme) e Dijkstra temporale (area asimmetrica)

2.1 Tobler Factor per Profilo

Non tutti i dispersi si muovono razionalmente. Il parametro **tobler_factor** (0.0-1.0) modula quanto la pendenza influenza effettivamente la velocità di spostamento:

Factor	Profili	Motivazione
1.0	Hiker, Hunter, Runner, Climber, Gatherer	Ottimizzano razionalmente il percorso in base alla pendenza
0.7-0.8	Despondent, School Age, Mental Illness	Parzialmente consapevoli della pendenza
0.3-0.4	Autism, Intellectual, Toddler, Preschool	Rallentano ma non ottimizzano — comportamento casuale
0.1-0.2	Dementia, Intoxicated	Quasi nessuna percezione della pendenza
0.0	Skier, Snowmobiler	Dinamiche non pedonali — velocità costante

3. Analisi Topografica del Terreno (DTM)

Il sistema utilizza un DTM reale a 25m di risoluzione (GeoTIFF), ritagliato dinamicamente sulla finestra di interesse e riproiettato automaticamente nel sistema UTM locale tramite PyProj.

Fattore	Metodo	Effetto
Pendenza	Gradiente NumPy sulla matrice elevazione	Penalita progressiva. Zone oltre i limiti fisiologici azzerate
Raggiungibilita	Dijkstra temporale + Tobler	Zone irraggiungibili nel tempo disponibile escluse
Barriere idriche	Analisi poligonale OSM (laghi, fiumi)	No-Go Zone assoluta. Le rive come attrattori per alcuni profili

Fonti DTM consigliate per l'Italia:

- Copernicus DEM GLO-30 — 30m, copertura globale, gratuito
- TINITALY DEM — 10m, copertura nazionale italiana, gratuito

4. Weighted Overlay OSM

Le feature geografiche vengono scaricate in tempo reale da OpenStreetMap tramite Overpass API e indicizzate con strutture **STRtree** per query spaziali $O(\log n)$. Per ogni punto della griglia viene calcolato un boost gaussiano rispetto alla feature più vicina:

$$\text{boost} = \text{weight} \times \exp(-0.5 \times (\text{distanza} / \text{sigma})^2)$$

Layer	Tag OSM	Funzione
highway	highway, power line, railway	Attrattore per profili che seguono vie di comunicazione
building	building	Attrattore per profili urbani (dementia, autism, bambini)
natural	peak, cliff, wood, scrub	Attrattore per profili outdoor e despondent
tourism	alpine_hut, viewpoint, info	Attrattore rifugi e punti di interesse alpini
amenity	shelter, parking, water	Attrattore servizi di base
landuse	forest, industrial, military	Attrattore (foresta) o repulsore (zone vietate)
barrier	wall, fence, gate	Repulsore — riduce probabilita nelle zone adiacenti
water_proximity	natural water, waterway	Attrattore fatale per toddler, autism, intoxicated

5. I 16 Profili Comportamentali ISRID

I parametri di ogni profilo sono calibrati sulle statistiche internazionali ISRID e sulle linee guida NASAR. Ogni profilo definisce velocita, limiti di pendenza, Tobler Factor e attrattori OSM specifici.

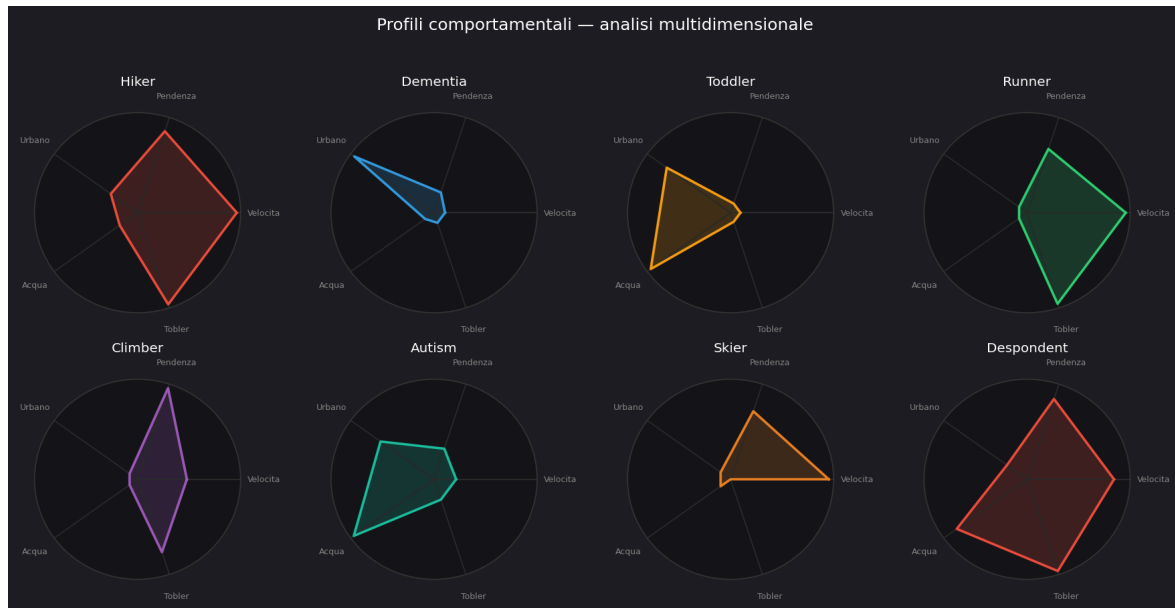


Fig. 4 — Analisi multidimensionale dei profili principali (Velocita, Tolleranza pendenza, Attrazione urbana, Attrazione acqua, Tobler Factor)

5.1 Stato Mentale e Condizioni Cliniche

Profilo	Velocita	Tobler	Comportamento chiave
Autismo	1.5 km/h	0.3	Wandering compulsivo. Forte attrazione per acqua e strutture artificiali
Demenza/Alzheimer	0.8 km/h	0.2	Pinball effect. Linea di minor resistenza. Si incastra nelle barriere
Dis. Intellettiva	1.2 km/h	0.3	Comportamento misto. Si rifugia vicino a edifici se spaventato
Malattia Mentale	2.8 km/h	0.6	Grandi distanze su vie di comunicazione. Evita le squadre SAR
Despondent	2.5 km/h	0.8	Cerca isolamento. Alta attrazione per zone impervie e acqua
Intossicato	1.0 km/h	0.1	Disorientamento severo. Spesso trovato vicino a strade o corsi d'acqua

5.2 Bambini

Profilo	Velocita	Tobler	Comportamento chiave
Toddler (1-3 anni)	0.5 km/h	0.4	Wandering casuale. Attrazione fatale per acqua. Ignora i sentieri
Preschool (4-6 anni)	1.0 km/h	0.4	Si nasconde vicino a ripari quando stanco o spaventato
School Age (7-12)	2.0 km/h	0.7	Track Following. Si perde cercando scorciatoie fuori dai sentieri

5.3 Attivita Outdoor

Profilo	Velocita	Tobler	Comportamento chiave
Escursionista	3.0 km/h	1.0	Goal Oriented. Segue sentieri, cerca rifugi e crinali
Cacciatore	3.5 km/h	1.0	Bushwhacking. Alta tolleranza pendenza. Attratto da vegetazione e acqua
Cercatore	0.8 km/h	0.9	Sguardo a terra annulla orientamento. Vaga in boschi evitando sentieri
Runner	6.0 km/h	1.0	Grandi distanze. Aderenza rigorosa a rete stradale e sentieristica
Alpinista	2.0 km/h	1.0	Tolleranza verticalita fino a 70 gradi. Pareti rocciose, cime, falesie

5.4 Attivita sulla Neve

Profilo	Velocita	Tobler	Comportamento chiave
Sciatore	5.0 km/h	0.0	Dinamiche non pedonali. Tende a rientrare verso piste e impianti
Motoslitta	15.0 km/h	0.0	Raggio enorme. Vincolato a orografia dolce e superfici innevate

6. Legenda e Uso Operativo

Colore	Probabilita	Priorita	Azione consigliata
ROSSO	> 75%	Priorita 1	Ricerca immediata con massima concentrazione di risorse
GIALLO	40-75%	Priorita 2	Ricerca sistematica non appena disponibili risorse aggiuntive
AZZURRO	5-40%	Priorita 3	Area di terra da coprire se le zone prioritarie risultano negative

Export Operativo

- **GPX** — Waypoint con probabilita >40% per dispositivi Garmin, SPOT, CalTopo
- **GeoJSON** — Aree poligonali bufferizzate (50m) per QGIS, ArcGIS, Avenza Maps

Questo strumento e' a supporto delle operazioni SAR e non sostituisce la valutazione operativa del personale qualificato.