

La pianificazione del volo con UAS per il rilievo 3D di superfici inclinate

Giordano C.M.¹[0009-0001-1901-7844], Fiorini G.^{1,2}[0000-0002-1475-1556], Lambertini A.¹[0000-0002-5896-1088], Tini M.A.¹[0000-0001-7745-640X], Girelli V.A.¹[0000-0001-9257-9803], Vittuari L.¹[0000-0002-9815-1004], Mandanici E.¹[0000-0003-4822-1577], Trevisiol F.¹[0000-0003-1105-1017], Carturan F.³, Melosi S.³, Bernardi L.³, Gazzo M.³, Lora A.³, Bitelli G.¹[0000-0002-6118-6000]

¹ Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM), (carmenmaria.giordano, giulia.fiorini12, alessandro.lambertini, mariaalessandra.tini, valentina.girelli, luca.vittuari, emanuele.mandanici, francesca.trevisiol2, gabriele.bitelli)@unibo.it

² Università La Sapienza di Roma, Dipartimento di Scienze dell'Antichità, (giulia.fiorini@uniroma1.it)

³ Croce Rossa Italiana, U.O. Soccorsi Speciali, (fabio.carturan, stefano.melosi, luca.bernardi, matteo.gazzo, lora.andrea)@cri.it

Abstract. Gli *Unmanned Aircraft System* (UAS) [1] impiegano una strumentazione flessibile tanto alla scala dell'oggetto quanto alla tipologia di sensoristica integrabile, divenendo spesso la scelta ideale sia per il rilievo architettonico che territoriale.

Tale sistema di rilievo può essere adoperato in modalità manuale o automatica, tramite un progetto di volo, pianificato nel dettaglio precedentemente al decollo, utile per alleggerire l'onere del pilota in campagna, ottimizzare i tempi di acquisizione e allo stesso tempo mantenere un maggior controllo sui parametri caratteristici del volo, definiti in modo da essere coerenti con l'obiettivo del rilievo.

La pianificazione del volo è una pratica comune per rilievi a carattere territoriale, con un andamento del volo di tipo orizzontale ed assetto del sensore nadirale, casistica che copre solo una porzione degli oggetti di interesse nel campo della geomatica; adoperare una pianificazione di voli verticali ed inclinati significa rimodulare i classici concetti di pianificazione [2] per rispondere all'esigenza concreta di rilievo di oggetti con superfici verticali o inclinate, largamente diffuse nell'ambito dei beni culturali [3] ed ambientali [4].

I software di pianificazione, ad oggi, sebbene consentano una semplicistica pianificazione verticale, non permettono un'automatica gestione dei voli inclinati, rendendo la procedura operativa di tipo semi-automatico [Fig. 1] e articolabile in 3 step:

1. Progetto del volo in termini di risoluzione da ottenere, ricoprimento longitudinale e trasversale, con definizione finale della distanza di presa e delle basi di scatto, congiuntamente ad una manuale individuazione della posizione dei *waypoint* (punti di passaggio del velivolo) relativamente all'oggetto e globalmente nel sistema di riferimento stabilito;
2. Creazione automatica di un piano di volo verticale in prossimità dell'oggetto, introducendo i parametri caratteristici del volo, definiti precedentemente;
3. Gestione manuale dei *waypoint*, in modo da modificarne il posizionamento e quindi forzare l'inclinazione del volo.

Le problematiche riscontrabili in una pianificazione di questo tipo sono riconducibili principalmente al posizionamento e alla quota di volo.

Le acquisizioni nadirali con volo orizzontale, nel caso di esigue variazioni nell'elevazione del terreno, possono avere una minor accurata definizione delle posizioni dei *waypoint*, poiché l'utilizzo di una maggiore distanza di presa e di una zona buffer consentono in ogni caso di ottenere l'adeguato ricoprimento dell'area da restituire. Invece, nel caso di voli verticali o inclinati, dove generalmente si vuole avere una maggiore prossimità con l'oggetto, risulta essenziale che i punti di passaggio dell'*Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* siano localizzati correttamente nel datum di riferimento, in modo da garantire la corretta acquisizione della totalità dell'oggetto e allo stesso tempo evitare collisioni con lo stesso.

La quota di volo è in genere definita come altezza relativa: rispetto al punto di decollo, al livello medio mare, o ad un DTM (*Digital Terrain Model*). La corretta definizione della quota dei *waypoint* è in grado di garantire l'adeguata acquisizione della scena e di evitare l'impatto con l'oggetto, rendendo determinante la scelta del DTM utilizzato, che in una parte dei casi può essere risolto come elemento planare interpolante le quote terreno in prossimità dell'oggetto.

In conclusione, è importante sottolineare come per l'attuazione di tale pianificazione e per l'esecuzione di un volo in sicurezza sia indispensabile sia una preliminare conoscenza dell'oggetto che l'utilizzo di una strumentazione UAS in grado di consentire una correzione in tempo reale del posizionamento del velivolo.

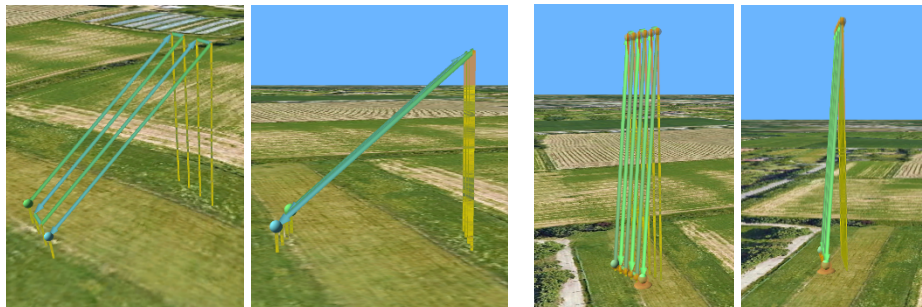


Fig. 1. Esempi di piani di volo con andamento inclinato, eseguiti in ambiente controllato.

Riferimenti bibliografici

1. P. G. Fahlstrom e T. J. Gleason, *Introduction to UAV Systems*. Newark, UNITED KINGDOM: John Wiley & Sons, Incorporated, 2012.
2. K. Kraus, *Photogrammetry*. De Gruyter, 2007.
3. A. Lingua, F. Noardo, A. Spanò, S. Sanna, e F. Matrone, «3D MODEL GENERATION USING OBLIQUE IMAGES ACQUIRED BY UAV», *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-4-W2, pp. 107–115, lug. 2017, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-4-W2-107-2017.
4. L. Tavasci *et al.*, «A Laboratory for the Integration of Geomatic and Geomechanical Data: The Rock Pinnacle “Campanile di Val Montanaia”», *Remote Sensing*, vol. 15, fasc. 19, Art. fasc. 19, gen. 2023, doi: 10.3390/rs15194854.