

SNPA E L'USO DEI DRONI PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE

NELLE AGENZIE AMBIENTALI E IN ISPRA SI STA DIFFONDENDO L'UTILIZZO DEGLI AEROMOBILI A PILOTAGGIO REMOTO PER MOLTEPLICI ATTIVITÀ DI RILIEVO E CONTROLLO, DAI RIFIUTI ALLA VEGETAZIONE, DAI GHIACCIAI AL MARE. PER DEFINIRE STANDARD COMUNI È STATO COSTITUITO UN GRUPPO DI LAVORO CHE HA REALIZZATO ANCHE ESERCITAZIONI CONGIUNTE.

I droni – definiti Uas (*Unmanned aircraft system*) o Sapr (Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto) – e le tecnologie per il telerilevamento ad alta risoluzione costituiscono attualmente una tematica con interessanti margini di sviluppo e applicazione, soprattutto per enti e istituzioni come quelli afferenti al Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (Snpa) che operano sul territorio per attività di monitoraggio e controllo.

I recenti progressi tecnologici degli Uas, in relazione soprattutto all'incremento dell'efficienza e dell'affidabilità e alla disponibilità di differenti sensori, ha aperto la strada a molteplici applicazioni in campo ambientale, integrando le tecniche di monitoraggio tradizionali, basate sui rilievi in campo e sull'utilizzo di dati satellitari o aerei. I punti di forza di tali sistemi sono: l'elevato dettaglio delle informazioni rilevate; la versatilità, che permette di acquisire nei momenti più adatti alla descrizione dei fenomeni di interesse; la ripetibilità a costi contenuti; la maggiore sicurezza e produttività per gli operatori, soprattutto nei contesti ambientali di difficile accessibilità.

Le principali applicazioni in campo ambientale si riferiscono ad approcci *image-based*, che prevedono l'impiego di sensori passivi e di procedure di elaborazione riconducibili alla fotogrammetria e alla *computer vision*, con risultati rappresentati da strati informativi 2D (ortomosaici e modelli digitali della superficie) e 3D (nuvole di punti), analizzabili in diversi ambienti software. A ciò si aggiungono le tecniche basate sull'utilizzo di sensori attivi che consentono di ottenere ricostruzioni tridimensionali.

Recenti applicazioni riguardano, inoltre, l'utilizzo di specifici sensori per il monitoraggio dell'aria o campionatori di acqua e sistemi di elaborazione che consentono di integrare i video acquisiti con droni in ambiente Gis.



I droni nel Snpa

Il panorama dell'utilizzo dei droni all'interno del Snpa è attualmente frammentario e disomogeneo, oltre che in costante e rapida evoluzione e diffusione. Con il fine di porre attenzione su questa tecnologia, è stato istituito uno specifico gruppo di lavoro all'interno di uno dei Tavoli istruttori del Consiglio Snpa (Tic III Gdl 03), per il "potenziamento delle infrastrutture portanti del sistema: monitoraggio ambientale attraverso gli strumenti dell'osservazione della Terra e tecnologie innovative".

Le attività previste nell'ambito del Tic III-03 sono finalizzate alla mappatura dell'impiego di droni nel Snpa, per la successiva omogeneizzazione delle procedure metodologiche, operative e gestionali e la definizione di uno standard Snpa. Tale azione ha lo scopo generale di migliorare l'efficienza e l'efficacia del monitoraggio e del controllo ambientale, nelle competenze specifiche e di sistema, esplorando le possibilità

offerte dalla nuova tecnologia dei velivoli a pilotaggio remoto integrate con altri dati.

Poiché questa tecnologia si sta diffondendo in modo autonomo nelle diverse Agenzie ambientali e Ispra, si è reso utile mettere a sistema, a livello nazionale, le diverse competenze ed esperienze già acquisite, in linea con l'obiettivo prioritario della legge 132/2016 di conseguimento dei Lepta (livelli essenziali delle prestazioni tecniche ambientali).

La mappa dell'impiego per il monitoraggio

L'importanza di un confronto tecnico su strumenti e procedure utilizzate dalle varie Agenzie e Ispra e la necessità di definire metodologie operative condivise e standardizzate a livello nazionale, per la gestione, l'uso in campo, l'elaborazione e l'analisi dei dati rilevati, ha reso necessario effettuare prioritariamente una

mappatura nazionale dello stato dell'arte dell'impiego di droni nel Snpa. Questa fotografia, da aggiornare periodicamente, ha permesso di conoscere, qualitativamente e quantitativamente, le attrezzature e le risorse umane impiegate, fornendo anche un quadro di supporto per la gestione intra e inter-agenzia.

Come previsto dagli obiettivi specifici del gruppo di lavoro, è stato redatto e inviato a tutte le Agenzie e Ispra un questionario per la mappatura delle competenze ed esperienze esistenti. Tale processo, che ha previsto una continua integrazione e aggiornamento dei dati, ha consentito di ottenere il quadro informativo di tutti i gruppi Uas del Snpa, rendendo la ricognizione esaustiva e rappresentativa. L'indagine è stata strutturata in diverse sezioni: la Sezione A per la raccolta delle informazioni generali sul "referente droni"; le sezioni B, C, D, E per la raccolta di informazioni tecniche relativamente alle dotazioni strumentali e di personale, ai tematismi e alle modalità di gestione operativa; le sezioni F e G finalizzate all'individuazione dei punti di forza, criticità e necessità future.

È stato quindi redatto il report sullo stato dell'arte dell'impiego e gestione dei droni nel Snpa, che contiene una fotografia dell'utilizzo dei droni per il monitoraggio ambientale e alcune schede con esempi applicativi nei vari tematismi trattati. Dalla ricognizione effettuata emerge un sistema variegato sia nelle tipologie di strumentazioni utilizzate (piattaforma, sensore, software di volo, elaborazione dei dati acquisiti e produzione dei risultati), sia nelle tipologie di operazioni, sia nella gestione (acquisto strumentazione, registrazione e assicurazioni, formazione degli operatori e dei piloti).

Le applicazioni tematiche

Le tecniche di osservazione da Uas aprono nuove possibilità di monitoraggio sia dal punto di vista geometrico (altissima risoluzione) sia sotto l'aspetto informativo (qualità e tipologia), massimizzandone l'efficacia. Possono essere utilizzati in modo indipendente o a integrazione di altre misure o osservazioni, *remote* o *ground-based*. La georeferenziazione è un aspetto da considerare soprattutto quando i rilievi devono essere ripetuti e confrontati nel tempo.

A seconda dell'obiettivo specifico, del tipo e dinamica del fenomeno da monitorare e delle caratteristiche del sito si utilizzano



tecniche, strumenti e metodologie di monitoraggio differenti (*tabella 1*). In ambiente terrestre, gli Uas equipaggiati con camere Rgb e multispettrali sono impiegati per il monitoraggio della superficie e dello stato di conservazione degli habitat, nonché per il monitoraggio di eventi impattanti, quali incendi o fitopatie forestali, permettendo la flessibilità nel periodo di acquisizione in funzione della fenologia e, mediante uso di sensore Lidar, la possibilità di ricostruzione della struttura verticale della vegetazione.

L'impiego nel campo della morfologia fluviale è finalizzato al monitoraggio dello stato e della dinamica plano-altimetriche dell'alveo, ad esempio a seguito di eventi estremi (siccità e alluvioni), alla valutazione degli impatti e alla gestione dei sedimenti, fornendo flessibilità in contesti morfologicamente complessi e/o con significativa vegetazione, anche per lunghi tratti fluviali.

Per lo studio dei fenomeni franosi, colate detritiche, crolli in roccia, deformazioni e dissesti di versante, a integrazione dei metodi geotecnici tradizionali e delle tecniche remote quali l'interferometria radar, il drone viene applicato per la realizzazione di sopralluoghi in aree inaccessibili o pericolose e per l'analisi multitemporale pre e post evento, anche a supporto del sistema di protezione civile. In territorio montano, la ricostruzione tridimensionale delle valanghe effettuata tramite Uas consente di delimitare le aree di deposito, stimare i volumi di neve accumulati e, più in generale, rilevare gli elementi caratteristici di ogni singolo evento, analizzarne la dinamica, calibrare e validare la modellistica di propagazione.



Similmente, per il monitoraggio della dinamica dei ghiacciai e della degradazione del permafrost i droni integrano le tecniche più tradizionali con vantaggi significativi per la riduzione dell'esposizione degli operatori ai rischi in ambiente impervio e la possibilità di ottenere dati distribuiti nei bacini di alta quota.

In ambiente marino-costiero, vengono impiegati per la mappatura e il monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica*, in acque molto basse e con elevata trasparenza, prevalentemente mediante fotogrammetria e recentemente anche con la tecnica *full motion video* (Fmv), che consente di interpretare e analizzare il video acquisiti con drone in ambiente Gis. Possono essere monitorate anche le *banquettes*, cioè gli accumuli dei residui della pianta.

L'impiego di Uas trova inoltre applicazione in attività finalizzate alla pianificazione, monitoraggio e controllo dei siti di acquacoltura, in acque dolci e marine.

Il monitoraggio della morfodinamica costiera e dell'evoluzione degli elementi naturali e antropici può, attraverso tecniche di fotogrammetria aerea

o tramite dati Lidar, beneficiare di Dtm e ortomosaici ad altissima risoluzione. Particolare interesse riveste il monitoraggio dei sistemi dunali, con quantificazioni plano-altimetriche abbinata alla mappatura degli habitat naturali o l'analisi di pressioni antropiche quali, ad esempio, quelle derivanti dal trasporto dei rifiuti sulla costa (*marine litter*) da parte delle correnti marine. La ricerca e il monitoraggio di sversamenti di idrocarburi in mare, nella gestione delle situazioni emergenziali e post-emergenziali, può essere ottimizzata grazie a uno strumento a rapido dispiegamento e basso costo operativo, capace di lavorare sia partendo da terra che da imbarcazione e in grado di spingersi in aree difficilmente raggiungibili e, qualora si utilizzino delle termocamere, idoneo anche in condizioni di scarsa visibilità. Nelle attività connesse al monitoraggio della biodiversità animale, come l'avifauna, l'impiego di Uas rappresenta un sensibile miglioramento nella capacità di osservazione in ambienti a difficile percorribilità ed ecosistemi a elevata sensibilità, quali canneti, zone umide, saline e lagune, riducendo i tempi di accesso e di sosta (interferenze), consentendo il riconoscimento delle unità di interesse, la distribuzione spaziale e l'analisi del comportamento. In attività di vigilanza ambientale e controllo i droni permettono di monitorare: processi produttivi e impianti soggetti ad autorizzazione integrata ambientale (Aia); discariche, con stima delle volumetrie e delle quote massime di conferimento; identificazione di eventuali punti di fuga di biogas; lo stato di luoghi di stoccaggio illegale dei rifiuti. Per quanto riguarda le attività estrattive è possibile effettuare verifiche delle variazioni plano-altimetriche e stime volumetriche di elevata precisione, con costi e tempi ridotti, aumentando la sicurezza degli operatori e fornendo elementi a supporto della pianificazione delle attività di coltivazione e del monitoraggio delle azioni di rinaturalizzazione. L'impiego di sensori specifici, come termocamere, rappresenta una metodologia promettente per il monitoraggio esteso ed efficace dei corpi idrici superficiali e l'individuazione di scarichi abusivi. Sperimentazioni sono in atto anche per la misura della luminanza, consentendo un controllo mirato, veloce e accurato di tutte le fonti di inquinamento luminoso notturno. Inoltre, in ambienti urbanizzati, vengono effettuate misure speditive del campo elettrico a radio frequenza per

la verifica dell'osservanza dei limiti di esposizione della popolazione e al fine di identificare potenziali criticità da approfondire con misurazioni condotte secondo protocolli standard.

Le esercitazioni congiunte

Al fine di condividere esperienze di rilievo in campo, di elaborazione e analisi dati acquisiti con droni in contesti ambientali differenti, sono state organizzate due esercitazioni: nel novembre 2023 (in Emilia-Romagna) e nel maggio 2024 (in Toscana), a cui hanno partecipato



TAB. 1
UTILIZZO DRONI

Tematismi su cui sono impiegati droni nel Snpa.

Ambiti terrestri	Coperture	Habitat terrestri Fattori perturbativi Morfologia fluviale
	Dissesti	Monitoraggio frane Colate detritiche Impatti fenomeni alluvionali Valanghe
	Criosfera	Monitoraggio glaciale Ambienti soggetti a permafrost
Ambiti marini, marino-costieri e lagunari	Habitat	Habitat marini (prateria di Posidonia e banquettes)
	Biodiversità	Avifauna acquatica
	Impianti	Acquacoltura
	Morfodinamica	Morfologia e linea di costa Ambienti dunali
Ambiente antropizzato	Inquinamento	Sversamenti idrocarburi Rifiuti plastici
	Controlli	Processi produttivi e impianti Discariche Cave Sfingamento invasi per la produzione idroelettrica Rifiuti
	Emergenze	Siti industriali a seguito di incidente Sversamenti
	Agenti fisici	Luminanza (ambiente notturno) Campi elettromagnetici

circa 90 operatori di tutte le Agenzie del Snpa. La strutturazione in due moduli complementari, uno per le acquisizioni, finalizzato alle tecniche e metodologie operative di rilievo, e uno per le elaborazioni, dedicato alle tecniche di *processing* e analisi dei dati, ha consentito di testare procedure per vari tematismi e in contesti differenti, anche con coordinamento multi-squadra/multi-operatore, individuando per ogni scenario il valore aggiunto dell'utilizzo di tali strumentazioni rispetto ai rilievi tradizionali.

Le prospettive future

Le attività svolte dal gruppo di lavoro hanno permesso di:

- realizzare una prima mappatura nazionale dell'impiego di droni nel Snpa per il monitoraggio ambientale, che ha messo

in luce il diverso livello di utilizzo tra le Agenzie, con vantaggio della condivisione delle esperienze più avanzate a favore di chi si avvicina a tale tecnologia

- condividere procedure metodologiche, operative, gestionali e di sicurezza per l'utilizzo di droni, favorendo il confronto per la gestione di casi specifici tematici anche in riferimento alla normativa esistente e testando, su specifici scenari, il valore aggiunto dell'utilizzo di tali strumentazioni e dell'integrazione con altri dati e prodotti
- avviare la definizione di uno standard Snpa, per la realizzazione di rilievi, l'elaborazione dei dati e l'analisi delle informazioni di interesse ambientale in modo omogeneo, definendo linee guida condivise, operative e scientificamente robuste e riconosciute anche in caso di contenzioso con terze parti o di accertamenti giudiziari
- incrementare e rafforzare le competenze

specifiche e di sistema attraverso l'organizzazione di sessioni di formazione Snpa e interconfronti periodici, con il fine di garantire un livello omogeneo di conoscenza e applicazione di tali tecnologie, molto promettenti per il monitoraggio dell'ambiente e del territorio in particolari ambiti.

**Serena Geraldini¹,
Umberto Morra di Cella²,
Alessandro Loda³, Antonio Iengo⁴,
Roberto Greco⁵, Antonella Zanello⁶,
Gianluca Ragone⁷**

1. Ispra, coordinatrice Gdl
2. Arpa Valle d'Aosta
3. Arpa Lombardia
4. Arpa Liguria
5. Arpa Puglia
6. Arpa Friuli Venezia Giulia
7. Arpa Campania

Si ringraziano le Arpa/Appa e Ispra per il contributo alle attività del Gdl Tic III-03 Snpa

FIG. 1
POPOLAMENTO
FORESTALE

Elaborazione di dati acquisiti da drone: in alto, sezione di nuvola di punti ottenuta con sensore Lidar utile alla descrizione della struttura di popolamenti forestali e al computo delle principali variabili dendrometriche (*canopy height model*, diametro corone, diametro dei tronchi); in basso, da sinistra a destra, evoluzione di habitat tramite rilievi successivi con sensore infrarosso o camera Rgb.

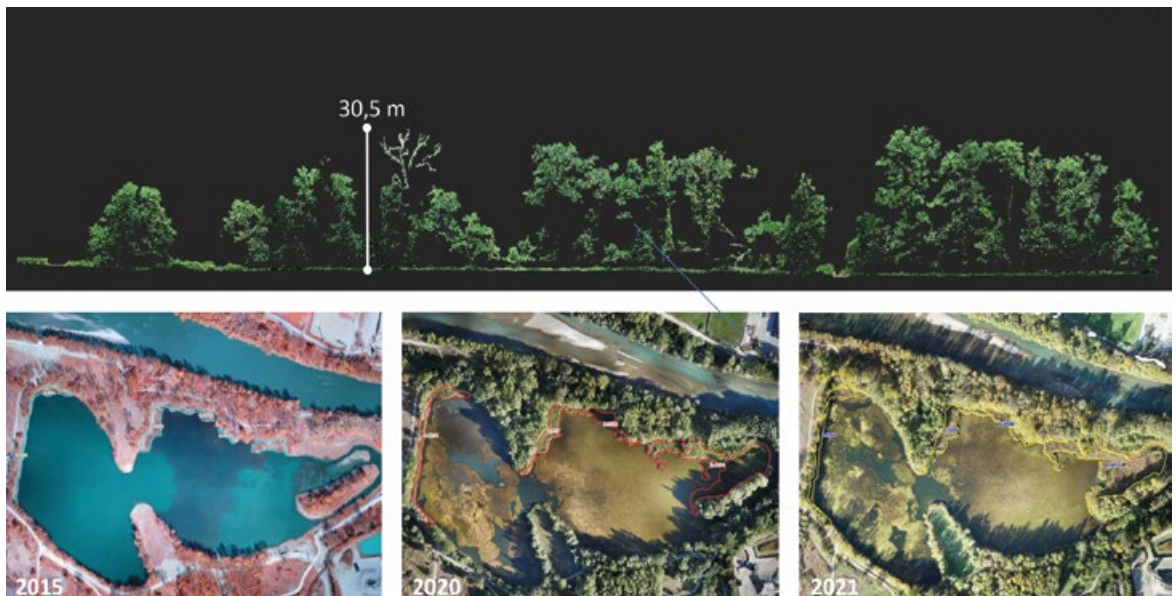


FIG. 2
VEGETAZIONE
DUNALE

Mapa di indice Ndvi di vegetazione dunale ottenuta con drone multispettrale (a). L'elevatissima risoluzione geometrica delle immagini (b) consente un'analisi di elevato dettaglio della densità della vegetazione e, con il supporto di misure a terra, la mappatura delle diverse tipologie di vegetazione anche a integrazione di dati rilevati da satellite ad alta risoluzione (c) come le mappe di Ndvi fornite dal programma Copernicus su dati Sentinel 2.

