

- [2] Chiabrando, F. D'Andria, F. Sammartano, F. Spanò, A. 2016. *3D modelling from UAV data in Hierapolis of Phrigia (TK)*. In: 8th International Congress on Archaeology, Computer Graphics, Cultural Heritage and Innovation 'ARQUEOLÓGICA 2.0', Valencia (Spain), Sept. 5 – 7, 2016. pp. 347-349
- [3] Lerma, J. L., Seguí, A. E., Cabrelles, M., Haddad, N., Navarro, S., Akasheh, T., 2011. *Integration of laser scanning and imagery for photorealistic 3D architectural documentation*. INTECH Open Access Publisher. DOI: 10.5772/14534
- [4] Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D. (2011). *UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling—current status and future perspectives*. ISPRS Archives, 38(1), C22. DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011
- [5] Fernandez Galarreta, J.; Kerle, N.; Gerke, M., 2015. *UAV-based urban structural damage assessment using object-based image analysis and semantic reasoning*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 15, 1087–1101.
- [6] Maier, R., 2016. *Assessing Disaster Damage: How Close Do You Need to Be?*. In: <https://irevolutions.org/2016/02/09/how-close/> (9/02/2016)
- [7] Lemoine, G., Corbane, C., Louvrier, C., Kauffmann, M., 2013. *Intercomparison and validation of building damage assessments based on post-Haiti2010-earthquake imagery using multi-source reference data*. Nat. HazardsEarthSyst.Sci.Discuss., 1(2),1445-1486.
- [8] Rathje, E. M., Franke, K., 2016. *Remote sensing for geotechnical earthquake reconnaissance*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 91, 304-316.
- [9] Rastiveis, H., Samadzadegan, F., and Reinartz, P.: *A fuzzy decision making system for building damage map creation using high resolution satellite imagery*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 455–472, doi:10.5194/nhess-13-455-2013, 2013
- [10] Gerke, M., Kerle, N., 2011. *Automatic structural seismic damage assessment with airborne oblique Pictometry® imagery*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 77(9), 885-898.
- [11] Bosse M., Zlot R., Flick P., 2012, *Zebedee: Design of a Spring-Mounted 3D Range Sensor with Application to Mobile Mapping*, IEEE Transactions on Robotics, 28 (5), 1104 – 1119, DOI:10.1109/TRO.2012.2200990.
- [12] Riisgaard S., Blas M., 2005. *Slam for Dummies. A Tutorial Approach to Simultaneous Localization and Mapping*, Available: <http://ocw.mit.edu/NR/rdonlyres/Aeronautics-and-Astronautics/16-412.JSpring-2005/9D8DB59F-24EC-4B75-BA7A-F0916BAB2440/0/1aslambblas-repo.pdf>.
- [13] Thomson C., Apostolopoulos G., Backes D., Boehm J., 2013, *Mobile laser scanning for indoor modelling*, ISPRS Annals, Volume II-5/W2, doi:10.5194/isprsannals-II-5-W2-289-2013.
- [14] Boccardo P., F. Chiabrando, F. Dutto, F. G. Tonolo, A. Lingua, 2015. *UAV deployment exercise for mapping purposes: Evaluation of emergency response applications*. Sensors, 15 (7), 15717- 15737.
- [15] Chiabrando, F., Di Pietra, V., Lingua, A., Maschio, P., Noardo, F., Sammartano, G., and Spanò, A., 2016. *TLS models generation assisted by UAV survey*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B5, 413-420, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B5-413-2016, 2016.
- [16] Aicardi, I., Chiabrando, F., Grasso, N., Lingua, A. M., Noardo, F., Spanò, A., 2016. *UAV photogrammetry with oblique images: first analysis on data acquisition and processing*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 835-842, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-835-2016, 2016.
- [17] Potenziani, M., Callieri, M., Dellepiane, M., Corsini, M., Ponchio, F., & Scopigno, R. (2015). (2015). *3DHOP: 3D heritage online presenter*. Computers & Graphics 52 (2015): 129-141.

Modelli 2D e 3D in scenari emergenziali : impieghi operativi di UAV per la pianificazione delle attività di ricerca e soccorso e per le valutazioni preliminari su edifici ad elevato sviluppo verticale

Franco Feliziani, CNVVF - Direzione Regionale Emilia Romagna, franco.feliziani@vigilfuoco.it

Onofrio Lorusso, CNVVF - Comando Provinciale Varese, onofrio.lorusso@vigilfuoco.it

Andrea Ricci, CNVVF - Comando Provinciale Imperia, andrea.ricci@vigilfuoco.it

Andrea Massabò, CNVVF - Comando Provinciale Genova, andrea.massabo@vigilfuoco.it

Andrea Di Lolli, CNVVF - Comando Provinciale Torino, andrea.dilolli@vigilfuoco.it

Alessandro Colangeli, CNVVF - Comando Provinciale Teramo, alessandro.colangeli@vigilfuoco.it

Mattia Fiorini, CNVVF - Comando Provinciale Savona, fiorini.mattia@vigilfuoco.it

ABSTRACT

La risposta del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CNVVF) allo scenario emergenziale di agosto/ottobre 2016 in Italia centrale è stato caratterizzato dall'impiego di sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR), con i quali sono stati effettuati sull'area del cratere oltre 1000 missioni, tra video-ispezione da remoto di aree a rischio crollo, nonché modellazione 2D e 3D di centri urbani, di frane e di edifici colpiti dal sisma. Gli ambiti operativi in cui i SAPR sono stati impiegati, hanno reso disponibile ai soccorritori un differente "punto di vista" in base al quale effettuare le proprie analisi e valutazioni. Il basso costo e la rapidità di impiego dei sistemi SAPR in tali scenari consentono di coniugare la necessità di precise informazioni quasi in tempo reale e con cadenze periodiche, con il vantaggio di abbattere sensibilmente l'esposizione al rischio per gli operatori, rendendo più veloci ed efficienti le operazioni di pianificazione degli interventi di ricerca e soccorso (SAR) e di messa in sicurezza.

L'esperienza maturata in questo scenario emergenziale ha consentito al CNVVF di confrontare l'impiego operativo di aeromobili a pilotaggio remoto ad ala fissa e multirottore, evidenziandone le diverse peculiarità applicative sulla base delle condizioni al contorno degli scenari di intervento, delle condizioni meteo, nonché di confrontare tra loro i diversi prodotti finiti ottenibili. In aggiunta, è stata approfondita la tematica dell'impiegabilità, dei dati acquisiti dai SAPR, da parte di altri settori del Corpo Nazionale quali la topografia applicata al soccorso (TAS), il settore Urban Search and Rescue (USAR), i Gruppi Operativi Speciali (GOS), le sezioni operative, i nuclei di foto-video-documentazione (CDV) e di comunicazione in emergenza (COEM) ed il nucleo interventi speciali (NIS), consentendo anche di sviluppare procedure operative di impiego dei SAPR in grado di fornire prodotti specifici per i diversi utilizzi.

L'impiego dei SAPR nei diversi scenari operativi ha consentito di testare differenti software di elaborazione, nonché procedure e parametri di volo e di ripresa, quali ad esempio altezza e velocità di volo, impostazioni di ripresa dei sensori ottici, volo in modalità manuale o assistita con piano di volo, rendendo possibile la redazione di procedure operative standard con parametri ottimali e modalità di volo standardizzate sulla base dello scenario di impiego e del tipo di risultato atteso.

L'ampia gamma di applicazioni operative dei sistemi a pilotaggio remoto da parte del settore SAPR del Corpo Nazionale nell'ambito dell'evento sismico dell'Italia centrale di Agosto-Ottobre 2016, consente di presentare un'interessante analisi di applicabilità di differenti tipi di velivoli, di modalità di intervento e di prodotti finiti basata su un numero molto consistente di esempi applicativi e reali di modelli 2D geometricamente corretti, di modellazioni 3D e di analisi multitemporale.

1. Introduzione - Lo scenario sisma Italia centrale – l'attività e la risposta SAPR

L'evento sismico che ha colpito l'Italia centrale a partire dal 24 Agosto 2016, con le successive scosse del 26 e 30 Ottobre 2016 e del 18 Gennaio 2017, e gli ulteriori scenari aggiuntisi e legati al rischio naturale, quali l'eccezionale nevicata invernale, le successive slavine (tra tutte quella che ha colpito l'Hotel Rigopiano), le frane e gli allagamenti conseguenza del rapido scioglimento delle eccezionali nevicata, rendono lo scenario nel suo complesso un "cigno nero", in termini di rarità, tra gli eventi sismici che hanno colpito l'Italia negli ultimi 100 anni.

La risposta del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (in seguito CNVVF) ad un evento così particolare è stata molto consistente ed immediata, non solo in termini di personale, ma soprattutto in termini delle diverse tipologie di specializzazioni del CNVVF che hanno potuto trovare in tale complesso scenario l'occasione di integrare le rispettive procedure operative confrontandosi operativamente in uno scenario reale e difficilmente simulabile. Sono stati impiegati tra gli altri i nuclei di topografia applicata al soccorso (TAS), i nuclei di soccorso e salvataggio in ambiente urbano (USAR), le unità di ricerca cinofile, i gruppi operativi speciali di movimento terra (GOS-MT), il nucleo interventi speciali (NIS), e per la prima volta anche il nucleo dei sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR).

Il sisma ha fornito quindi un'occasione senza precedenti al CNVVF di sviluppare il settore SAPR in maniera rapida e professionale, ed il numero imponente di interventi nei quali sono stati impegnati (oltre 1000 missioni operative) ha consentito di acquisire un'esperienza operativa ineguagliabile su questo tipo di scenario. Dal 24 di agosto 2016 fino ad oggi, sono state sviluppate, sperimentate, perfezionate e standardizzate tutte le procedure necessarie al fine di ottenere dei prodotti finali, mirati alle richieste operative, con elevati standard qualitativi e di sicurezza, ponendo gli APR in condizioni di stress, sia in termini meccanici sia elettronici, sottoponendoli ad esempio a differenti condizioni meteo, dal caldo umido di agosto ad freddo estremo con vento di novembre-dicembre.

Anche gli equipaggi, nello svolgimento delle attività di rilievo e monitoraggio, confrontandosi con lo scenario altamente critico, complesso e vario nel quale si sono condotte le operazioni con elementi di rischio compresenti quali la presenza potenziale di soccorritori e/o di persone civili, la vicinanza ai campi allestiti dalla Protezione Civile, la presenza di ostacoli morfologici o antropici, il rischio naturale o indotto dello scenario stesso, unitamente alla presenza di vento o fenomeni atmosferici avversi, hanno avuto l'occasione di testare sul campo ed affinare le procedure operative di volo e di esecuzione delle missioni.

2. SAPR in dotazione - raffronto in base alle evidenze sullo scenario SISMA

La flotta del nucleo SAPR dei Vigili del Fuoco è composta di sistemi con caratteristiche differenti, che singolarmente si adattano alle necessità dei vari scenari d'intervento.

I SAPR ad ala fissa, che più facilmente rispondono a criteri di inoffensività (es. micro) e che hanno autonomie di volo maggiori, si prestano maggiormente ad operare in zone in cui non sia possibile escludere la presenza di persone estranee alle operazioni, o in aree vaste per la produzione di modelli 2D. Necessitano però di opportune aree per il decollo e l'atterraggio.

I SAPR multirottore invece, per la capacità di decollare e atterrare in verticale (Vertical Take Off and Landing – VTOL), di mantenimento della posizione (hovering) e più in generale per la maggiore facilità di manovra, pur scontando una generale minore autonomia di volo ed opportunamente equipaggiati con terminatore di volo, sono più versatili potendo essere impiegati sia in sorvoli per la realizzazione di modelli 2D, sia in sopralluoghi o rilievi per modelli 3D, oltre che in attività indoor e per streaming.

Attualmente la flotta di SAPR del CNVVF è composta da:

APR ad ala fissa: Sensefly EBEE

APR multirottore: DJI Inspire 1 e Parrot Bebop 2

3. Prodotti del nucleo SAPR

3.1. Modelli 2D

Le fotografie scattate durante un volo con APR, a quote di volo tipiche della cosiddetta fotogrammetria del vicino (al di sotto dei 200 [m]) consentono molteplici applicazioni pratiche e tecniche. Tralasciando la visione dall'alto di ogni singolo scatto, il cui contesto applicativo è utile ed ovvio, l'unione di più scatti realizzati per questo specifico scopo, se analizzati con tecniche proprie della stereoscopia e della fotogrammetria, può produrre modelli bidimensionali dello scenario ripreso, di indubbio interesse.

Le attività svolte nelle aree del centro Italia colpite dai terremoti che si susseguono dal 24 agosto 2016, hanno permesso di sperimentare l'applicabilità di queste tecniche ai reali aspetti operativi di interesse per l'attività del CNVVF, affinando le tecniche citate da un punto di vista più strettamente legato alle attività ed alle necessità del soccorso tecnico che possono essere riassunte, prescindendo dal prodotto finale di interesse, nell'ottenere il prodotto richiesto nel modo più rapido ed efficace possibile selezionando le variabili in gioco quali la quota di volo, la precisione del rilievo ed il tempo di esecuzione non solo in funzione del prodotto atteso ma anche della sicurezza delle operazioni e del personale impiegato.

3.2. Modalità di ripresa aerea

Le modalità di ripresa dipendono principalmente da alcune caratteristiche dell'APR, dalla tipologia di sensore utilizzato, dal dettaglio della rappresentazione richiesta, dalla morfologia del territorio, nonché dalle condizioni meteo locali.

A differenza della fotogrammetria commerciale, solitamente realizzata negli orari e nelle stagioni più opportune che più si avvicinano alle condizioni di lavoro ideali, in uno scenario emergenziale non vi è la possibilità di attendere condizioni meteo perfette per le riprese, fatte salve quelle minime necessarie per la sicurezza del volo.

Operando ad esempio nel periodo invernale con basse temperature e giornate brevi e male illuminate, oppure in giornate nuvolose e con poca luce, presenza di neve ed altre condizioni poco favorevoli alle riprese hanno portato a sperimentare differenti settaggi delle camere a bordo degli APR al fine di ottenere comunque un prodotto utile allo scopo, cercando una sintesi con l'opposta necessità di utilizzare settaggi il più possibile standardizzati per ridurre al minimo le variabili in gioco, e con esse la possibilità di errore.

L'esecuzione più veloce e più semplice si ottiene in modalità completamente automatica ma ha un rendimento accettabile solo quando si ha un'illuminazione della scena omogenea e costante mentre la migliore esecuzione si otterrebbe settando manualmente i differenti parametri ma questo richiederebbe conoscenze approfondite di fotografia nonché tempi di valutazione più lunghi, ambedue caratteristiche non compatibili con gli scenari operativi trattati in questo documento.

Oltre alle comuni variabili della fotografia legate alla luminosità come l'esposizione, l'apertura del diaframma e il tempo di scatto, per una fotocamera montata su una piattaforma in movimento, si aggiungono la velocità di traslazione e l'angolo di ripresa, e nel caso di scatti volti all'ottenimento di modelli 2D la valutazione impone anche altre considerazioni come la quantità di luce che colpisce il sensore e la profondità di campo, permettendo di avere quello che si chiama "deep focus" in cui parti vicine e distanti nel campo inquadrato risultano comunque a fuoco.

Al fine perciò di produrre immagini con esposizione e profondità di campo il più possibile omogenee all'interno dello stesso blocco di immagini, per quanto sopra esposto, non è possibile definire a priori il valore dei parametri, ma piuttosto fissare alcuni valori lasciando un range (il più possibile limitato) per alcuni parametri da impostare in base alle condizioni di luce presente e della scena da riprendere.

I payloads in uso dalla flotta VVF sono:

Modello	Canon G9X	Zenmuse X5	Zenmuse Z3
Risoluzione	20 [Mpx]	16 [Mpx]	12 [Mpx]
Ottica	f 2-4.9 / 10-30 [mm]	f 1.7 / 15 [mm]	F 2.8-5.2 / 4-14 [mm]
Sensore	1"	Micro 4/3	1 / 2.3"
APR	Sensefly Ebee	DJI Inspire 1	DJI Inspire 1

Le modalità di volo utilizzate per realizzare i modelli 2D sono state standardizzate. Si è scelta una quota di volo media tra i 300 e i 400 [ft] AGL per ottenere una corrispondente risoluzione a terra di circa 3-5 [cm/pixel]. Tale quota di volo permette di raggiungere un buon compromesso tra l'area ripresa in una singola missione ed una risoluzione a terra che sia utile per gli scopi di interesse.

In particolare con i payloads citati e le autonomie scelte per operare con sufficienti margini di sicurezza, le prestazioni dei due modelli di APR sono (a quota di volo di 330 [ft] e con le ottiche sopra riportate)

APR	Sensefly Ebee	DJI Inspire 1
autonomia	25 [min]	13 [min]
area rilevata	35 - 45 [ha]	15 - 20 [ha]
efficienza	1.4 - 1.8 [ha/min]	1.1 - 1.5 [ha/min]

3.3. Piano volo ed applicazioni per modelli 2D

Al fine di ottimizzare i tempi e semplificare la pianificazione del volo per l'acquisizione di immagini per modelli 2D, focalizzando l'attenzione solo sui parametri di reale interesse, sono state utilizzate tre applicazioni software per la pianificazione dei voli: Emotion2, Pix4D-Capture e DJI GS Pro.

- APR ad ala fissa

Il primo software si utilizza su PC portatile ed è finalizzato alla pianificazione dei voli dell'APR ad ala fissa Ebee. Permette di pianificare la missione, stabilire automaticamente la quota volo specificando la risoluzione a terra che si vuole ottenere e, caratteristica molto importante, utilizza i DEM per modificare la quota di volo in modo da mantenere costante la quota AGL e quindi la risoluzione a terra anche su aree da rilevare che presentano forti variazioni di quota.

Provvede in autonomia a suddividere la missione di rilievo in più voli, una volta specificata l'autonomia desiderata della batteria, e permette di specificare il buffer 3D di sicurezza all'interno del quale mantenere l'APR durante la missione. E' inoltre possibile simulare la missione inserendo l'intensità e la direzione del vento. La possibilità di delimitare l'area da rilevare mediante una poligonale anziché un rettangolo permette di ottimizzare l'autonomia dell'APR evitando il sorvolo di spazi indesiderati. Il software mantiene un contatto radio costante con l'APR durante la missione attraverso un link radio USB, permettendo di seguire l'andamento della missione e variare il piano di volo in tempo reale, programmare rientri o soste di emergenza.

- APR multirottore

Per gli APR multirottore (DJI Inspire 1) si è utilizzata l'applicazione Pix4D per tablet Android o iOS. Essa permette di programmare dei voli autonomi con decollo e atterraggio dal punto di accensione dell'APR (in seguito Home point), programmando automaticamente il volo una volta

specificata l'area di interesse tracciando un rettangolo sulla mappa. I parametri di interesse per la programmazione della missione sono la quota di volo, la sovrapposizione frontale e laterale tra le immagini acquisite, l'inclinazione della camera rispetto alla verticale e la tipologia di percorso di sorvolo distinguendo tra singola strisciata o passaggi su griglia incrociata. La sovrapposizione del fotogramma sia frontale che laterale garantisce che vi sia un'adeguata area comune tra scatti vicini in modo da rendere possibile il processo di unione dei vari fotogrammi che si basa sul riconoscimento di punti a terra presenti in più immagini. Pix4D – Capture, non utilizzando informazioni altimetriche (DEM), non permette di effettuare voli mantenendo la distanza da terra costante; un altro limite è la forma fissa rettangolare del piano volo che non permette di ottimizzare il tempo e l'autonomia dell'APR costringendo il sorvolo di aree non interessate dalla ripresa. Come riportato più avanti, con queste procedure di pianificazione assistita delle missioni è possibile ridurre i tempi necessari rispetto ad una missione non automatizzata, permettendo inoltre ai piloti di concentrarsi sulla sicurezza del volo, sull'avvicinamento eventuale di altri velivoli e/o uccelli.

3.4. Range dei parametri di volo e impostazioni camera

Dall'esperienza acquisita, per i prodotti di interesse citati nel presente lavoro sono state ricavate le seguenti indicazioni sui parametri di volo e sulle impostazioni della camera, le quali permettono di ottenere una risoluzione dei prodotti di 3-5 [cm/pixel] per i modelli 2D con immagini geometricamente corrette e tra 9-15 [cm/pixel] per i modelli DSM.

Parametro	valore	note
Quota di volo (AGL)	90-130 [m]	
Velocità di volo	3 – 8 [m/s]	velocità più alte in caso di scene molto luminose
Sovrapposizione *	90F – 80L [%]	
ISO *	fisso (100)	Sono da privilegiare valori bassi
Apertura *	4 - 6	a seconda della luce
Modalità scatto *	priorità apertura (A)	

* si applica per il multirottore

Dal punto di vista delle immagini riprese, gli errori più gravi che possono compromettere l'intera missione sono inerenti la messa a fuoco e la corretta esposizione.

I software per l'analisi delle immagini aeree volta alla produzione di modelli 2D e immagini geometricamente corrette sfruttano il riconoscimento degli stessi punti a terra ripresi da differenti angolazioni (scatti da posizioni differenti) per ricavare informazioni sulla profondità e poter ricostruire la geometria in tre dimensioni della scena ripresa, sfruttando i principi della stereoscopia.

Nell'immagine sottoriportata si possono vedere i punti rilevati automaticamente che saranno ricercati nelle immagini vicine (cerchi blu e bianchi) :



Figura 1 - Esempio di punti utilizzati per l'unione di fotogrammi adiacenti

Dall'immagine sopra si nota come i punti rilevati automaticamente, in prevalenza aree a contrasto cromatico netto, siano di dimensioni molto contenute (4-10 pixel). E' pertanto necessario che l'immagine sia perfettamente a fuoco e correttamente esposta per rilevare correttamente il maggior numero di punti (chiamati "Key points" in quanto essenziali per l'unione di fotogrammi contigui). Nell'immagine sotto si può notare come nelle aree sovraesposte (indicate da frecce rosse) non sia stato rilevato nessuno di tali punti con conseguente difficoltà di unione con altri fotogrammi o errori di posizionamento :



Figura 2 - Immagine sovraesposta in cui si nota la mancanza di key points

3.5. Georeferenziazione

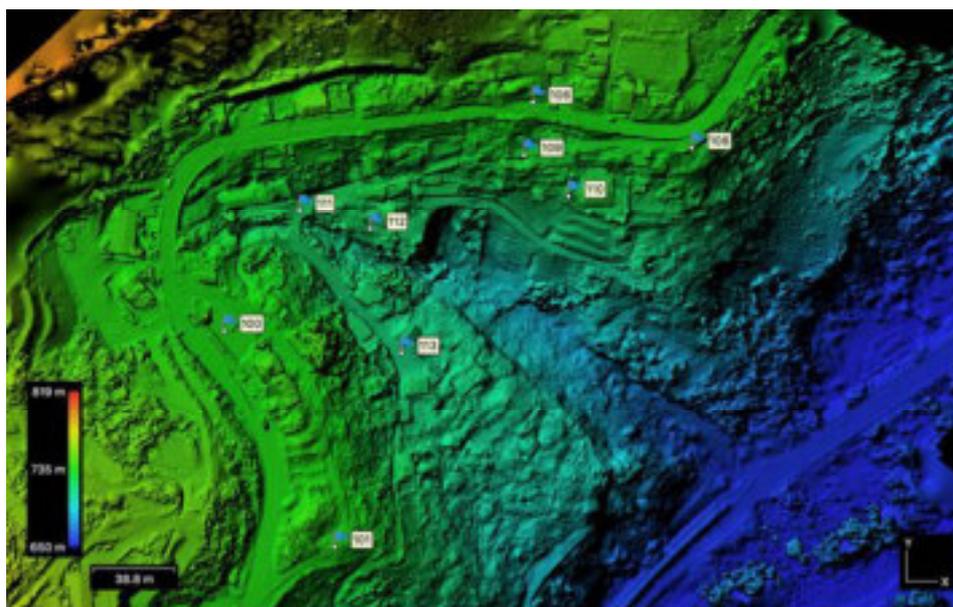
Il posizionamento geografico dei modelli 2D è essenziale per quasi tutte le analisi che possono essere fatte su tali prodotti. Consente infatti di potervi sovrapporre altri livelli informativi territoriali al fine di integrare le informazioni geografiche di cui si dispone, come ad esempio strade o perimetri degli edifici, o ancora informazioni sull'altimetria etc. E' altresì essenziale per poter effettuare una analisi su modelli relativi alla stessa area di interesse ricavati in tempi differenti, ad esempio prima e dopo una scossa al fine di analizzarne i cambiamenti.

Ogni immagine contiene nei propri metadati la posizione GPS in cui è stata scattata, relativamente alla piattaforma aerea che trasportava la fotocamera. Da questa affermazione discendono due tipi di errore di posizionamento: il primo e più grande, relativo alla precisione dell'hardware GPS di bordo che ha registrato la posizione, il secondo e più piccolo, relativo alla distanza fisica tra il centro elettrico dell'antenna GPS (posizione misurata dal GPS) e il centro dell'obiettivo della fotocamera. Gli ordini di grandezza sono di circa 1-5 [metri] per il primo, per gli APR in dotazione al nucleo SAPR del CNVVF, e di 5-30 [cm] per il secondo.

Nonostante i software di processamento delle immagini da APR possano sfruttare le informazioni contenute in centinaia di immagini per ogni singola missione, riuscendo perciò a migliorare leggermente tale errore, se non si utilizzano punti di controllo a terra di coordinate note, non è possibile scendere sotto 1-3 [m] di errore, più che sufficienti per molte applicazioni. Per le applicazioni in cui sia necessaria una maggior precisione, mediante l'utilizzo di punti di controllo a terra rilevati con opportuna precisione (GPS RTK con precisione sub-centimetrica ad esempio) è possibile ottenere precisioni dell'ordine del centimetro. Tale procedura però richiede, sebbene solo la prima volta per ogni sito di interesse, tempi più lunghi. E' necessario infatti scegliere i punti da rilevare in modo che siano riconoscibili e visibili dalle immagini scattate dall'APR e distribuire uniformemente tali punti su tutta l'area di interesse, nonché elaborare successivamente i punti rilevati al fine di ottenere la precisione desiderata.

Si riportano di seguito le immagini relative ad una missione su Pescara del Tronto (immagine 2D geometricamente corretta e DSM), in cui sono visibili i punti di controllo a terra utilizzati (ottenuti dal dipartimento di Geomatica del Politecnico di Torino) :





Si utilizza solo una parte dei punti per la correzione del posizionamento dei modelli 2D, in modo da poter utilizzare i rimanenti punti come punti di controllo indipendenti della precisione ottenuta (check point). La precisione ottenuta in questa missione risulta, come da immagine sottoriportata di 5 [cm] sui punti di controllo (quelli con la spunta verde) e di 9 [cm] sui punti di verifica.

Markers	▲	Eastin	Nort	Altit	Acc:	Error (m)	Projection
✓	100	358...	47...	73...	0.0...	0.050514	38
✓	101	358...	47...	73...	0.0...	0.057358	35
	106	358...	47...	73...	0.0...	0.064491	36
✓	108	358...	47...	73...	0.0...	0.066419	21
✓	109	358...	47...	72...	0.0...	0.034196	25
✓	110	358...	47...	72...	0.0...	0.047334	26
✓	111	358...	47...	71...	0.0...	0.037105	27
	112	358...	47...	71...	0.0...	0.069743	45
	113	358...	47...	711...	0.0...	0.139252	57
Total Error							
						0.050066	
						0.097321	

Si riportano di seguito i flussi di lavoro sviluppati per una generica missione di volo (primo diagramma) e per la realizzazione dei prodotti 2D (successiva al volo – secondo diagramma)

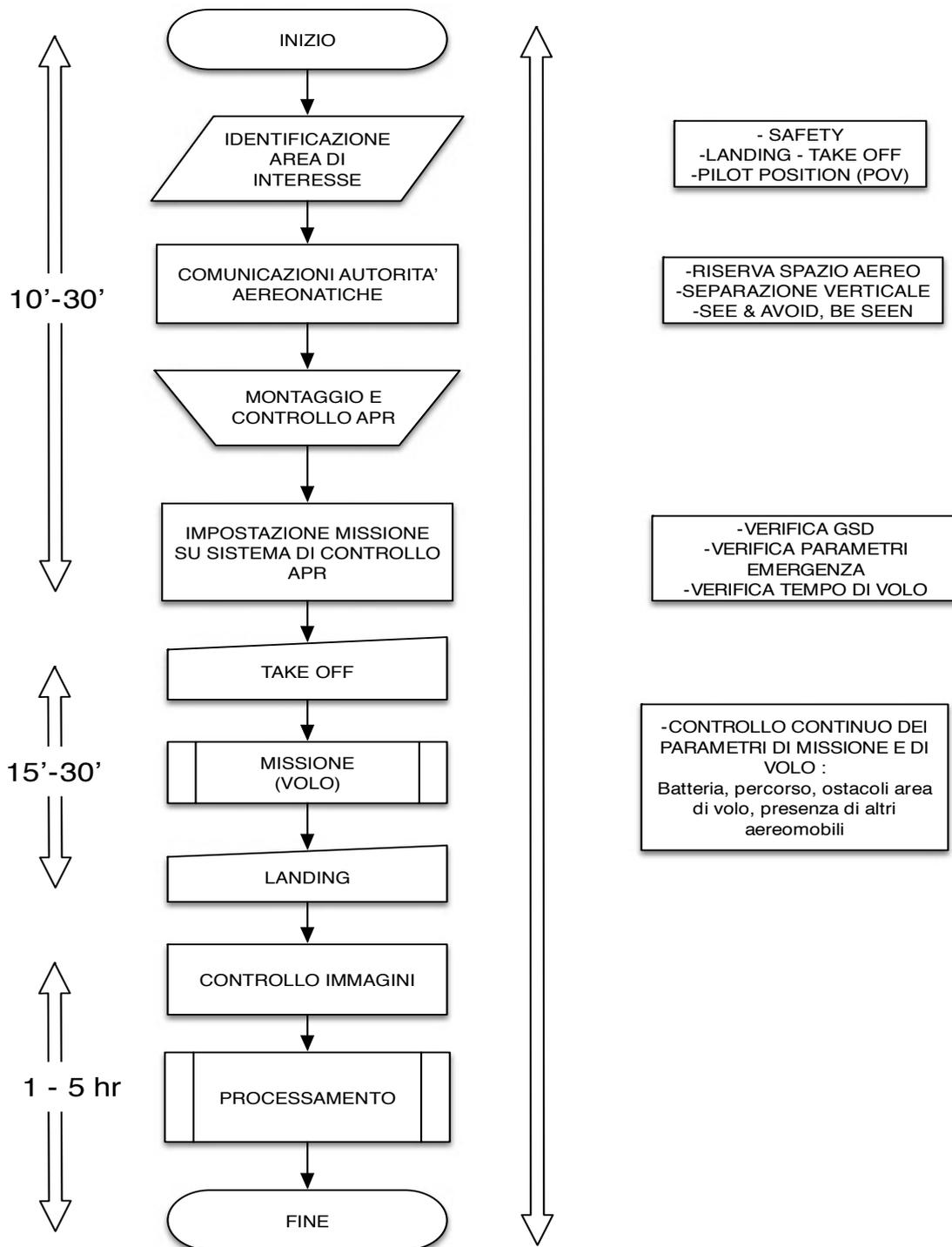
Workflow del volo:

Figura 3 - Flusso di lavoro di una generica missione di volo SAPR (con tempi)

Workflow prodotti:

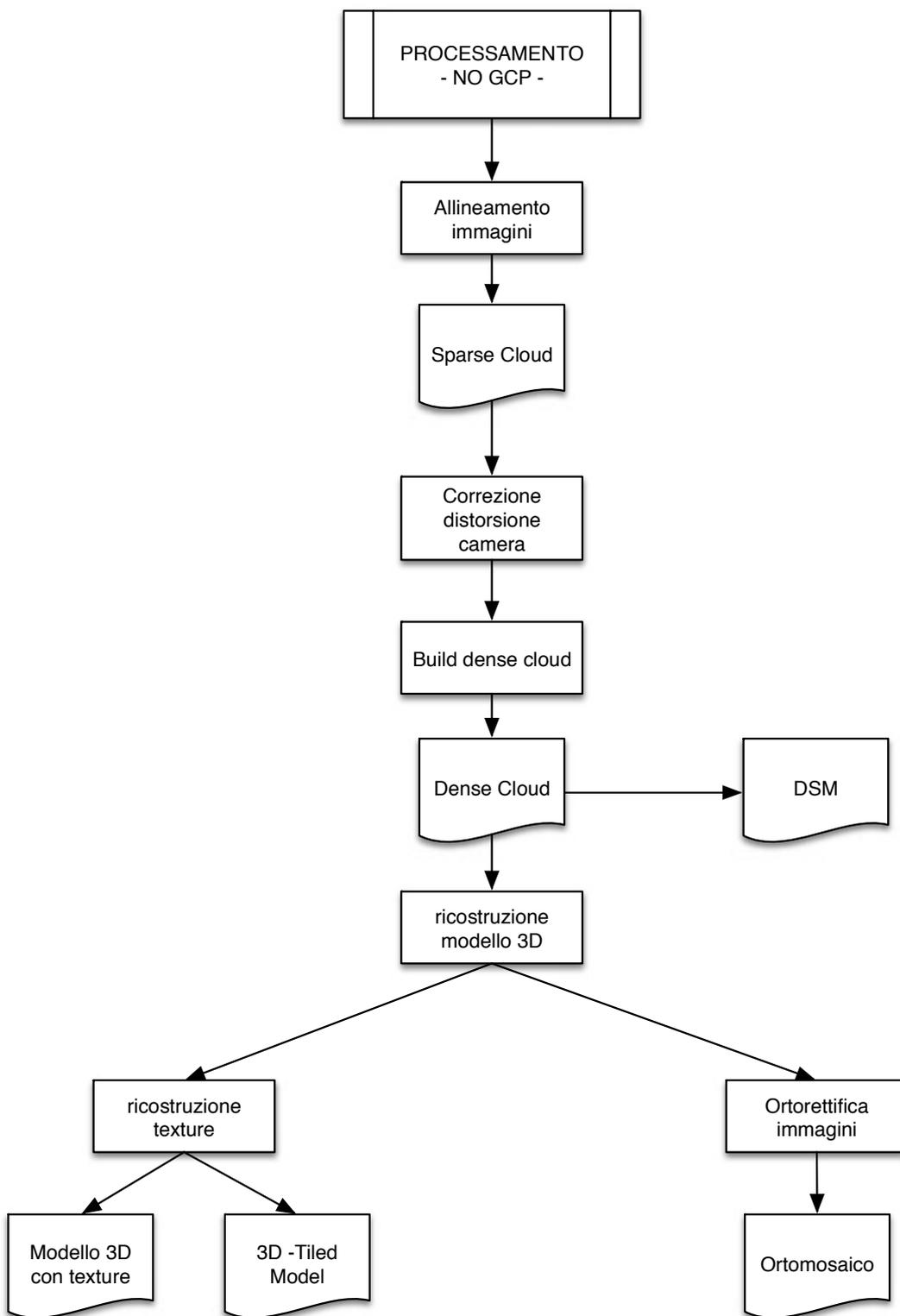


Figura 4 - Esempio di flusso di lavoro per modelli 2D senza punti di controllo a terra

4. Modelli 3D

Per modello in 3D si intende la ricostruzione tridimensionale di un particolare oggetto di interesse o parte di esso, ottenuto tramite il lavoro congiunto di un APR utilizzato per lo scatto delle fotografie e di un software dedicato alla sua ricostruzione virtuale.

Una volta terminata l'intera elaborazione, il modello 3D dell'oggetto ottenuto ci permetterà di calcolarne le reali dimensioni con precisione centimetrica, fornendo ad esempio un valido prodotto di supporto al Nucleo Interventi Speciali (NIS) sul quale poter lavorare in modo da stabilire eventuali strategie di messa in sicurezza o demolizione di un particolare edificio.

Esempio di ricostruzione in 3D della Diga di Campotosto:



Altri Esempi di ricostruzione in 3D:



4.1. Impostazione di volo

Durante la pianificazione del volo per la produzione di un modello tridimensionale, la strategia di ripresa impone che il target sia possibilmente libero su ogni lato, in modo da poter scattare le foto utili alla sua ricostruzione senza perdere alcun particolare. Per edifici completamente liberi, utilizzando le funzioni avanzate delle APP che gestiscono l'APR, si può stabilire di effettuare un volo semi automatico, con il quale l'aeromobile potrà ruotare ad una certa quota, ad un certo raggio, ad una certa velocità, e con un'inclinazione della camera voluta, scattando fotografie ad intervalli di tempo prestabiliti. In questo modo, una volta completata l'intera circonferenza si otterrà la totale copertura del target. Durante questa fase semi-automatica, nella quale l'APR compie un cerchio perfetto aiutato dal GPS on-board, il pilota può intervenire variando quota ed inclinazione della fotocamera in modo da implementare ulteriormente il numero di scatti e la bontà del risultato finale.



Figura 5 - volo in modalità mista semi automatica e manuale

Una volta terminata questa procedura semi-automatica, volando in modalità manuale, è necessario provvedere manualmente a scattare fotografie dall'alto ruotando la camera in posizione nadirale in modo da visualizzare completamente il target, sia fotografie in punti strategici dell'edificio per i quali sono richiesti eventuali particolari.

Nel caso di target situato in prossimità di altri edifici od in presenza di vie strette difficilmente percorribili in volo dall'APR in termini di standard di sicurezza, verrà adottata una strategia di volo manuale. Per quanto possibile, verranno scattate fotografie intorno al target con varie angolazioni della camera e con una sovrapposizione tra loro, tale da garantire una copertura ricca di particolari. In questa fase bisognerà evitare di scattare fotografie tenendo l'aeromobile in hovering a punto fisso variando solamente l'angolo di yaw tra gli scatti, ed adottare invece la tecnica di traslazione lungo il target cercando di essere quanto più possibile perpendicolari ad esso. Una volta completati tutti i lati del target accessibili in volo, sarà possibile implementare il progetto con foto scattate direttamente a terra in tutti quei luoghi di difficile accesso in termini di sicurezza da parte dell'APR.



Figura 6 - realizzazione di un modello 3D con volo manuale

Altro punto importante che ha permesso di adottare uno standard di sicurezza elevato durante la fase pre-volo, è stata quella di implementare e seguire check-list mirate per ogni tipologia di APR con le quali, oltre all'aeromobile vero e proprio, vengono controllati ed impostati sulle applicazioni tutti i parametri di sicurezza come distanza massima dalla Home, quota massima di volo e quota di Return to Home automatico, nonché tutti i Warning e gli errori eventualmente segnalati dall'APP durante le fasi di prevolo e volo. Particolare attenzione deve essere posta anche alle batterie ed alla loro efficienza, che può essere controllata in tempo reale dall'APP per ogni cella che la compone. Le batterie ai Polimeri di Litio hanno la particolarità di avere un picco di caduta pronunciato quando ci si trova sotto il 30% di carica residua, oltre che soffrire le basse temperature esterne, scaricandosi in maniera rapida, quando si è in prossimità dello zero o sotto.

Per quanto riguarda l'autonomia del volo ed il tempo necessario al completamento della missione, non essendo un lavoro eseguito con piano di volo automatico, e trovandoci quindi sempre nelle immediate vicinanze del target, la gestione delle batterie risulterà essere semplificata. Si potrà quindi pianificare l'atterraggio dell'APR ogni qualvolta ci si troverà con una carica residua giunta a circa il 30% della capacità totale, come da procedura standardizzata. Generalmente in base ai modelli utilizzati, una batteria standard garantirà circa 10 – 13 minuti di autonomia. L'autonomia dell'APR è comunque vincolata alla presenza di vento che costringe l'autopilota ad un utilizzo maggiore dei motori con conseguente scarica più rapida della batteria. Generalmente la modalità di volo per la ricostruzione in 3D di un target costringe l'aeromobile a rimanere per lunghi periodi in situazione di hovering, contribuendo così ad un consumo maggiore della batteria.

Sempre attraverso le applicazioni di controllo è possibile monitorare eventuali interferenze elettromagnetiche, presenti costantemente soprattutto nei centri abitati, e selezionare un canale di trasmissione meno disturbato, garantendo in questo modo un link tra aeromobile e radiocomando più stabile e senza rischi di fly away.

Per ultimo, ma non in termine di importanza, è necessario valutare le condizioni meteo locali e quelle che potranno essere le evoluzioni a breve termine. Inutile ribadire che non si potrà volare in presenza di fenomeni atmosferici piovosi, od in presenza di vento teso o a raffiche.

4.2. Processamento

Il processamento delle immagini scattate durante la missione rappresenta la fase finale del progetto di ricostruzione 3D, e si svolge attraverso l'utilizzo di software dedicati cercando di svolgere un lavoro molto accurato.

Anche per la parte software, sono state create procedure standardizzate *ad-hoc* per ogni tipologia di risultato che si vorrà ottenere. La procedura da effettuare è molto simile per i differenti software.

La prima fase del progetto, a prescindere dal software, sarà quindi quella di caricare ed allineare le fotografie scattate dall'APR in modo da posizionarle spazialmente grazie alle coordinate geografiche presenti nei metadati. In questa fase il software cercherà per ogni immagine i key Point presenti e li assocerà agli stessi punti presenti in immagini adiacenti. L'allineamento, come appena detto sopra, viene facilitato dalla presenza delle coordinate GPS nei metadati di ogni foto.

Si procederà quindi all'ottimizzazione automatica dei parametri della camera, che andranno a correggere la distorsione radiale, l'inclinazione sui piani, ed il *rolling shutter*.

Per i modelli 3D il posizionamento geografico riveste un'importanza residuale rispetto ai modelli 2D, mentre è importante conoscere la precisione delle misure del modello. Non è di interesse il posizionamento nello spazio ma la precisione delle dimensioni in quanto tale modello sarà utilizzato per progettazioni e rilievi successivi e sarà utilizzato tramite software di CAD per realizzare misure. Anche per i modelli 3D, ove sia necessaria una precisione maggiore di quella tipica dell'hardware GPS di bordo dell'APR (1-5 [m]) si procede prendendo misure reali sull'edificio, tipicamente distanze tra punti visibili. Il software utilizza una parte di tali misure per "scalare" il modello 3D e la restante parte per verificarne indipendentemente la precisione ottenuta.

Si riporta ad esempio il rilievo 3D della chiesa di Montereale, con le misure utilizzate e le relative precisioni raggiunte :

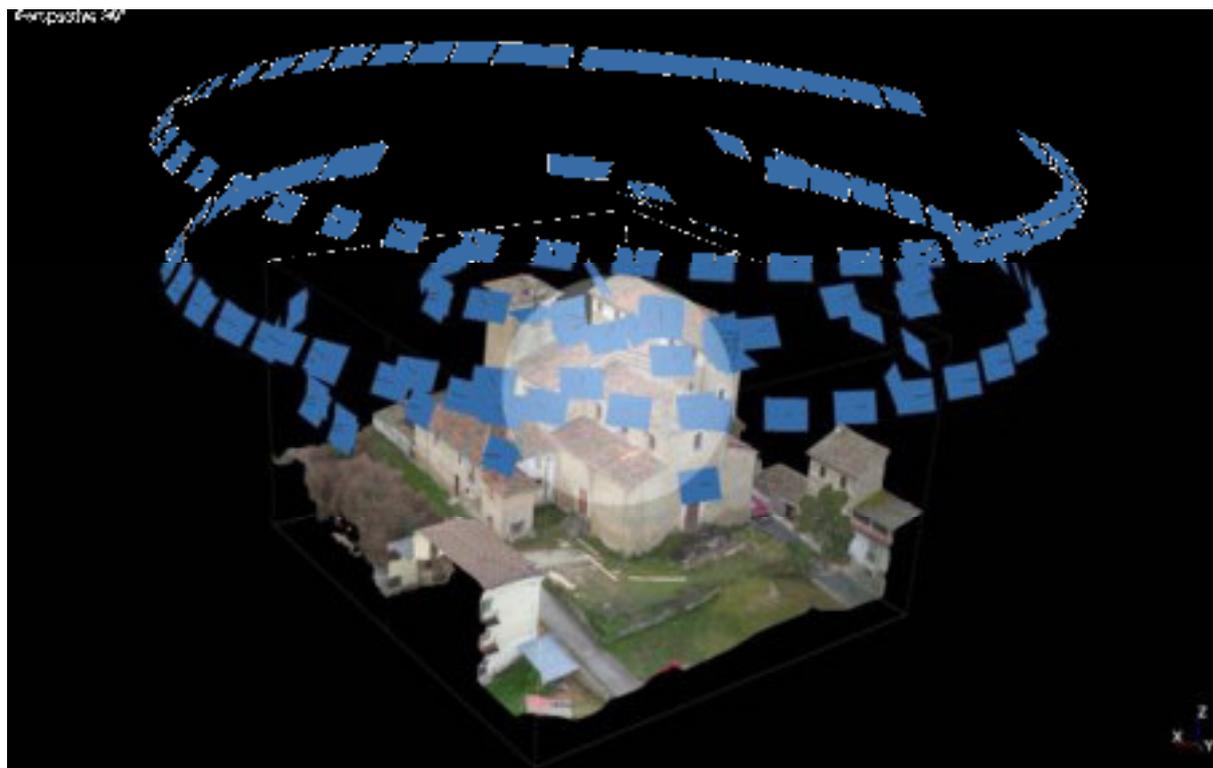


Figura 7 - modello 3d chiesa di Montereale - volo e riprese fotografiche



Figura 8 - modello 3d della chiesa di montereale - misure a terra

Scale Bars	▲	Distance (m)	Accuracy (m)	Error (m)	
▮		point...	6.310000	0.001000	0.024236
✓		point...	2.050000	0.001000	-0.109150
✓		point...	4.260000	0.001000	0.015417
Total Error					
		Control sca...			0.077947
		Check scal...			0.024236

Figura 9 - modello 3D chiesa di Montereale - precisioni

5. DSM e time lapse

Un prodotto finito di particolare interesse operativo è il modello digitale della superficie (DSM) ottenuto dall'analisi stereoscopica delle immagini come parziale rielaborazione della dense cloud.

E' una rappresentazione numerica che associa ad ogni punto a terra la quota corrispondente.

Può essere ricavato con le stesse modalità di missione utilizzare per le ortofoto e per i modelli 3D, purchè nella missione si sia tenuto conto delle eventuali particolarità orografiche e quindi siano state adeguatamente inquadrare tutte le parti non visibili dalla semplice ripresa nadirale.

La risoluzione al suolo ottenuta è, come per le ortofoto, funzione della quota di volo e delle caratteristiche della camera ma il legame è meno diretto essendo funzione di processi di filtraggio o densificazione dei punti (e relativi parametri) propri dell'algoritmo di elaborazione. Mentre la GSD dell'ortofoto può essere determinata analiticamente durante la pianificazione del volo, la GSD del DSM si può invece, per quanto esposto prima solo stimare: l'ordine di grandezza frutto dell'esperienza acquisita nelle missioni sullo scenario del sisma dell'Italia centrale è una GSD_DSM circa 4 volte maggiore della GSD_Ortofoto.

Le applicazioni operative del DSM sono :

- calcolo di volumi / ingombri
- percorribilità strade (in unione con shape file della viabilità)
- change detection (con più DSM, ad esempio pre e post evento)

Le applicazioni di utilizzo più immediato sono quelle relative al calcolo di volumi / ingombri, quali ad esempio le valutazioni sui volumi da rimuovere nelle pianificazione di sgombero strade, o l'analisi di percorribilità delle stesse

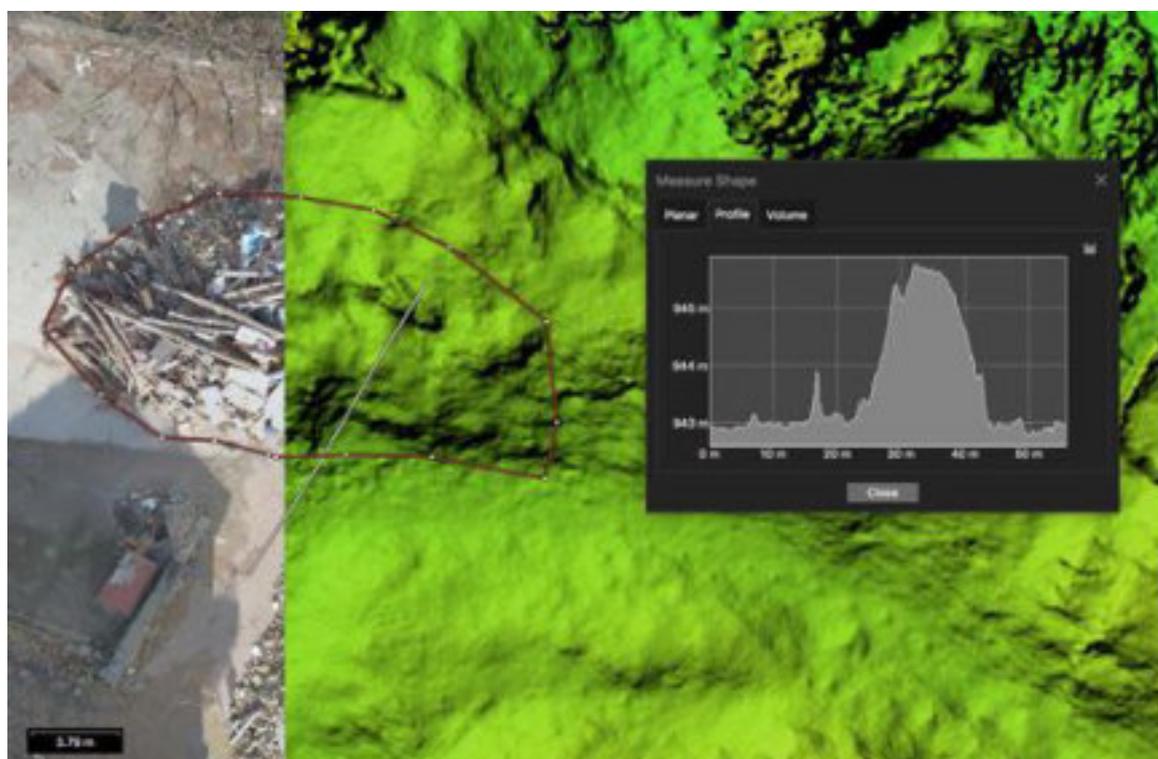


Figura 10 - esempio di calcolo del volume di macerie (Amatrice)

Possono così essere pianificate in tempi molto brevi le operazioni di sgombero / rimozione delle macerie volte a rendere accessibili zone di lavoro senza la necessità di sopralluoghi con conseguente minor rischio per gli operatori interessati, notevole riduzione dei tempi e maggior precisione delle misure.



Figura 11 - Esempio di analisi dei cambiamenti su Amatrice tra due scosse (Analisi fatta su DSM)



Figura 12 - confronto di DSM su Amatrice pre e post scossa

Si riportano di seguito tre modelli 2D e relativi DSM da sorvoli in date differenti



6. Conclusioni

L'impiego dei SAPR nei diversi scenari operativi concretizzati nell'area del cratere dell'evento sismico dell'Italia centrale di agosto-ottobre 2016, ha consentito al CNVVF di approfondire le tematiche applicative dei sistemi aeromobili a pilotaggio remoto a supporto delle attività di soccorso tecnico urgente con particolare riguardo ai destinatari della raccolta dei dati e delle informazioni. Tali sistemi hanno garantito, al personale direttamente impiegato nelle operazioni di soccorso, di garantire la possibilità di un differente "punto di vista" per operare le proprie valutazioni in ordine alla pianificazione degli interventi ed alle valutazioni preliminari di criticità degli edifici ad elevato sviluppo verticale, molto spesso caratterizzati anche dall'impossibilità di essere raggiunti con mezzi ordinari.

L'esperienza operativa è stata importantissima per gettare solide basi del settore nel CNVVF; per il futuro bisognerà impiegare risorse ed energie per integrare i SAPR con le altre specialità del Corpo in modo da rappresentare un valore aggiunto in grado di incrementare l'efficienza e l'efficacia della risposta operativa, riducendo sensibilmente l'esposizione al rischio del personale.

REFERENCES

- Chiabrando, F., Lingua, A., *Fotogrammetria diretta con RPAS*, Geomedia n°1-2015
- Colomina, I., Molina, P., *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79-97. (2014)
- Day, D., Weaver, W., Wilsing, L., *Accuracy of UAS Photogrammetry: A comparative Evaluation*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.82(12), pp.909-914. (2016)
- De Reu, J., De Smedt, P., Herremans, D., Van Meirvenne, M., Laloo, P., De Clercq, W., *On introducing an imagebased 3D reconstruction method in archaeological excavation practice*. Journal of Archaeological Science 41: 251-262. (2014)
- Feliziani, F., Lorusso, O., Bernabei, G., Corrao, S., Galli, F., Bonifazi, P., Mastropietro, B., *Progetto di impiego operativo dei Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR) nel CNVVF*, Convegno su Valutazione e Gestione del Rischio negli Insediamenti Civili e Industriali (VGR), 11-15 Settembre, Roma (2016)
- Patrice E. Carbonneau, James T. Dietrich, *Cost-effective non-metric photogrammetry from consumer-grade sUAS: implications for direct georeferencing of structure from motion photogrammetry*, Earth surface processes and landforms. (2016)
- Qi, J., Song, D., Shang, H., Wang, N., *Search and Rescue Rotary-Wing UAV and its application to the Lushan Ms 7.0 Earthquake*, Journal of field robotics, 33(3), 220-321. (2016)
- Remondino, F., Spera, M. G., Nocerino, E., Menna, F. and Nex, F., *State of the art in high density image matching*. Photogram Rec, 29: 144-166. (2014)
- Svaty, Z., *Use of close-range photogrammetry in forensic science*, XIIIth Youth Symposium on Experimental Solid Mechanics, June 29th – July 2nd, Czech Republic (2014)
- Tonkina, T.N., Midgleya, N.G, Grahamb, D.J., Labadza, J.C., *The potential of small unmanned aircraft systems and structure-from-motion for topographic surveys: A test of emerging integrated approaches at Cwm Idwal, North Wales*, Journal of Geomorphology (2014)

**Modello di integrazione del settore SAPR VVF nel dispositivo di soccorso aereo del CNVVF in risposta a calamità nazionali:
Attivazione del Nucleo SAPR VVF nell'ambito del Reparto Volo Temporaneo VVF istituito presso il COA VVF di Cittareale**

Franco Feliziani, CNVVF - Direzione Regionale Emilia Romagna, franco.feliziani@vigilfuoco.it

Onofrio Lorusso, CNVVF - Comando Provinciale Varese, onofrio.lorusso@vigilfuoco.it

Giulio Bernabei, CNVVF - Ufficio Coordinamento Soccorso Aereo, giulio.bernabei@vigilfuoco.it

Matteo Monterosso, CNVVF - Ufficio Coordinamento Soccorso Aereo, matteo.monterosso@vigilfuoco.it

Berardino Mastropietro, CNVVF - Comando Provinciale L'Aquila, berardino.mastropietro@vigilfuoco.it

Igor Cicchelli, CNVVF - Reparto Volo Pescara, igor.cicchelli@vigilfuoco.it

ABSTRACT

La risposta del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CNVVF) allo scenario emergenziale di agosto 2016 è stato caratterizzato dall'immediata implementazione di un dispositivo di soccorso finalizzato alla attività di ricerca e soccorso che ha visto impiegati i mezzi aerei accanto alle colonne mobili in versione sisma. Oltre ai numerosi elicotteri che fin dalle prime luci dell'alba hanno sorvolato l'area del cratere soccorrendo persone e raggiungendo località isolate, il dispositivo di soccorso aereo è stato integrato con sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (SAPR).

Istituito immediatamente, il Comando Operativo Avanzato (COA) di Cittareale è stato il riferimento per l'attività di soccorso in provincia di Rieti. In tale area è stato istituito, con compiti di coordinamento e supporto logistico dell'attività aerea degli aeromobili vigilfuoco, il Reparto Volo Temporaneo VVF, nell'ambito del quale è stato attivato il Nucleo SAPR VVF, che ha segnato l'inizio dell'impiego operativo strutturato e coordinato di aeromobili a pilotaggio remoto nel CNVVF.

Nell'ambito del Nucleo SAPR VVF di Cittareale, hanno inizialmente operato un equipaggio ad ala fissa ed uno ad ala rotante, ed è stato fin da subito instaurato un modello ICS finalizzato ad ottimizzarne attività e crescita, senza tralasciare gli aspetti di Sicurezza Volo ed il coordinamento aeronautico, in uno scenario multi-aeromobile e multi-ente, caratterizzato dalla necessità di volare in uno spazio aereo regolamentato da NOTAM, conciliando le attività degli aeromobili a pilotaggio remoto con quelle degli elicotteri.

L'utilizzo dei SAPR fin dalle prime ore dopo il sisma ha consentito di incrementare l'efficacia operativa del personale del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CNVVF), mediante la veicolazione di informazioni particolareggiate sullo scenario emergenziale. Il basso costo e la rapidità di impiego dei sistemi SAPR in tali scenari consente di coniugare la necessità di precise informazioni quasi in tempo reale con il vantaggio di abbattere sensibilmente i rischi per gli operatori, rendendo più veloci ed efficienti le operazioni di pianificazione degli interventi di ricerca e soccorso (SAR).

Notevoli sono state le difficoltà legate all'attivazione durante la primissima fase emergenziale, ma altrettanto di interesse sono stati i risultati conseguiti. La molteplicità degli scenari di impiego degli aeromobili a pilotaggio remoto (oltre 1000 missioni effettuate, tra video-ispezione da remoto di aree a rischio crollo e di edifici a notevole sviluppo verticale, foto-video documentazione dell'attività operativa, fotogrammetria e modellazione 3D di centri urbani, frane ed edifici colpiti dal sisma) ha rappresentato un ausilio tecnologicamente avanzato e innovativo per le attività di ricerca e soccorso in cui sono state impegnate le varie specialità del CNVVF.

1. INTRODUZIONE

La risposta del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (CNVVF) allo scenario emergenziale di agosto 2016 è stato caratterizzato dall'immediata implementazione di un dispositivo di soccorso finalizzato alla attività di ricerca e soccorso che ha visto impiegati i mezzi aerei accanto alle colonne mobili in versione sisma. Oltre ai numerosi elicotteri che fin dalle prime luci dell'alba hanno sorvolato l'area del cratere soccorrendo persone e raggiungendo località isolate, il dispositivo di soccorso aereo è stato integrato con Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR).

2. IL COMANDO OPERATIVO AVANZATO (COA) DI CITTAREALE

2.1. Attivazione del Nucleo SAPR VVF Cittareale

Immediatamente dopo l'evento, il CNVVF ha istituito, in accordo ai dettami della Circolare EM01/2011 relativa alla riorganizzazione delle Colonne Mobili Regionale e del dispositivo di mobilitazione per grande calamità, il Comando Operativo Avanzato (COA) di Cittareale, che è il riferimento per l'attività di soccorso tecnico urgente nell'area del cratere della provincia di Rieti ed in particolare della zona di Amatrice ed Accumoli e loro frazioni, posto alla dipendenza diretta del Comando di Cratere (CRA) Lazio.



Fig. 1. COA VVF Cittareale nella prima settimana del sisma e dopo due mesi dal sisma.

Il dispositivo di soccorso del CNVVF è stato immediatamente integrato dai mezzi aerei, e nei primi giorni dell'evento sono state effettuati innumerevoli interventi di ricerca e soccorso con recupero e salvataggio di oltre duecento persone.

Per supportare logisticamente l'intervento dei mezzi aerei vigilfuoco, all'interno del COA di Cittareale è stato istituito, con compiti anche di coordinamento, il Reparto Volo Temporaneo VVF, nell'ambito del quale è stato attivato il Nucleo SAPR VVF; quest'ultima, avvenuta in data 24.08.16 ha segnato l'inizio dell'impiego operativo strutturato e coordinato di aeromobili a pilotaggio remoto nel CNVVF.

In realtà, però, visto l'imponente traffico aereo presente in zona, è stato possibile effettuare il primo volo operativo dei sistemi a pilotaggio remoto durante la mattinata del 25.08.16. Tale volo ha consentito di produrre un modello 2D di Amatrice che è stato fornito sia alle squadre operative, per supportare la pianificazione degli interventi, sia ai verificatori per l'attività speditiva di rilievo delle criticità strutturali e viarie. I dati di tale volo sono stati anche impiegati per una ricostruzione 3D dell'abitato che ha consentito la cristallizzazione dello scenario a poco più di 24h dalla prima scossa.

2.2. Il modello Incident Command System (ICS) adottato

Nell'ambito del Nucleo SAPR VVF di Cittareale, hanno inizialmente operato un equipaggio ad ala fissa ed uno ad ala rotante, ed è stato fin da subito instaurato un modello ICS finalizzato ad ottimizzarne attività e crescita, senza tralasciare gli aspetti di Sicurezza Volo ed il coordinamento aeronautico, in uno scenario multi-aeromobile e multi-ente, caratterizzato dalla necessità di volare in uno spazio aereo regolamentato da NOTAM ([Notice to Airman](#)), conciliando le attività degli aeromobili a pilotaggio remoto con quelle degli elicotteri.

```

MIXED VTC (GSL) (Leave for LIB LINE) - OVERFLIGHT PROHIBITION TO ALL TRC FROM GND TO 3000 FT AGL AND TO ML
BT ACFT BELOW 3000 FT AGL WE 2000 MSLANTG OF 237 150131733E
AMATEUR BIRTHDAY HOACFT INVOLVED IN PROCU 042 AND UNLESS AUTH
BY CENTRO OPERATIVO AEREO UNIFICATO (COAU) TEL 030669202873
ALL ACFT INVOLVED MUST CONTACT HEAD CONTROL QRG 123 100MHz OR
252 500MHz GND - 5000 FT AGL, 24 AUG 07 17 00Z UNTIL 24 AUG 1800 00Z ESTIMATED.
OPERATED 24 AUG 07 17 00Z
  
```

Fig. 2. NOTAM emesso nella mattinata dell'evento del 24 agosto 2016.

A tal fine è stata istituita una funzione di coordinamento del settore SAPR, in linea di comando con il Responsabile del Reparto Volo temporaneo, supportata da un addetto Sicurezza Volo della Componente Aerea VVF. Le risorse umane, logistiche e strumentali per garantire la continuità operativa del Reparto Volo Temporaneo e del Nucleo SAPR sono state attinte dagli altri Reparti Volo ed in parte dai Comandi Provinciali VVF dislocati sul territorio.

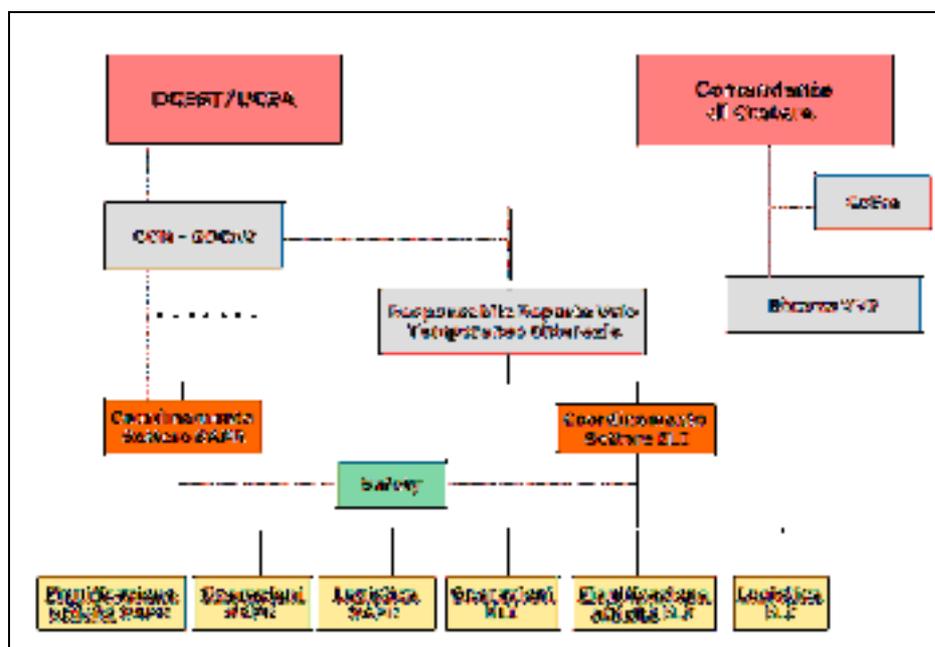


Fig. 3. Schema del modello ICS adottato per il Nucleo SAPR VVF Cittareale.

2.3. L'integrazione con le altre specialità del CNVVF

Notevoli sono state le difficoltà legate all'attivazione durante la primissima fase emergenziale, ma altrettanto di interesse sono stati i risultati conseguiti. La molteplicità degli scenari di impiego degli aeromobili a pilotaggio remoto (oltre 1000 missioni effettuate, tra video-ispezione da remoto di aree

a rischio crollo e di edifici a notevole sviluppo verticale, foto-video documentazione dell'attività operativa, fotogrammetria e modellazione 3D di centri urbani, frane ed edifici colpiti dal sisma) ha rappresentato un ausilio tecnologicamente avanzato e innovativo per le attività di ricerca e soccorso in cui sono state impegnate le varie specialità del CNVVF

Nei primi giorni successivi alla prima scossa, insieme all'equipaggio con SAPR ad ala fissa dedicato alla produzione di modelli 2D geometricamente corretti delle località maggiormente colpite (Amatrice, Accumoli, Pescara del Tronto e Arquata del Tronto) per consentire le opportune elaborazioni da parte del settore di Topografia Applicata al Soccorso (TAS), un equipaggio con multirotores ha operato a supporto delle sezioni operative effettuando voli di effettivo "SAR".

In particolare, sullo scenario dell'Albergo Roma è stata garantita la sicurezza delle squadre Urban Search and Rescue (USAR) impegnate a individuare ed estrarre persone dalle macerie. Con il SAPR multi rotore il funzionario Responsabile delle Operazioni di Soccorso (ROS) del CNVVF ha avuto la possibilità di monitorare la stabilità della parte alta delle strutture e verificare la situazione retrostante l'albergo, ove la scarpata era stata interessata da un dissesto idrogeologico. Inoltre, in coordinamento con il ROS, l'equipaggio SAPR ha effettuato missioni di ricerca indoor atte a scongiurare la presenza di ulteriori persone da soccorrere e/o recuperare.

La necessità di coprire l'area del cratere in tempi rapidi, ha portato all'integrazione con il dispositivo di soccorso aereo. In particolare un elicottero AB206 VVF è stato orientato all'elitransporto degli equipaggi SAPR.

Durante le missioni e le ricognizioni, gli equipaggi SAPR hanno segnalato, attraverso foto e video georeferenziate, la presenza di materiali potenzialmente contenenti amianto, per consentire poi le verifiche di dettaglio da parte del personale del nucleo NBCR VVF.

In alcune fasi della risposta operativa, su richiesta del Centro Operativo Nazionale (CON) VVF, con sede al Viminale, in collaborazione con il settore della Comunicazione in Emergenza (CoEm) sono stati effettuati collegamenti video in streaming, nonché video-documentazione delle attività svolte dal CNVVF sul cratere.

A supporto della logistica, sono state effettuati periodicamente voli per la restituzione di modelli 2D e di immagini video e foto dei COA, al fine di monitorare lo stato di avanzamento della loro predisposizione ed implementazione.

Di particolare importanza è risultata la collaborazione con il Nucleo Interventi Speciali (NIS) VVF deputati alle prime valutazioni ed alla progettazione e realizzazione delle opere provvisorie su edifici vincolati dalla Sovrintendenza dei Beni Culturali (BB.CC.). Nello specifico è stato possibile effettuare ispezioni su edifici ad elevato sviluppo verticale (torri civiche e torri campanarie), non raggiungibili con i mezzi ordinari in quanto attorniate da macerie, con restituzione di modelli metrici 3D.

In aggiunta, a quanto sopra, sono state effettuate una serie di missioni per voli indoor; con il personale della Sovrintendenza, le missioni avevano l'obiettivo di visionare lo stato dei luoghi senza esporre il personale al rischio crolli, e consentire anche una valutazione della posizione e dello stato delle opere da recuperare per pianificarne la rimozione. A supporto delle sezioni operative VVF invece, le missioni indoor, dopo la prima fase dedicata alla ricerca delle persone, sono state indirizzate alla valutazione della criticità strutturale degli immobili ed alla verifica, all'interno di essi, del posizionamento dei beni di prima necessità da recuperare in modo da ridurre al minimo l'esposizione del personale incaricato del recupero.

Una ulteriore attività, in collaborazione con il Comando Provinciale VVF di Rieti, è stata una serie di voli a supporto dell'Autorità Giudiziaria, con monitoraggio nel tempo dello stato di alcuni immobili sottoposti a sequestro preventivo, nonché con riprese di alcuni dettagli costruttivi durante le fasi della demolizione.

Infine, con il personale del Gruppo Operativo Speciale (GOS) dei Mezzi Movimento Terra (MMT) sono state effettuate riprese delle operazioni per garantire la sicurezza durante la rimozione delle macerie e le demolizioni, nonché elaborazione e restituzione di modelli 2D dei cantieri, che poi il settore TAS ha provveduto a elaborare.

3. L'INTEGRAZIONE DEL DISPOSITIVO SAPR NELLA FLOTTA AEREA VVF

3.1. La flotta aerea del CNVVF

Il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco è stata la prima amministrazione statale, dopo l'Aeronautica Militare, a partire dal 1954, ad utilizzare l'elicottero per svolgere il proprio compito istituzionale del soccorso tecnico urgente. I primi elicotteri avevano marche civili ed erano iscritti al Registro Aeronautico Nazionale. Attualmente ai sensi del Codice della Navigazione, artt.744 e 748, gli aeromobili del CNVVF sono *aeromobili di stato*. Ai sensi dell'art.743 dello stesso Codice, essendo i SAPR considerati aeromobili, quelli del CNVVF sono anch'essi aeromobili di Stato.

Per tale motivo il settore SAPR del CNVVF è stato posto alla dipendenza funzionale e organizzativa dell'Ufficio Coordinamento Soccorso Aereo (UCSA) della Direzione Centrale per l'Emergenza e il Soccorso Tecnico (DCEST) del CNVVF. L'UCSA coordina l'attività di tutta la flotta aerea di proprietà del CNVVF, in cui nel 2013 sono entrati a far parte n.19 velivoli Canadair CL-415 dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) e che oggi, ai sensi del DLgs 177/2016, comprende anche gli aeromobili transitanti dal Corpo Forestale dello Stato (CFS), per complessivi 77 aeromobili. Una delle più importanti componenti aeree dello Stato.

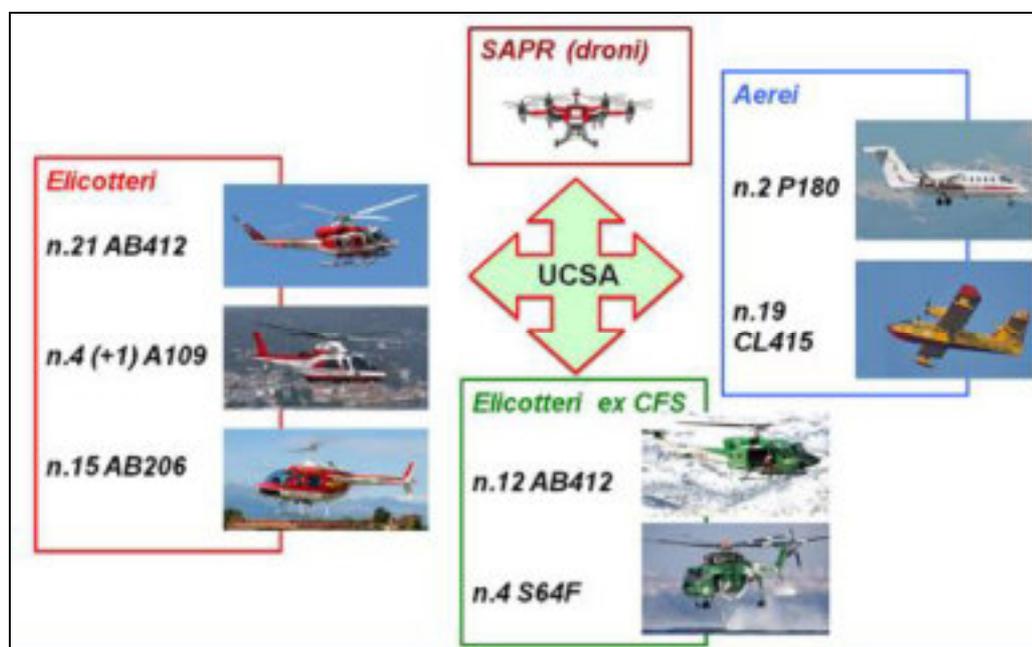


Fig. 4. La flotta aerea del CNVVF.

Particolarmente interessante in termini di integrazione nel dispositivo di soccorso aereo è stata la necessità di esercitare un importante coordinamento nell'impiego dello spazio aereo, a garanzia della sicurezza delle operazioni di volo dei SAPR, ma soprattutto degli elicotteri impegnati sul cratere.

Tale attività è stata assolta da una sezione della Sala Operativa di Coordinamento e Assistenza al Volo (SOCAV) dislocata nell'ambito del Reparto Volo Temporaneo di Cittareale, che, in stretto contatto con il Centro Operativo Aereo Unificato (COAU) insediatosi nella Direzione di Comando e Controllo (DICOMAC), pianificava e organizzava tutta l'attività di volo dei mezzi aerei VVF, SAPR compresi, per evitare interferenze e sovrapposizioni nelle missioni, e ottimizzandone la risposta operativa.

Nell'area del cratere è stato immediatamente emesso dall'autorità competente un NOTAM (fig.2) per la regolamentazione e segregazione dello spazio aereo, che è stato infatti interdetto agli aeromobili non impegnati in operazioni di soccorso e non autorizzati direttamente dal COAU. Il

coordinamento dell'impiego dello spazio aereo da parte degli aeromobili autorizzati è stato assicurato dalla biga dell'Aeronautica Militare (in alcuni periodi ne sono state attivate due).

Il personale pilota SAPR VVF, anche con il supporto del personale SOCAV, ha assolto egregiamente ai doveri di interfacciamento con gli enti deputati al coordinamento dell'impiego dello spazio aereo mantenendo una elevata *situational awareness* pur in condizioni di particolare pressione operativa.

3.2. Il dispositivo SAPR

Il dispositivo di soccorso SAPR implementato nell'area del cratere è stato caratterizzato dalla flessibilità organizzativa che l'evento eccezionale richiedeva.

Prima dell'evento, l'UCSA era impegnata in una intensa attività di studio finalizzata alla redazione dei requisiti desiderati per i SAPR da impiegare negli scenari tipici di interventi del CNVVF. Nel contempo erano attive alcuni accordi di collaborazione con ditte costruttrici di SAPR ed era in corso una sperimentazione interna con l'impiego di un SAPR ad ala fissa e alcuni SAPR multi rotore autocostruiti. Al momento della scossa, l'UCSA ha organizzato il settore istituendo il primo nucleo SAPR VVF utilizzando gli aeromobili a disposizione, coperti da apposita assicurazione.

Durante le prime due settimane dall'evento, è stata effettuata una approfondita analisi del rischio in base alle missioni, allo scenario di impiego e alle necessità del nucleo; tale valutazione ha condotto il CNVVF, dopo la prima fase caratterizzata dall'eccezionalità e dall'immediatezza della risposta operativa finalizzata alla ricerca e soccorso, a dotarsi di una propria flotta standardizzata.

Tenuto anche conto di quanto previsto nella circolare DCEST n. EM 14/2016 relativa all'impiego dei SAPR mini e micro nel CNVVF, la scelta è ricaduta su tre tipologie di sistemi, commerciali, facilmente reperibili anche in termini di parti di ricambio, economici, opportunamente configurati, che hanno consentito di effettuare le molteplici attività operative che saranno descritte più avanti.

TOTALE VOLI* DISPOSITIVO SAPR VVF			
Dall'evento del	ORE	MIX	LAND
24/08/2016	380:16	1558	2143
26/10/2016	232:48	932	1286
18/01/2017	89:51	366	517
Dal 01/01/2017	104:38	420	618

* Dati al 20.03.17

Fig. 5. Attività svolta dal dispositivo SAPR VVF a partire dal primo evento sismico di agosto 2016.

3.3. I sistemi in uso

Di seguito si descrivono le caratteristiche peculiari dei SAPR in uso al CNVVF. Le procedure di impiego appositamente redatte dal CNVVF prevedono un equipaggio minimo di due persone, a

garanzia della possibilità del cross-check per elevare il livello di sicurezza delle operazioni di volo e garantire il rispetto della circolare DCEST n. EM14/2016.

SAPR ad ala fissa: Sensefly Ebee

SAPR micro con apertura alare di 96cm e con peso massimo al decollo di circa 700gr. Configurato con fotocamera visibile e NIR, è stato equipaggiato con il kit “aree critiche”, che ha consentito di ricevere il riconoscimento di inoffensività dall’autorità aeronautica civile, e con il “tracker” per consentirne l’individuazione in caso di eventuale perdita.

Impiegato per modelli 2D e 3D su aree estese e intere località, è operato in VLOS/EVLOS in accordo alle procedure di impiego appositamente redatte dal CNVVF.

SAPR multirottore: Parrot Bebop 2

SAPR micro quadrimotore con diametro di circa 60cm e peso massimo al decollo di circa 500gr. Configurato con ottica di tipo fisheye, è stato equipaggiato con skycontroller e sistema di terminazione, nonché con possibilità di estensione FPV per consentire al ROS VVF di visionare in real-time le condizioni degli immobili, dei locali e degli edifici sottoposti a ispezione.

Molto impiegato per ricerche e ispezioni indoor, è stato anche utilizzato in missioni outdoor qualora consentito dalle condizioni meteo. E’ operato in VLOS in accordo alle procedure di impiego appositamente redatte dal CNVVF.

SAPR multirottore: DJI Inspire 1 Pro

SAPR mini quadrimotore con diametro di circa 90cm e peso massimo al decollo di circa 3500gr. Configurato con ottica di tipo Zenmuse X5, Zenmuse Z3 con zoom, Zenmuse XT termico radiometrico e dual EO-IR, è stato equipaggiato con dispositivo di terminazione del volo per garantirne una maggior sicurezza di impiego, soprattutto nei riguardi del terzo sorvolato

Impiegato per ricerche e ispezioni outdoor, streaming video, realizzazione di modelli 2D in aree localizzate e di modelli 3D di immobili, strutture ed edifici, nonché di aree localizzate interessate da dissesti idrogeologici. E’ operato in VLOS in accordo alle procedure di impiego appositamente redatte dal CNVVF.

3.4. La formazione del personale

Il personale qualificato come pilota SAPR VVF segue un percorso di Formazione teorico-pratico in accordo a quanto previsto dalla Circolare DCEST n. EM14/2016, a cui segue il rilascio della licenza di Pilota di SAPR VVF secondo quanto previsto dal Decreto del Capo Dipartimento n. 53 del 22.10.15 così come modificato e integrato dal Decreto del Capo Dipartimento n.25 del 23.02.17.

Il corso teorico viene svolto presso il Centro di Eccellenza APR dell’Aeronautica Militare di Amendola (FG), e ad esso si aggiunge uno specifico **rating** su una specifica categoria/classe/tipo di SAPR, integrato da una formazione teorica specifica sulla regolamentazione VVF. La parte pratica invece consta di un addestramento di base e di un addestramento avanzato per operazioni specializzate VVF, durante il quale vengono simulati gli scenari di interesse dell’organizzazione.

La formazione pratica viene effettuata presso la Scuola di Formazione Operativa di Montelibretti (RM) nell’ambito della zona Regolamentata LI R320, che, così come pubblicato su AIP, è destinata all’attività di formazione e sperimentazione di SAPR VVF fino a 500ft AGL.



Fig. 6. Zona Regolamentata LIR320 - Estratto AIP Italia – ENR5.1.2-23.

3.5. Il Safety Occurrence Reporting System

Come già avuto modo di evidenziare nel presente lavoro, l'attività di volo dei SAPR VVF, pur se in uno scenario caratterizzato da particolare complessità, è stata svolta in conformità a quanto previsto dalla regolamentazione VVF, e in particolare della Circolare DCEST n. EM14/2016. A tal fine è stato utilizzato un sistema di segnalazione degli inconvenienti di volo, di sicurezza volo, e di inconvenienti tecnici, del tutto analogo a quello già in uso nella componente aerea.

Gli eventi segnalati, sono stati approfonditi ed analizzati e poi condivisi in appositi briefing con il personale pilota. Da questo punto di vista è stata sensibilizzata la necessità di condivisione delle informazioni e delle problematiche, evidenziando l'unicità del contesto operativo e delle *lessons learned* che ne potevano derivare.

Complessivamente sono state riportate 35 segnalazioni di sicurezza volo/segnalazioni inconvenienti di volo fino al 31 dicembre 2016, e ulteriori 6 a partire da gennaio 2017.

Sicuramente interessante in tale statistica è il peso dei potenziali conflitti di traffico (15), che rappresentano quasi il 40% delle segnalazioni, soprattutto se si considera che l'area del cratere era segregata e che la quasi totalità di tali conflitti è avvenuta con aeromobili a pilotaggio remoto che svolgevano o si apprestavano a svolgere attività di volo senza conoscere l'iter autorizzativo previsto dal NOTAM, evidenziando, quindi, una carente cultura aeronautica.

Non sono mancati tuttavia anche potenziali conflitti di traffico con aeromobili con piloti a bordo. In particolare nei primi giorni del 2017, mentre un equipaggio SAPR era impegnato ad effettuare dei rilievi sul centro di Amatrice, a quota inferiore del multi rotore utilizzato, quindi difficilmente individuabile a distanza, un ultraleggero sorvolava il corso principale di Amatrice, con grave pericolo soprattutto per la sua incolumità nonché di quella dei soccorritori che operavano nell'area. Segnalando l'accaduto alla Biga "Norcia", si riceveva notizia che il traffico era sconosciuto, non in contatto radio e non autorizzato dal COAU, come invece avrebbe richiesto il NOTAM ancora vigente a quella data.

4. L'ATTIVITA' OPERATIVA

Come si è avuto modo di evidenziare, l'attività operativa svolta dai SAPR VVF nell'area del cratere è stata intensa, variegata, ed ha consentito di applicare praticamente le tecniche sviluppate teoricamente durante la fase di formazione e di studio propedeutica all'attivazione.

Si segnala che tale attività è andata crescendo nel tempo, in relazione alla conoscenza, da parte del personale vigifuoco operante nei COA e nei CRA, del nuovo strumento e della consapevolezza delle sue potenzialità in varie applicazioni in molteplici scenari.

4.1. Attività di supporto alle sezioni operative

Particolarmente importante per il CNVVF, questa attività svolta principalmente nelle prime fasi del sisma ha consentito di incrementare il livello di sicurezza delle operazioni del personale direttamente impegnato nella Ricerca e Soccorso.

Il "punto di vista" innovativo e differente offerto ai ROS ha permesso di incrementare la consapevolezza dei rischi dello scenario operativo e di effettuare valutazioni del rischio maggiormente appropriate avendo a disposizione dati e informazioni di dettaglio.



Fig. 7. Monitoraggio attività SAR in corso a Rigopiano.

4.2. Ispezioni e verifiche delle condizioni di immobili ed edifici ad elevato sviluppo verticale

In un contesto operativo come quello del sisma, è stato fondamentale poter effettuare valutazioni di stabilità di edifici ad elevato sviluppo verticale, difficilmente raggiungibili con i mezzi ordinari. In questo caso l'intervento SAPR ha consentito una maggior consapevolezza dei rischi presenti e una sensibile riduzione dei tempi di esposizione al rischio del personale vigifuoco, che è intervenuto avendo già chiara l'operazione da effettuare.

Ulteriore attività effettuata è stata l'ispezione puntuale dello stato di viadotti e dighe.

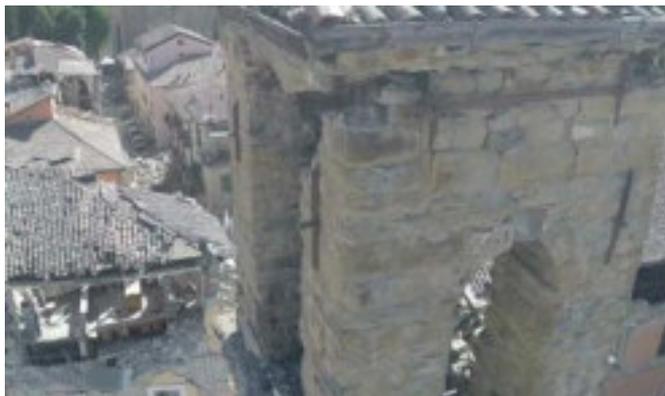


Fig. 8. Verifica delle condizioni di una torre campanaria.

4.3. Ricerche e verifiche indoor in edifici pericolanti

Questa attività è stata particolarmente apprezzata dal personale vigifuoco in quanto ha impattato direttamente sulla sicurezza degli operatori; con l'uso dei SAPR è stato possibile verificare l'assenza di persone da soccorrere e/o recuperare in aree e ambienti particolarmente critici, nonché rendersi conto delle condizioni degli immobili prima dell'ingresso. Anche in questo caso il risultato è stata una sensibile riduzione dell'esposizione al rischio, che si è esplicitata anche attraverso l'individuazione preventiva della posizione di eventuali beni da recuperare e del percorso migliore per raggiungerli.



Fig. 9. Ricerca e ispezione indoor in edificio di culto con stabilità compromessa.

4.4. Foto-video documentazione e trasmissione in streaming

L'effettuazione di riprese foto-video ha permesso la documentazione delle attività svolte dal CNVVF. In alcuni casi è stato effettuato il collegamento in streaming con il CON VVF per consentire di seguire in diretta alcune fasi particolarmente importanti di interventi di soccorso. Inoltre, in alcuni casi particolari, questi voli sono stati anche impiegati per attività di polizia giudiziaria, ovvero per documentare le evoluzioni di alcuni scenari operativi.



Fig. 10. Trasmissione in streaming durante l'attività di ricerca e soccorso in Amatrice.

4.5. La modellazione 2D

La creazione di modelli 2D geometricamente corretti è stata di fondamentale supporto alla pianificazione degli interventi, in quanto ha consentito di rendere disponibili mappe georeferenziate aggiornate al reale stato di fatto.

Inoltre, grazie a tali modelli è stato possibile applicare tecniche di *change detection*, con l'obiettivo di valutare i cambiamenti rispetto allo stato originale, ed effettuare *analisi multi temporali* per valutare i cambiamenti successivi alle varie scosse. E' stato anche possibile sperimentare la possibilità di riconoscere tramite elaborazione software le successive variazioni avendo una visione di insieme degli ulteriori danni prodotti.



Fig. 11. Esempi di applicazioni operative di modelli 2D geometricamente corretti.

4.6. La modellazione 3D

La ricostruzione 3D di aree estese e di intere località è stata di fondamentale supporto per la scelta della migliore strategia di intervento, consentendo anche ai centri di comandi remoti di avere una situazione aggiornata della situazione osservabile da varie prospettive.

Modelli 3D di aree localizzate sono state fondamentali per numerose attività, tra cui la stima dei volumi delle macerie da movimentare, e il monitoraggio di dissesti idrogeologici.

Modelli metrici 3D di edifici, invece, adeguatamente "scalati" sono stati impiegati per la progettazione di opere provvisorie, senza la necessità che il personale fosse esposto a rischi per l'acquisizione delle misure.



Fig. 12. Esempi di applicazioni operative di modelli 3D .

5. CONCLUSIONI

L'impiego dei SAPR nei diversi scenari operativi concretizzatisi nell'area del cratere dell'evento sismico dell'Italia centrale di agosto-ottobre 2016, ha consentito al CNVVF di approfondire le tematiche applicative dei sistemi aeromobili a pilotaggio remoto a supporto delle attività di soccorso tecnico urgente con particolare riguardo ai destinatari della raccolta dei dati e delle informazioni. Tali sistemi, aeromobili a tutti gli effetti aeromobili e quindi inseriti sotto il coordinamento dell'Ufficio Coordinamento Soccorso Aereo (UCSA) del CNVVF, hanno garantito, tra l'altro al personale direttamente impiegato nelle operazioni di soccorso, la possibilità di un differente "punto di vista" per eseguire le analisi relative alla pianificazione degli interventi e le valutazioni preliminari di criticità degli edifici ad elevato sviluppo verticale, molto spesso caratterizzati anche dall'impossibilità di essere raggiunti con mezzi ordinari.

L'esperienza operativa è stata importantissima per gettare solide basi del settore nel CNVVF; per il futuro bisognerà impiegare risorse ed energie per fare in modo che la risorsa SAPR sia intesa come una piattaforma aerea a disposizione delle altre specialità del Corpo in grado di fornire con tempestività ed in sicurezza, dati, informazioni e immagini utili per migliorare e rendere più efficiente ed efficace la risposta operativa.

In tal senso si dovranno necessariamente attivare una serie di confronti con i vari settori specialistici del Corpo per coordinare l'analisi e la ricerca di ulteriori possibili campi di impiego dei SAPR, anche mediante apposite sperimentazioni "sul campo", con il fine di approfondire e strutturare le procedure di reciproco interfacciamento e per ottimizzare l'acquisizione di sensoristica mirata a supportare le specifiche finalità, continuando quindi a perseguirne ed a favorirne l'integrazione nelle attività istituzionali del CNVVF.



Fig. 13. L'integrazione del settore SAPR VVF con le altre specialità del CNVVF.

REFERENCES

- Achille, C., Adami, A., Chiarini, S., Cremonesi, S., Fassi, F., Fregonese, L., Taffurelli L., *UAV-Based Photogrammetry and Integrated Technologies for Architectural Applications - Methodological Strategies for the After-Quake Survey of Vertical Structures in Mantua (Italy)*, *Sensors*, Vol.15(7), pp.15520-15539 (2015)
- Chen, J., Liu, H., Zheng, J., Lv, M., Yan, B., Hu, X., Gao, Y., Avdelidis, N., *Damage Degree Evaluation of Earthquake Area Using UAV Aerial Image*, *International Journal of Aerospace Engineering*, Vol.10 (2016)
- Chiabrando, F., Lingua, A., *Fotogrammetria diretta con RPAS*, Geomedia n°1-2015
- Colomina, I., Molina, P., *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97. (2014)
- Feliziani, F., Lorusso, O., Bernabei, G., Corrao, S., Galli, F., Bonifazi, P., Mastropietro, B., *Progetto di impiego operativo dei Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR) nel CNVVF*, Convegno su Valutazione e Gestione del Rischio negli Insediamenti Civili e Industriali (VGR), 11-15 Settembre, Roma (2016)
- Karma, S., Zorba, E., Pallis, G.C., Statheropoulos, G., Balta, I., Mikedi, K., Vamvakari, J., Pappa, A., Chalaris, M., Xanthopoulos, G., Statheropoulos, M., *Use of unmanned vehicles in search and rescue operations in forest fires: Advantages and limitations observed in a field trial*, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol.13, pp.307-312 (2015)
- Nedjati, A., Izbirak, G., Vizvari, B., Arkat, J., *Complete Coverage Path Planning for a Multi-UAV Response System in Post-Earthquake Assessment*, *Robotics*, Vol.5(4), p.26 (2016)
- Qi, J., Song, D., Shang, H., Wang, N., *Search and Rescue Rotary-Wing UAV and its application to the Lushan Ms 7.0 Earthquake*, *Journal of field robotics*, 33(3), 220-321. (2016)

Dai sistemi APR ai radar “anti-drone”: ispezionare e monitorare le aree di emergenza

Maurizio Masi, IDS Ingegneria Dei Sistemi S.p.A., m.masi@idscorporation.com

SOMMARIO

La risposta a disastri o calamità, naturali e non, rappresenta la fase critica nella gestione delle emergenze. Per adempiere alla missione primaria, salvare vite umane, è necessario conoscere l'impatto del disastro, la posizione dei sopravvissuti, le potenziali minacce, oltre allo stato degli edifici e delle principali infrastrutture. Le operazioni di valutazione spesso non possono essere eseguite a causa della non accessibilità della zona colpita. In questi casi è prassi ricorrere alla ricognizione aerea effettuata con velivoli forniti dalle agenzie locali, regionali e nazionali. Tuttavia, le attività di ispezione, monitoraggio e sorveglianza si stanno sempre più trasferendo ai sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (RPAS o APR nella terminologia ICAO) e questo grazie ai minori costi, alla rapida messa in opera, alla maggiore sicurezza degli operatori oltre che all'elevata affidabilità ed alle misure ridotte. Comunemente chiamati droni, questi possono però al contempo andare ad interferire con le operazioni stesse. Per rispondere a queste esigenze, IDS Ingegneria Dei Sistemi ha sviluppato RPAS con prestazioni superiori e sistemi radar “anti-drone” in grado di rilevare, localizzare ed eventualmente neutralizzare droni non autorizzati che possono ostacolare, se non addirittura minacciare, gli interventi di ricerca e soccorso.

1. INTRODUZIONE.

Comunemente chiamati droni, i sistemi aeromobili pilotaggio remoto (RPAS o APR nella terminologia ICAO) sviluppati da IDS Ingegneria Dei Sistemi appartengono al segmento premium della Classe 1 (categoria Mini/Small). I sistemi RPAS di IDS sono macchine con prestazioni superiori e destinate ad impieghi operativi di ispezione, protezione civile, pubblica sicurezza. Vengono utilizzati da organizzazioni istituzionali e umanitarie come la Polizia di Stato, Carabinieri, l'Esercito Italiano, Vigili del Fuoco, e Croce Rossa in quanto completati da pay-load appositamente concepiti per le attività di questo tipo di utenza.



Fig. 1. Utilizzo del sistema RPAS IA-3 Colibrì ad Amatrice.

Insieme ai sistemi APR, sono stati inoltre concepiti sistemi radar capaci di rilevare sistemi volanti con RCS (Radar Cross Section) minima. La necessità di sviluppare radar di questo tipo è dovuta alla proliferazione dei droni e del loro utilizzo anche laddove non consentito.

2. I SISTEMI DI ISPEZIONE E MONITORAGGIO

2.1. La flotta SAPR

La flotta SAPR IDS attualmente comprende **IA-3 Colibrì** (Fig.1), un quadricottero in carbonio dal peso di 5 Kg, endurance di ≥ 30 minuti e protezione di impermeabilità IP65. Un secondo sistema è costituito da **IA-12 Stark**, un monorotore concepito come un classico elicottero con 2 ore di autonomia 8,5 kg di peso capace di trasportare un pay-load di 3,5 Kg. Infine **IA-17 Manta**, un sistema APR ad ala fissa con motore a scoppio, velocità di oltre 200 Km/h, alta stabilità di volo, ed un'autonomia di 10 ore.

2.2. Il radar “anti-drone”

Per rilevare ed identificare i droni, IDS Ingegneria Dei Sistemi ha sviluppato il sistema radar **Observer** che, attraverso un software dedicato e coprendo una superficie di circa 2 km a 360°, consente di tracciare la rotta percorsa dal velivolo e identificarne le caratteristiche. Le capacità del suddetto radar possono essere amplificate dall' integrazione con videocamere diurne e notturne e

dall'abbinamento con un attuatore capace di neutralizzare il drone, qualora questo venga identificato come non autorizzato o ne risulti la necessità. Il sistema così concepito prende il nome di Black-Knight.



Fig. 2. Il sistema “anti-drone” Black-Knight utilizzato dall’Esercito Italiano

6. CONCLUSIONI

In conclusione, in zone colpite di calamità si rendono necessarie misure e contromisure che facilitino le operazioni e gli interventi degli organismi preposti. I sistemi sviluppati e prodotti da IDS Ingegneria Dei Sistemi sono dotati di ridondanze e materiali di qualità aeronautica con stazioni di comando e controllo dotate dei più sofisticati strumenti per la pianificazione della missione, per la sua simulazione in realtà virtuale nonché per la formazione dell’operatore in situazioni di emergenza.

