

Impiego sperimentale del drone ad ala fissa nell'elaborazione dell'indice di qualità morfologica (IQM) dei corpi idrici

di Fabrizio Stella, Rodolfo Bassan, Antonio Cavinato, Giovanni Lusiani



Fig. 1 - La forra del torrente Grisolo profondamente incisa nel substrato litoide.

Il drone ad ala fissa: tecnologia innovativa per l'elaborazione dell'indice di qualità morfologica (IQM) di corpi idrici in ambiente montano caratterizzato da difficile accessibilità e copertura fotogrammetrica non ottimale al fine di garantire la sicurezza degli operatori, la precisione del calcolo e rapide tempistiche operative. Un primo test in Val del Grisolo nelle Dolomiti Bellunesi.

Il Decreto Ministeriale 260/2010 introduce l'IQM quale strumento per la valutazione dello stato morfologico dei corsi d'acqua in conformità con la Direttiva Quadro Acque al fine di giungere alla completa classificazione dei corpi idrici. L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha predisposto e ufficializzato il metodo IDRAIM per la classificazione idromorfologica dei corpi idrici superficiali fluenti. Il metodo viene applicato dall'Agenzia Regionale per Protezione e Prevenzione Ambientale (ARPAV) nella classificazione secondo i canoni della Direttiva europea 2000/60 degli oltre 800 corpi idrici superficiali che la Regione Veneto ha individuato nel suo territorio. Il metodo operativo IDRAIM prevede in estrema sintesi tre fasi: analisi su strati informativi in ambiente GIS, rilievi in campo ed elaborazione GIS di tutti i dati con compilazione di schede in formato Excel e calcolo finale dell'indice. Gli strati informativi in ambiente GIS prevedono principalmente l'uso di strisciate aerofotogrammetri-

che e DTM, mentre i rilievi in campo coinvolgono il personale in rilievi puntuali percorrendo l'intera asta del corpo idrico con evidenti problematiche riguardanti l'accessibilità la sicurezza e i tempi di percorrenza.

Le problematiche si acuiscono in ambiente montano caratterizzato da forte energia del rilievo con forre incise, salti di roccia, frane, versanti eccessivamente acclivi e fitta copertura vegetazionale, tutti fattori questi che costringono gli operatori a muoversi con discontinuità evitando i tratti che non consentono accessi in sicurezza a scapito della precisione del rilievo. In questo contesto non sempre vengono in aiuto le strisciate aerofotogrammetriche disponibili in quanto, spesso, l'orientamento delle valli e la forte incisione portano ad avere versanti e alvei completamente in ombra e quindi completamente al buio per gli scopi previsti dal metodo operativo.

La valle del Grisolo nelle Dolomiti Bellunesi

Il Torrente Grisolo, incastonato nel Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi e nel gruppo della Schiara, è un affluente di destra del torrente Maè, nel quale si immette a quota 648 m s.m.m. circa, 5 km prima della confluenza di quest'ultimo nel Piave a Longarone. La quota massima raggiunta dal bacino è pari a 2531 m s.l.m. in corrispondenza del gruppo

del Monte Talvena, la quota minima in corrispondenza della sezione di chiusura. Il torrente Grisol scorre in prevalente direzione Ovest-Est e presenta una superficie complessiva di circa 30 kmq. L'asta principale del torrente ha uno sviluppo di circa 8 km.

Le problematiche ai fini della valutazione dell'IQM connesse a questo corpo idrico sommano l'inaccessibilità della seconda metà del corso, inciso in una stretta forra rocciosa, all'inutilizzabilità delle strisciate aerofotogrammetriche completamente al buio nell'intero versante nord ovest e nel fondovalle.

Il gruppo operativo del Dipartimento ARPAV di Belluno, dovendo procedere alla valutazione dell'indice IQM nel contesto della Valle del Grisol, forte di una convenzione tra ARPAV e l'Agenzia Regionale per i Pagamenti in Agricoltura (AVEPA) che dispone di un drone ad ala fissa, ha inteso effettuare una prima sperimentazione dell'utilizzo di questo moderno strumento a supporto di questa specifica attività.

La convenzione ARPAV - AVEPA

Con Decreto del Commissario Straordinario ARPAV n. 37 del 9 marzo 2016 e con Decreto del Direttore Generale di AVEPA n. 22 del 4 marzo 2016, i due enti hanno firmato una convenzione per collaborare nel monitoraggio di fiumi e torrenti del territorio alpino. Questa scelta strategica obbedisce a una precisa richiesta di ottimizzazione e condivisione degli strumenti disponibili per aumentare la qualità abbassando i costi operativi dell'attività. In tal modo si evitano lunghe e pericolose risalite lungo i torrenti evitando rischi al personale e accorciando i tempi di lavoro.

Il drone ad ala fissa: caratteristiche e potenzialità

Il drone utilizzato dall'Avepa è stato acquisito nel 2014. Si tratta di un drone ad ala planante UAV (eBee SenseFly) evoluto e destinato al rilievo aerofotogrammetrico professionale. Con la sua camera fotografica Sony WX da 18 MP (RGB) è in grado di scattare fotografie con una risoluzione a terra fino a 3 cm/pixel. Con autonomia di volo di circa 40 minuti ogni batteria ed una resistenza al vento fino a 8-10 m/s. Dispone inoltre della possibilità di scattare fotografie oblique e di eseguire atterraggi lineari oltre che circolari. Le immagini acquisite dall'eBee dispongono di dati GPS e IMU (Inertial Measurement Unit) e sono dunque pronte per i successivi passaggi di elaborazione fotogrammetrica per l'estrazione di modelli digitali del suolo e del terreno, curve di livello e ortomosaici. Altre caratteristiche peculiari del mezzo:

- ▶ Materiale PPE estruso
- ▶ Apertura alare: 96 cm
- ▶ Peso al decollo: 680 g
- ▶ 4 Batterie ai polimeri di litio con un'autonomia di circa 40 minuti cadauna
- ▶ Velocità di crociera 36-57 km/h (10-16 m/s)
- ▶ Fino a 3 km di copertura radio
- ▶ Risoluzione a terra delle immagini da 3-30 cm/pixel (in base alla quota di volo)
- ▶ Sensori di sicurezza (ground sensor)
- ▶ Decollo manuale
- ▶ Inoffensivo per fini ENAC (consentito il volo anche in aree critiche)
- ▶ Ali staccabili
- ▶ Trasportabile in comoda valigetta conforme regole IATA



Fig. 2 - Aerofotogrammetria con ben evidenti i versanti nord ovest al buio.

La sperimentazione

Nella primavera 2016 i tecnici AVEPA e ARPAV hanno avviato una attività di monitoraggio sperimentale mediante rilievo aerofotogrammetrico con piattaforme aeree a pilotaggio remoto (drone) in Val del Grisol. Obiettivo del rilievo era quello di ottenere ortofoto ad alta ri-



Fig. 3 - Il drone ad ala planante UAV (eBee SenseFly).



Fig. 4 - Postazione di controllo della missione in Val del Grisol.

soluzione georeferenziate, del tratto terminale e per lo più inaccessibile della valle, in tempi contenuti e in condizioni di sicurezza.

Il lavoro è stato eseguito con un drone ad ala fissa (eBee SenseFly) sul quale sono state installate, come payload una fotocamera digitale Sony WX da 18 MP (RGB), una piattaforma IMU per l'orientamento interno e un'antenna GPS per la navigazione. L'Operazione Specializzata è stata preceduta dalla pianificazione del volo e da un sopralluogo nell'area di operazioni dove si è svolta la missione. La pianificazione dei voli è avvenuta in ufficio, attraverso le funzionalità messe a disposizione dai software di gestione della missione e consultando la cartografia di un'area più ampia rispetto a quella dell'operazione. In questa fase sono stati redatti i piani di volo e simulati i voli che si intendevano effettuare. La seconda fase della pianificazione dei voli è stata individuare l'area di sorvolo sulla mappa digitale definendo su di essa, in funzione delle morfologie del terreno e degli ostacoli individuabili sulla mappa stessa, il Volume Operativo costituito dal Volume di Missione e dall'opportuno Buffer di

sicurezza. All'interno dei volumi definiti è stato individuato il posizionamento della Stazione di controllo a terra, il punto di decollo dell'APR e anche del waypoint iniziale, cioè la posizione dalla quale inizierà il volo operativo vero e proprio.

E' stato quindi necessario definire il punto terminale della fase di crociera del volo e il punto di atterraggio. Si sono impostate poi le quote di volo, sempre in riferimento alla morfologia dell'area di operazione e agli eventuali ostacoli presenti, e i volumi operativi ipotizzati inizialmente. Definiti i parametri di volo sono stati impostati quelli di gestione del payload, per es. l'eventuale overlap delle fotografie, o la risoluzione a terra che si vuole ottenere. Immessi tutti i parametri di gestione della missione il software ha restituito una stima del tempo necessario all'esecuzione dei voli. Questo dato è il punto di partenza fondamentale se rapportato all'autonomia media del SAPR che si vuole impiegare per poter pianificare al meglio i voli che saranno necessari per portare a termine le operazioni, massimizzandone sicurezza ed efficienza, soprattutto in termini temporali.

La Val del Grisol è una valle

laterale appartata e solitaria, incisa nel substrato roccioso e caratterizzata da versanti ripidi e alti salti rocciosi che sovrastano una profonda forra e ambienti rupestri di fondovalle. Sul fianco sinistro della valle si ritrovano pendii più dolci e rari frammenti pianeggianti, tre dei quali erano stati individuati come idonee aree di operazioni. Considerata la morfologia dell'area e le probabili difficoltà emerse dalla valutazione preliminare della logistica complessiva, con il sopralluogo in campo è stato possibile validare le scelte in merito a: posizionamento della Stazione di controllo a terra, punto di decollo dell'APR, punto di atterraggio. L'uscita ha consentito anche di valutare la qualità del radio link e del segnale satellitare aspetti critici in quest'area di operazione.

La pianificazione della missione ci ha permesso, una volta in campo, di essere notevolmente più rapidi nella fase di inizializzazione del volo effettivo. Si è scelto di volare nelle ore centrali della giornata per evitare le ombre che il sole proietta e per captare la maggior parte di energia riflessa.

Tra le aree visitate durante il sopralluogo preliminare è stata prescelta una zona dove fosse garantita la ricezione del segnale satellitare: è infatti necessario permettere al gps di bordo di eseguire i controlli preliminari per l'esecuzione della missione. La conformazione profonda e stretta della valle era un ostacolo tecnico, ma i livelli minimi sono stati raggiunti in una breve finestra temporale che ha permesso il superamento dei controlli prevolo.

La missione è stata portata a termine con un totale di 65 minuti di volo. È stata sorvolata un'area complessiva di 2,5 km², mentre l'area rilevata complessi-

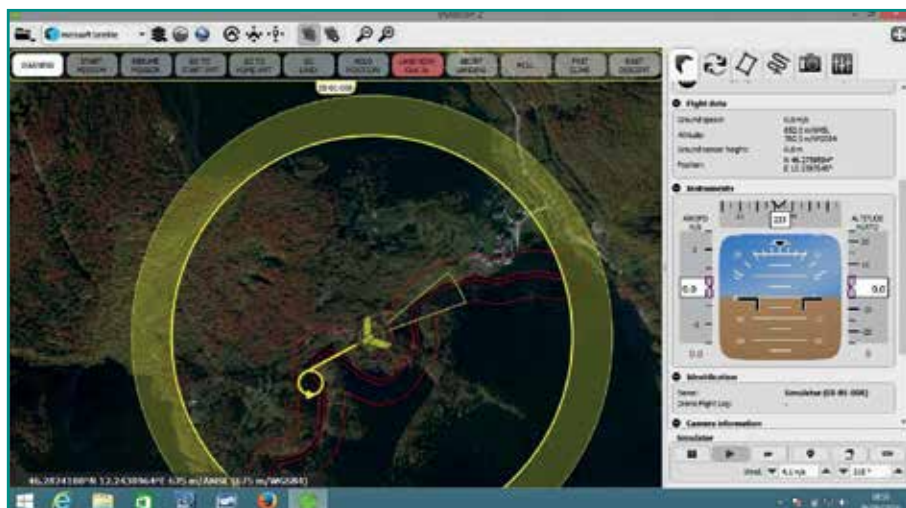


Fig. 5 - Piano di volo visualizzato sul computer di controllo della missione.

va è stata di 119 ettari. Sono stati effettuati i rilievi in due momenti distinti. In entrambi i casi si è scelto di volare nelle ore centrali della giornata per evitare le ombre che il sole proietta e per captare la maggior parte di energia riflessa. Tra le aree visitate durante il sopralluogo preliminare è stata prescelta una zona dove fossero garantiti i livelli minimi di segnale satellitare che permettesse al gps di bordo di eseguire i controlli preliminari per l'esecuzione della missione.

- ▶ 2,5 km² area vasta sorvolata
- ▶ 119 ha area rilevata (52+67)

Le immagini sono state acquisite in strisciate con una percentuale di sovrapposizione (tra immagini adiacenti) del 70-80% (laterale e longitudinale) e poi elaborate con la stazione digitale aerofotogrammetrica automatica APS, una suite professionale per il mapping 3D da drone, che ci ha permesso di generare ortofoto ad alta risoluzione georeferenziate.

Il processo di elaborazione immagini è stato suddiviso nei seguenti step:

- ▶ Applicazione dell'algoritmo di bundle per la triangolazione aerea
- ▶ Importazione di Punti di controllo, collimazione e rappresentazione
- ▶ Bilanciamento radiometrico delle immagini

- ▶ Generazione automatica del DSM (superficie)
- ▶ Estrazione delle curve di livello
- ▶ Generazione intelligente di mesh testurizzate e visualizzazione
- ▶ Filtraggio automatico del DTM (ground) in base allo scenario predefinito
- ▶ Generazione automatica ed editing delle linee di taglio
- ▶ Generazione dell'ortomosaico
- ▶ Generazione e visualizzazione di nuvole di punti 3D

Il reale vantaggio di effettuare il rilievo aerofotogrammetrico con drone è la possibilità di documentare ad alta risoluzione aree di notevole estensione e di raggiungere in tempi accertabili e con costi sostenibili anche zone difficilmente o completamente inaccessibili.

Questi vantaggi sono dovuti principalmente allo sviluppo di queste piattaforme in termini di sensori e affidabilità del volo autonomo, unita alla possibilità di elaborare in tempi relativamente brevi le immagini acquisite al fine di generare ortofoto. Il tutto rende i droni particolarmente competitivi per questo tipo di rilievi.

Risultati

I risultati ottenuti con l'utilizzo del drone ad ala fissa nel superamento delle difficoltà connesse con la valutazione dell'IQM in ambienti montani di difficile accessibilità sono stati superiori



Fig. 6 - Strisciata aerofotogrammetrica tradizionale.



Fig. 7 - Strisciata realizzata con il drone.

alle aspettative fornendo delle strisciate fotogrammetriche georeferenziate di alta qualità. Il confronto delle immagini rilevate dal drone con la fotogrammetria aerea tradizionale ha messo in luce la validità del metodo sperimentato consentendo di effettuare le valutazioni previste dal metodo IQM altrimenti difficilmente possibili in questo particolare contesto geomorfologico; infatti il sito è inaccessibile per lunghi tratti e la fotogrammetria tradizionale disponibile risulta inutilizzabile per gli scopi prefissati. Va anche evidenziato come la risoluzione del prodotto fotogrammetrico ottenuto e

COD_MORF	Lungh. tratto (m)	IQM tratto	IQM corpo idrico	Lungh. corpo idrico (m)	Cod. corpo idrico
480_M_10	3706	0,98 ELEVATO	0,974	7919	480_10
480_M_20	4213	0,97 ELEVATO			

Applicabilità metodo	Costi operativi	Costi strumentazione	Sicurezza del personale	Velocità esecutiva	Precisione del rilievo
sempre	inferiori	superiori	superiore	superiore	analoga
non sempre	superiori	inferiori	inferiore	inferiore	analoga

ottenibile con il drone sia decisamente superiore alle foto aeree generalmente disponibili e soprattutto adattabile, nel rispetto della normativa di sicurezza delle missioni di volo, alle diverse necessità e casistiche di studio.

Il Calcolo dell'IQM elaborato in seguito ai sopralluoghi dell'autunno inverno 2015/16 e della successiva risolutiva missione con il drone, ha portato al valore pesato riportato in tabella, indice di una qualità elevata.

Va specificato che il primo tratto (Codice Morfologico 480_M_10) è stato interamente percorso a piedi in quanto accessibile, mentre il secondo, in forra (codice morfologico 480_M_20), è stato interamente valutato sulla base del materiale fotografico prodotto dalla missione con il drone.

La matrice di seguito riportata sintetizza i numerosi vantaggi dell'utilizzo di questo ausilio tecnologico nello specifico caso della valutazione dell'IQM in territori montani caratterizzati da problemi di

accessibilità e scarsa utilizzabilità del materiale aerofotogrammetrico disponibile:

Conclusioni

L'esperienza acquisita da ARPAV e AVEPA nella determinazione dell'IQM del torrente Grisol con l'ausilio del drone ad ala fissa apre un nuovo promettente orizzonte nell'ambito dei controlli e dei monitoraggi ambientali assicurando un miglioramento qualitativo dei risultati e delle condizioni di sicurezza operativa.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano la Regione Veneto con gli Assessori di riferimento ing. Gianpaolo Bottacin e dr. Giuseppe Pan per aver creduto, sostenuto e reso possibile la sperimentazione e il Consigliere ing. Franco Gidoni per l'idea dell'impiego sinergico del drone tra le strutture tecniche regionali ARPAV e AVEPA. Si ringrazia inoltre il collega Andrea Lorigiola per la preziosa collaborazione nelle attività in campo.

BIBLIOGRAFIA

- D'urso M. G., Gargiulo A., Rotondi A., Bracaglia R. (2015). Un'applicazione al settore ambientale di fotogrammetria con piattaforma UAV, ASITA (????).
- Prandi F., Magliocchetti D., De Amicis R. (2015), Sperimentazione di rilievo UAV a supporto della pianificazione forestale, *GEOMedia n°1 2015*: xxxxx.
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2013), A method for the assessment and analysis of the hydromorphological condition of Italian streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology 180-181*: 96-108.
- Rinaldi M., Surian N., Comiti F., Bussetini M. (2011), Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua (Versione 1), Istituto Superiore Per la Ricerca Ambientale, Roma.
- Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea: Normativa 2000/60 CE del 22/12/2000 pp. 5, 6-327.

PAROLE CHIAVE

INDICE DI QUALITÀ MORFOLOGICA; IDRAIM, DRONE AD ALA FISSA; DTM;

ABSTRACT

The directive 2000/60/EC (EU Water Framework Directive) provides procedures for identifying the ecological status of each water body by considering the quality of the biological community and the hydrological and chemical characteristics of the water body itself. However, in mountain areas the hydromorphological index can be hard to determine due to poor accessibility of measurement sites and lacking photogrammetric coverage. In order to guarantee safety of the operators and, at the same time, precise calculations in a short amount of time, the use of a fixed wing drone is proposed. A preliminary test was performed in the upper segment of 'Val del Grisol' in the Dolomites of Belluno by ARPAV – Belluno Department and AVEPA, obtaining high-quality, geo-referenced photogrammetric images.

AUTORE

FABRIZIO STELLA
 FABRIZIO.STELLA@AVEPA.IT
 DIRETTORE GENERALE A.V.E.P.A.
 RODOLFO BASSAN
 DIRETTORE PROVINCIALE A.R.P.A.V.
 RBASSAN@ARPA.VENETO.IT
 ANTONIO CAVINATO
 ANTONIO.CAVINATO@ARPA.VENETO.IT
 TECNICO A.R.P.A.V.
 GIOVANNI LUSIANI
 GIOVANNI.LUSIANI@AVEPA.IT
 A.V.E.P.A. PADOVA

Natanti robotizzati

- Rilievi batimetrici automatizzati
- Fotogrammetria delle sponde
- Acquisizione dati e immagini
- Mappatura parametri ambientali
- Attività di ricerca



Studi e servizi di ingegneria - Robotica di servizio

Vendita – Noleggio - Servizi chiavi in mano, anche con strumentazione cliente

Strada Salga 38C - 10072 Caselle (TO) - Tel. 3389258046 - info@aerrobotix.com - www.aerrobotix.com

