

## **Realizzazione di cartografia di dettaglio di area franosa attraverso l'uso di UAV planante Sensefly e software innovativo APS per generare ortofoto, DSM e DTM**

Danilo Ballavita (\*), Leonardo Tolomei (\*\*), Annalisa Mazzitelli (\*\*\*)

(\*) RPA, Perugia, frazione Fontana, Strada del Colle 1/A, 075 518631

(\*\*) Menci Software srl, Loc. Tregozzano 87, 52100 Arezzo, 0575 383960

(\*\*\*) Libero professionista, Via Annibale Vecchi 66, 06123 Perugia, 0753722556

### **Riassunto**

Avere a disposizione dati cartografici/morfologici (DTM) affidabili e immediati è di fondamentale importanza nella risoluzione delle problematiche ambientali che rivestono carattere d'urgenza, come ad esempio quelle relative ad un movimento franoso. Per questo nel comune di Vibo Valentia, si è deciso di ricorrere all'utilizzo di un UAV, nello specifico un drone planante Swinglet CAM di Sensefly e di un software apposito, APS di Menci Software, per la gestione delle immagini provenienti dall'acquisizione a bassa quota. I risultati ottenuti, dagli ortofotomosaici alla cartografia restituita, sono sia dal punto di vista metrico che cartografico, qualitativamente paragonabili alle migliori tecnologie AFG comunemente utilizzate.

### **Abstract**

For the resolution of environmental issues with urgent nature it is crucial to have reliable and immediate results. For this reason, for the acquisition of spatial data associated with landslides in place in the municipality of Vibo Valentia, was used a UAV, specifically a drone planing Swinglet CAM of Sensefly and an appropriate software, APS Menci Software, for the management of the images coming from the acquisition at low altitude. The results obtained, orthophotomosaics and cartography, are qualitatively comparable to the technologies commonly used both from the point of view metric that cartographic.

### **Introduzione**

L'ingegneria per la risoluzione delle problematiche ambientali che rivestono carattere d'urgenza quale ad esempio quelle di un movimento franoso, richiede la disponibilità di dati conoscitivi che siano affidabili e disponibili nel più breve tempo possibile. L'aspra morfologia del territorio, unita all'urgenza della formazione di coperture orto fotografiche, cartografiche e morfologiche (DTM), di supporto alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza e di consolidamento, ha indotto a considerare e utilizzare una metodologia innovativa, che potesse fornire rapidità e affidabilità dei dati territoriali prodotti.

Per questo si è ricorso all'impiego di un drone ad ala fissa, dotato di opportuni sensori aFG per la acquisizione dei dati territoriali, associati ai movimenti franosi in atto nel comune di Vibo Valentia che, se pur interessando modeste superfici in zone puntuali e distanti, risultano fortemente impattanti.

L'obiettivo è stato raggiunto mediante l'utilizzo di tecnologie emergenti quali UFLy per la generazione automatica di modelli digitali del terreno ad alta risoluzione e per la generazione di ortofoto, in grado di processare grandi quantità di dati in tempi molto rapidi. Attraverso lo sviluppo di tecnologie software già consolidate in azienda, per Menci è stato possibile realizzare due software per la generazione di informazioni metriche dalle immagini provenienti da droni UAV sia

a rotore sia plananti e restituire un modello tridimensionale esatto dell'area ripresa. Il sistema di processamento dei dati è ad alto grado di automazione e di grande accuratezza metrica nella ricostruzione del profilo geometrico della superficie.

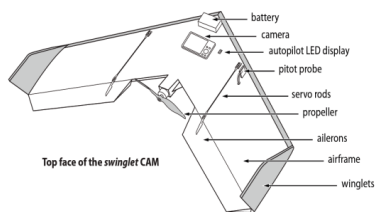
Le tecnologie emergenti per la loro economia di competenze d'uso, praticità e generale vantaggio in termini di risorse umane e finanziarie nella gestione degli stessi si pongono sempre più come supporto alle tecniche tradizionali per attività di rilievo territoriale di superfici non estese.

Il software APS messo a punto ha una grande efficienza operativa nella generazione delle mappe tridimensionali dell'ambiente. Sono state fatte sperimentazioni in ambienti di cave principalmente e frane, e si stanno ampliando le possibili casistiche applicative anche ai cantieri e pianificazione territoriale. Il caso di Vibo Valentia ne è un esempio.

### U-Fly di Menci Software

Il sistema U-Fly è un prodotto di alto contenuto tecnologico, progettato per l'acquisizione e la produzione di informazioni metriche tridimensionali nell'ambito del rilievo territoriale, ambientale, di siti di interesse storico, archeologico, culturale. La soluzione si compone di una parte hardware ed una software:

L'hardware è costituito da un drone UAV (*Figura 1*) (Unmanned Aerial Vehicles ovvero piccoli aerei senza pilota, controllati elettronicamente a distanza) planante Swinglet CAM di Sensefly, che funge da vettore per sostenere una camera digitale calibrata preposta all'acquisizione di immagini con criterio fotogrammetrico. L'UAV è radiocomandato da PC (*Figura 2*) tramite il software in dotazione (*e.motion*) ed è dotato delle apparecchiature di bordo (GPS, giroscopio, accelerometri, etc.) in grado di renderlo una piattaforma estremamente stabile, maneggevole e dai contenuti costi di esercizio.



*Figura 1. Drone UAV planante Swinglet CAM di Sensefly.*



*Figura 2. Drone UAV planante Swinglet CAM di Sensefly con PC.*

Il software APS che accompagna il drone UAV è una stazione di elaborazione fotogrammetrica automatizzata di ultima generazione che rappresenta l'innovativa soluzione tecnologica di Menci specializzata per la generazione di ortofoto, DTM, curve di livello e DSM, nonché per la generazione automatica di nuvole di punti a partire da immagini di prossimità realizzate da drone planante con GPS a bordo.

La praticità d'uso dello Swinglet ed il completo automatismo del software, rendono lo strumento Ufly interessante per molteplici situazioni di rilievo aereo a bassa quota, al fine di ottenere elaborati in scala 1:500.

### Caso applicativo

Il drone UAV planante Swinglet CAM di Sensefly è stato utilizzato per il rilievo fotogrammetrico di cinque aree soggette a movimenti franosi (*Figura 3*) tutte localizzate nel comune di Vibo Valentia denominate: 1 Vibo Valentia – 2 San Pietro di Bivona – 3 Piscopio – 4 Triparni – 5 Ex tracciato Ferrovie Calabro-Lucane.

Il territorio comunale di Vibo Valentia si sviluppa prevalentemente sull'altopiano costituente il prolungamento verso NE "dell'alto strutturale" rappresentato dal Massiccio di Monte Poro. Oltre metà del territorio comunale è costituita dal versante occidentale del rilievo, il quale presenta pendenze molto sostenute nella parte di monte, quindi prosegue verso il mare con pendenze generalmente decrescenti, fino a giungere ad una modesta pianura che giunge con debolissima pendenza al mare. Il denso reticolo fessurativo e/o il degrado prodotto dagli agenti meteorici alle rocce costituenti l'ossatura dei principali rilievi del territorio, rappresentano gli elementi predisponenti per fenomeni di erosione e movimenti franosi di varia tipologia.



Figura 3. Localizzazione delle aree in frana nel comune di Vibo Valentia: 1 Vibo Valentia – 2 San Pietro di Bivona – 3 Piscopio – 4 Triparni – 5 Ex tracciato Ferrovie Calabro-Lucane.



Figura 4. Perimetro dell'area di frana Vibo Valentia in rosso i GCP in blu il vertice IGM95.

L'area di maggior interesse per l'applicazione del drone UAV planante Swinglet CAM è quella riguardante la frana di Vibo Valentia (Figura 4) perché il blocco di fotogrammi acquisiti è il più esteso e pertanto più rilevante sia per la realizzazione del volo che per la generazione del modello morfologico.

La frana si trova sul versante a NW dell'abitato di Vibo Capoluogo, che si estende fra Contrada Buffetta (ad est) e Via Gallizzi (ad ovest), copre una superficie di circa 1.43 km quadrati ed è interessata da dislivelli superiori a 250 m tra la parte a valle e quella a monte. l'area è stata suddivisa in due ambiti principali per posizione geografica, tale suddivisione trova riscontro anche negli effetti del dissesto sulle strutture e infrastrutture esistenti: la zona denominata "Affaccio" corrisponde al settore occidentale, quella denominata "Cancello Rosso" al settore orientale.

### Fasi del progetto di ripresa

Per ciascuna area in esame le fasi del progetto di ripresa con il drone UAV sono state organizzate secondo il seguente schema:

- **in ufficio:** attraverso l'utilizzo di dati territoriali quali è stata studiata con dettaglio la morfologia del territorio, sono state analizzate le variazioni di quote sulla zona in frana e valutati i possibili punti di decollo/atterraggio per l'UAV che risulta il medesimo per tutti i voli sulla stessa area, situato in prossimità della quota più alta, ciò al fine di rispettare le condizioni di risoluzione richiesta.

Con il software in dotazione (*e.motion*) è stato stimato il numero di voli necessari per coprire l'area di interesse, si è proceduto quindi alla pianificazione vera e propria del volo impostando area, risoluzione, sovrapposizione laterale e longitudinale delle immagini.

Considerata la durata massima della batteria alla quota di 200 m, la copertura dell'intera area in frana è stata effettuata pianificando 3 voli (Figura 5).

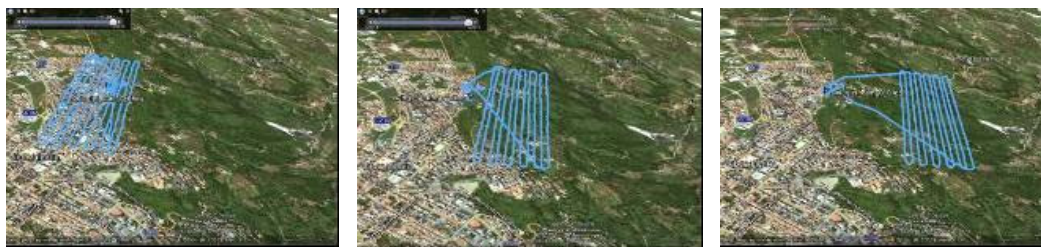


Figura 5. Esecuzione effettiva dei piani di volo sulla frana di Vibo Valentia.

- **in situ**: con il software in dotazione (*e.motion*) si trasferisce al drone UAV il piano di volo precedentemente programmato e si effettuano i controlli pre-volo.

Lo swinglet CAM esegue il piano di volo impostato dall'operatore e consente alla camera ad alta risoluzione di acquisire automaticamente le immagini tenendo in considerazione la sovrapposizione, la velocità del vento e la velocità di volo pianificati; i footprint delle immagini acquisite sono visualizzati in tempo reale sul PC dell'operatore costantemente per tutta la durata del volo in modo da avere il controllo visivo della copertura dell'area.

- **in ufficio**: si esamina in modo dettagliato ciascuna immagine acquisita al fine di scartare quelle che presentano vistosi effetti di "mosso"; attraverso il software in dotazione (*PostFlight Suite*) si procede quindi al geotag delle immagini con i relativi dati GPS-IMU.

Mediante il software APS di Menci Software si procede all'elaborazione delle immagini acquisite al fine di eseguire l'aereo-triangolazione delle stesse, di generare il DTM, curve di livello, ortofotomosaico, DSM e modello 3d a nuvola di punti.

Quota di volo: 150 m	Area: 1.43 km <sup>2</sup>
GSD foto: da 5 a 8 cm	UAV: Swinglet CAM
GSD ortofoto: 10 cm	Numero totale di immagini: 932
DTM step: 5 m	Numero totale di voli: 3
DSM step: 40 cm	Tempo effettivo di volo: 81 minuti
Step curve di livello: 1 m	Tempo totale di processamento: 10h 40'

Tabella 1. Riepilogo delle informazioni di progetto per la frana di Vibo Valentia.

### Elaborazioni per la frana di Vibo Valentia

I dati ottenuti dal volo con il drone UAV sull'area in frana sono stati elaborati con il software APS della Menci, mentre il rilievo dei GCP e la restituzione cartografica degli elementi caratteristici è stata effettuata da RPA.

Al fine di garantire migliori precisioni e per eseguire la georeferenziazione in coordinate assolute, è stato condotto da parte dell'RPA un rilievo in modalità differenziale RTK stimando le coordinate di sei punti (rappresentati in rosso in figura4) sufficientemente distribuiti lungo l'area in frana in modo tale che potessero essere ben visibili sull'ortofoto finale.

Per il rilievo sono stati utilizzati ricevitori Zhephyr Geodetic Trimble, il ricevitore base è stato collocato su un vertice IGM95 ( $\phi$ : 38°39'45,1477"  $\lambda$ :03°38'56,9258" h:461,141) rappresentato in figura4 con triangolo blu.

Tramite il software APS è eseguita prima la fase di Bundle Adjustment legando insieme le foto con un processo automatico ed accurato di estrazione delle features a cui segue la fase di collimazione semi automatica dei GCP.

Al termine del processo di aereo-triangolazione sono visualizzati i centri di presa delle immagini con gli orientamenti calcolati (Figura 8). Terminata la fase di bundle è possibile rifinire



l'orientamento esterno mediante l'utilizzo di punti topografici a terra (GCP) che sono collimati in monoscopia con l'ausilio di potenti funzioni automatiche di image matching. (Figura 9).

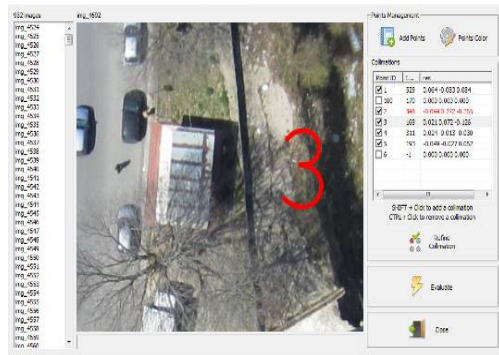


Figura 8. Orientamento di tutte le immagini effettuato in Bundle Adjustment dal software APS. Figura 9. Collimazione dei GCP e residui sui punti.

Il processo di orto-mosaicizzazione come anche il processo di estrazione del DSM e modello 3d a nuvola di punti, avviene in completa automazione.

Nel caso specifico è stato realizzato un orto-mosaico in scala 1:1000 (Figura 10) ed un DSM con risoluzione 40 cm (Figura 11).

Generalmente la generazione del modello 3d è realizzata con un passo 5 volte superiore al GSD delle immagini; considerando quindi il caso peggiorativo di 8 cm abbiamo generato un modello con risoluzione 40 cm.

Nelle figure 13 e 14 sono riportate alcune immagini del modello 3d generato, e nelle figure 15 e 16 sono riportate le immagini di due zone in dettaglio.

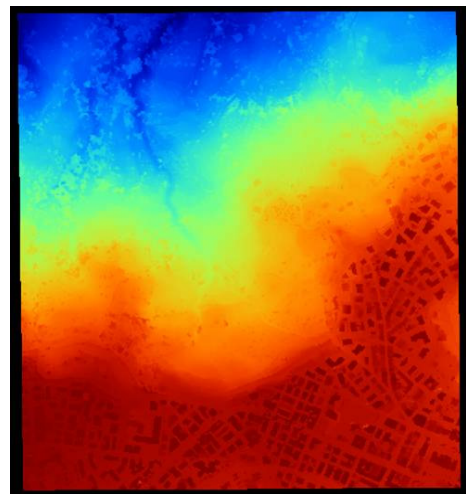
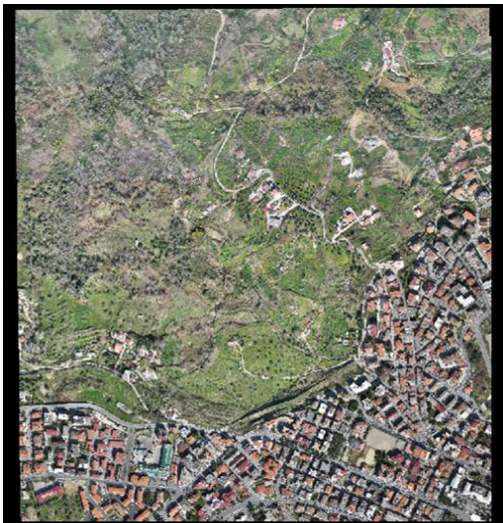


Figura 10. Ortofoto-mosaico in scala 1:1000; Orthophoto Data: Extension (km<sup>2</sup>): 1.433, Width (pix): 11424, Height (pix): 12544, Width (m): 1142, Height (m): 1254, GSD (m): 0.1000.

Figura 11. DSM con risoluzione 40 cm. DSM / PointCloud Generation: Used Images: 931, Extension (km<sup>2</sup>): 1.413, Step (m): 0.400, 3D Points: 8834208, PointCloud Time: 03:48:55, DSM Time: 02:24:40, Filtering Time: 00:56:50.



Figura 13. Modello 3D a nuvola di punti RGB con passo 40 cm - vista 1.

Nello specifico caso di studio è stata curata una rappresentazione stereo della morfologia del territorio utilizzando Z-Map Photo della Menci, software per la produzione e l'elaborazione di dati cartografici; quindi a partire dalle foto orientate dal software APS, sono stati restituiti:

- modelli stereoscopici
- la cartografia di dettaglio (Figura 17).

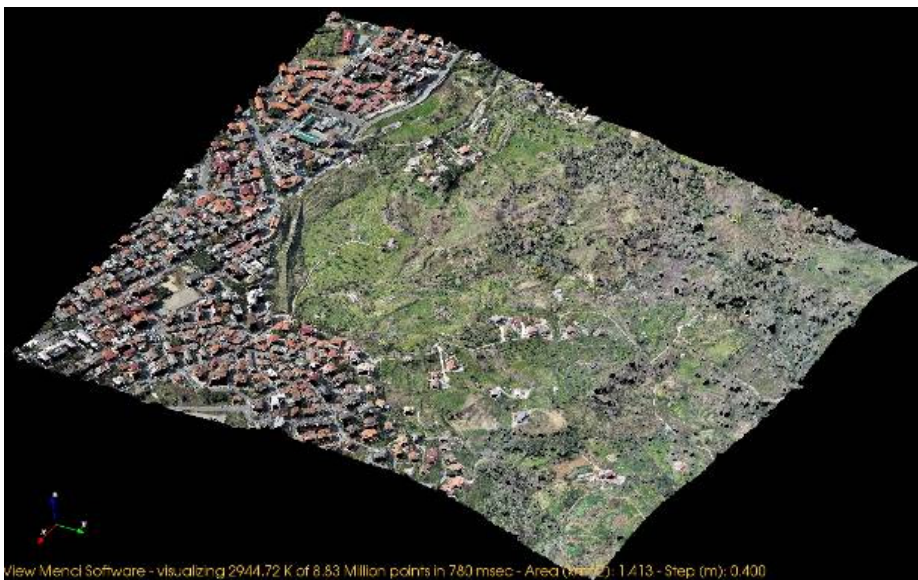


Figura 14. Modello 3D a nuvola di punti RGB con passo 40 cm - vista 2.





Figura 15. Dettaglio modello 3D – zona 1.



Figura 16. Dettaglio modello 3D – zona 2.

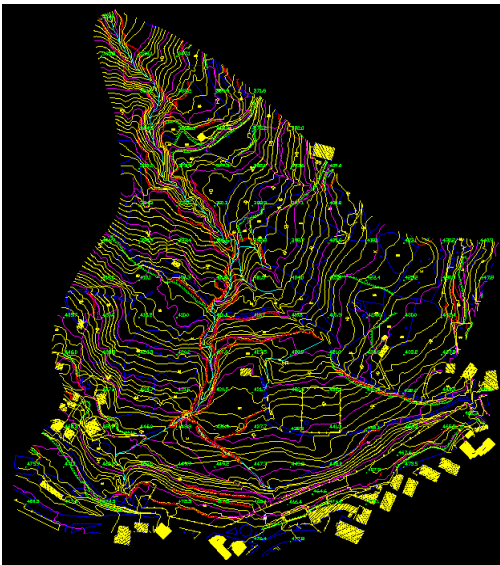


Figura 17. Cartografia di dettaglio della frana di Vibo Valentia.

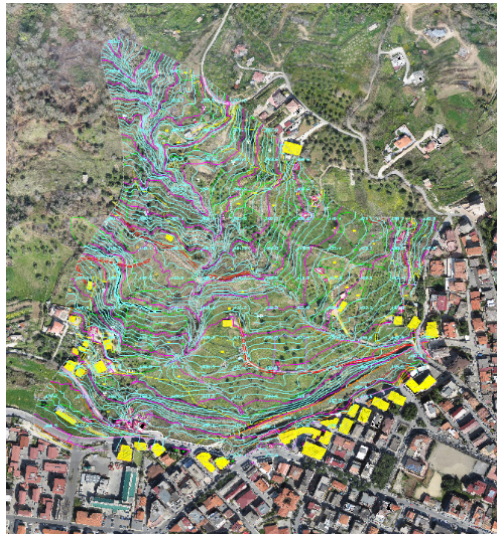


Figura 17a. Ortofoto e Cartografia di dettaglio della frana di Vibo Valentia.

## Conclusioni

Lo studio condotto per le frane presenti nel comune di Vibo Valentia ha dimostrato come l'utilizzo congiunto delle più moderne tecniche di rilievo, quali l'U-Fly, sia in grado di fornire dei risultati dal punto di vista metrico e cartografico, qualitativamente paragonabili alle tecnologie comunemente utilizzate per l'elaborazione di ortofoto e cartografia di dettaglio, con il vantaggio di poter acquisire in maniera molto più veloce tutti i dati necessari per le applicazioni pratiche. I principali campi applicativi per i quali il sistema U-Fly/APS è proposto sono: il rilievo topografico e ambientale, il rilievo al suolo per monitoraggio di fenomeni ambientali evolutivi quali frane e dissesti geologici, il rilievo e monitoraggio di cantieri, di percorsi ferroviari e stradali, rilievo e monitoraggio discariche; controllo di abusi edilizi ed ambientali, simulazione e valutazione dell'impatto ambientale per studi di fattibilità e progettazione, documentazione dello stato dei luoghi.

## Riferimenti Bibliografici

Menci L. (2004), Zmap: stazione digitale multisensore per una moderna produzione di dati cartografici, *Geomedia Reports* 4, pp. 26-29.