

Progetto PEDROS

Perimetrazione automatica di incendi con Drone equipaggiato con sensore Specifico

di Edoardo Carlucci, Alessio Di Iorio, Roberto Filippone, Tonino Giagnacovo, Giovanni Laneve, Tommaso Murolo

Il sistema proposto prevede la messa a punto di un sistema SAPR (Sistema Aviotrasportato a Pilotaggio Remoto) che possa essere di ausilio alla perimetrazione dettagliata, di aree boschive aggredite da insetti/patogeni e/o da incendi boschivi al fine di trasmettere alle competenti autorità la certificazione di dette aree colpite da danno ambientale, in ottemperanza alla attuale legislazione. Tale attività viene normalmente realizzata tramite l'interpretazione di analisi di immagini satellitari con risoluzioni spaziali non sempre adeguate allo scopo, il che comporta spesso la necessità di ri-perimetrazione sul campo effettuata da operatori dotati di sistemi palmari GNSS.



In figura sono rappresentate le tipologie tipiche di 4 scenari di test del progetto PEDROS

La normativa vigente in materia di incendi boschivi prevede l'istituzione da parte degli Enti Locali di una cartografia di tutte le aree percorse dal fuoco che consenta di vincolare le particelle catastali del tutto o in parte interessate dal fenomeno fino al completo ripristino della vegetazione preesistente al passaggio del fuoco. Le linee guida in materia di incendi boschivi prevedono la mappatura annuale delle aree percorse dal fuoco utilizzando le informazioni già raccolte dalle

unità forestali ed arricchendole di indicazioni di georeferenziazione in ambiente GIS. Negli ultimi decenni, lo stato di salute degli ecosistemi è stato influenzato dai cambiamenti globali in atto ed è quindi fondamentale monitorare questi cambiamenti e i loro effetti sugli ecosistemi per permettere una gestione informata. Per questo, dal 1997, il Corpo Forestale dello Stato prima e l'Arma dei Carabinieri oggi coordina le strategiche reti di monitoraggio degli ecosistemi

forestali nazionali. L'inquinamento atmosferico e i cambiamenti climatici hanno effetti sulle foreste - risorsa strategica del Paese - che solo un monitoraggio attento, professionale e continuo può permettere di verificare.

Nello stesso ambito si collocano gli incendi boschivi, che in Italia, negli ultimi 20 anni, hanno distrutto circa 760.000 ettari di foresta, il 7,5% della superficie forestale nazionale. Per dare un elemento che consente un immediato termine di paragone è come se fossero andati bruciati 760.000 campi di calcio "coltivati" a bosco. Il danno economico causato dal fenomeno è stimato in circa un miliardo di euro l'anno, limitando questo conteggio alla sola analisi della perdita della produzione legnosa, ai costi collegati alla tutela idrogeologica, alla perdita della funzione cosiddetta ricreativa ed ai servizi ecosistemici di stabilizzazione climatica.

In questo calcolo non sono ricompresi i costi per la lotta attiva (spegnimento) pari a circa 200 mln di Euro/annui sostenuto dagli organi preposti.

Tutta l'Italia è interessata dagli incendi boschivi anche se con intensità diverse; infatti ogni Regione ha una sua caratterizzazione che funge da detonatore e l'analisi criminale svolta dai Carabinieri Forestali in questi anni ha evidenziato che all'interno di ogni Regione ciascuna provincia brucia per motivazioni proprie e differenti dalle altre. È importante sottolineare che alle nostre latitudini, gli incendi boschivi non sono causati da calamità naturali o da fatalità, ma da comportamenti sociali volontari o involontari.

In Italia l'Arma dei Carabinieri, ai sensi del decreto legislativo 177/2016, ha il compito di re-

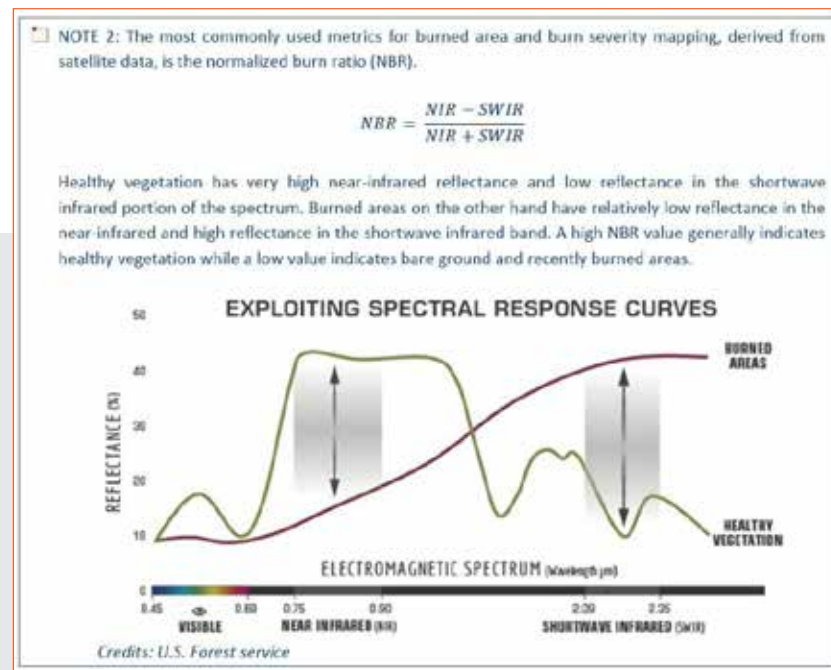


Fig.1 - Indice normalizzato di bruciatura (NBR). La vegetazione sana ha un elevato indice di riflessione sulla banda dell'infrarosso vicino (NIR), e bassa riflessione nella banda dell'infrarosso a lunghezza d'onda più piccole (SWIR, short wave infrared). Aree del suolo bruciate (burned areas) hanno invece bassa riflessione nella banda NIR, e alta riflessione nella banda SWIR. Un elevato valore dell'indice NBR in genere indica vegetazione sana (healthy vegetation), mentre un basso valore indica suolo arido o bruciato.

primere il fenomeno, effettuare gli accertamenti tecnici di polizia giudiziaria conseguenti gli incendi boschivi che prevedono:

- attività di rilievo delle aree percorse dal fuoco (R.a.p.f.);
- rilievo della vegetazione danneggiata;
- individuazione delle cause e dei responsabili;

- arresto degli autori.
- I dati georeferenziati, relativi alle perimetrazioni delle aree percorse dal fuoco, effettuate dai militari percorrendo il delimitare del bosco bruciato con i GPS in dotazione ai Reparti, vengono riportati sul sistema informativo dell'Arma e sono messi a disposizione dei Comuni ai fini della

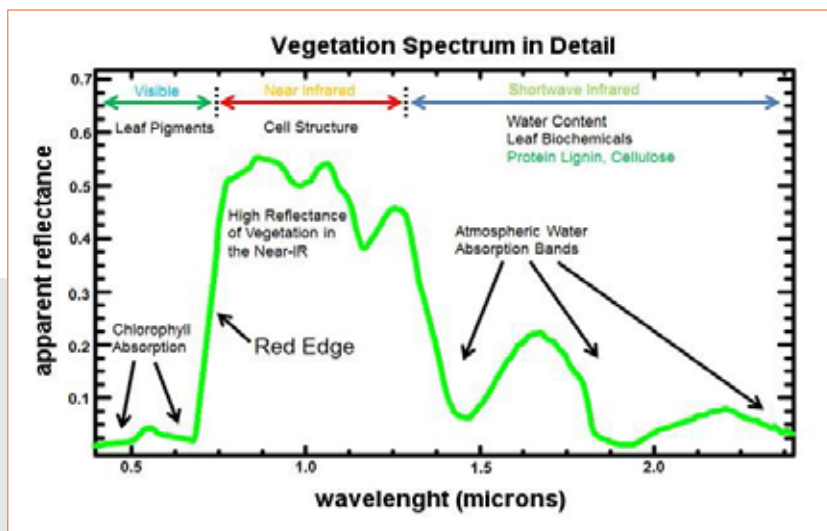


Fig.2 - Spettro della vegetazione, suddiviso nelle bande VIS, NIR, SWIR 8.

redazione del catasto comunale delle aree percorse dal fuoco, previsto dall'art. 10 della L. 353/2000.

In questo contesto si colloca il progetto PEDROS (PERimetrazione automatica di incendi con DRone equipaggiato con Sensore specifico), il cui obiettivo è quello di fornire uno strumento di telerilevamento "automatico" che sia in grado di operare in qualsiasi condizione per approfondire il dettaglio e confermare le analisi prodotte con sistemi di rilevamento satellitare classici. Il sistema sarà sviluppato con sviluppo di software particolare che oltre a prevedere analisi di immagini telerilevate (satellite o aerofotogrammetriche), per l'individuazione dei confini delle

aree forestali colpite, sia in grado di operare in qualsiasi condizione ambientale, anche in assenza di comunicazione GSM, avvalendosi di comunicazione satellitare (tipo Thuraya / Immarsat) e posizionamento satellitare, in particolare del sistema ad alta precisione europeo Galileo. La realizzazione è proposta dalla società ALMA SISTEMI srl di Guidonia (RM), in risposta al bando di finanziamento dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) per progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale, in cooperazione con la Scuola di Ingegneria Aerospaziale della Sapienza Università di Roma e la società cooperativa mediaGEO, che opera nel settore della comunicazione scientifica e tecno-

logica.

ALMA SISTEMI, curerà la progettazione e realizzazione di un prototipo di SAPR basato su un modello open source offerto con hardware DJI. Il Laboratorio della Scuola di Ingegneria Aerospaziale curerà la definizione degli algoritmi per il riconoscimento delle immagini, mentre la mediaGEO progetterà e realizzerà i test di campo e le fasi di disseminazione e comunicazione dei risultati.

Il Corpo Forestale dell'Arma dei Carabinieri, per il tramite dei suoi nuclei addetti alla investigazione antincendi e monitoraggio ambientale, parteciperà all'iniziativa con appoggio e effettivo coinvolgimento nella fase di definizione dei requisiti e nella fase di verifica e validazione del sistema in ambiente rappresentativo partecipando alla selezione delle aree di test, all'esecuzione dei test stessi e all'analisi dei risultati finali anche al fine di validare il sistema negli scenari operativi.

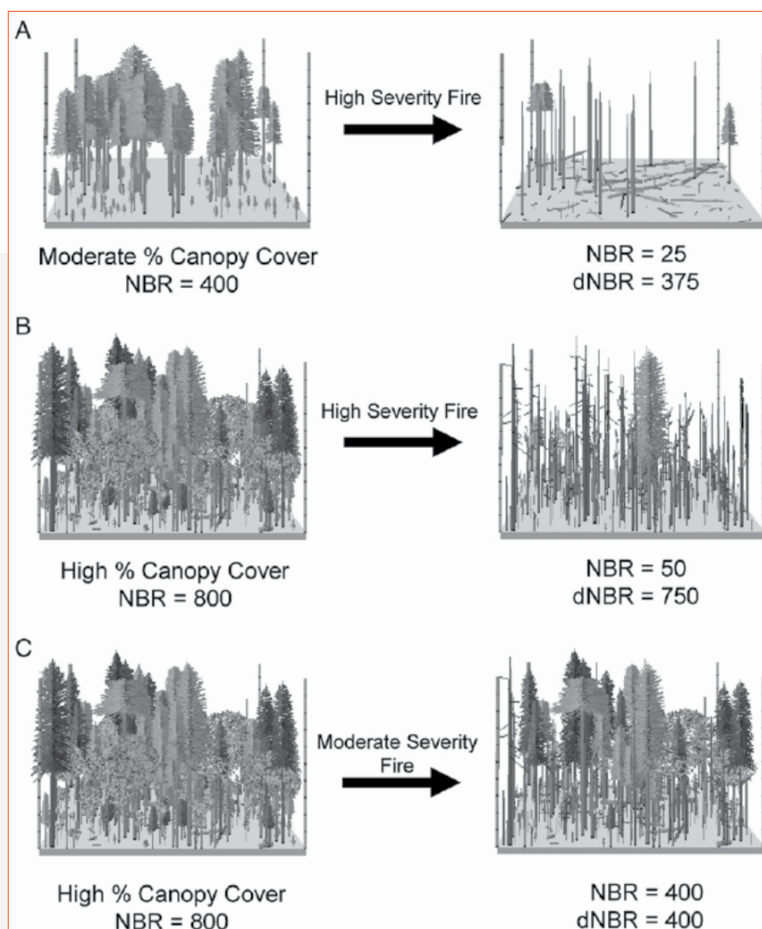


Fig.3 – I valori NBR sono stati moltiplicati per 1000 e convertiti in formato intero per seguire la convenzione stabilita da Key e Benson" in coerenza con l'articolo citato.

Il Geoportale Incendi Boschivi e loro perimetrazione con drone

L'aumento delle temperature estive e della siccità ha allertato negli ultimi decenni l'intera Europa con particolare riguardo ai paesi dell'area mediterranea. Basti pensare agli incendi del 2018, che, meno estesi in totale per superficie di quelli degli anni precedenti con 178.000 ettari bruciati, hanno interessato un numero più ragguardevole di paesi, non solo Italia, Spagna e Grecia, con zone forestali singolarmente più grandi che mai, andate in fumo, paesi mediorientali e nordafricani, ma anche Svezia, Portogallo e Regno Unito.

Gli otto mesi consecutivi di incendi che nel 2019-20 hanno devastato 170 milioni di ettari del territorio sud-orientale au-

straliano hanno comportato un aumento del livello d'inquinamento dell'atmosfera al rilievo satellitare, che ha reso Melbourne per giorni la città più inquinata del mondo, ma soprattutto le forze nazionali dei VV FF e della Protezione Civile hanno soccorso nell'emergenza la popolazione resiliente di fronte alle proporzioni del disastro, dovendo desistere dal poterne spegnere la potenza massiva e subitanea dovuta all'andamento ciclonico ventoso: vale a dire un uragano di fuoco.

Nel 2021 l'Italian Institute for Planetary Health (IIPH) ha dichiarato che l'Italia è stata il primo paese in Europa e il secondo nel mondo per la frequenza del fenomeno di incendio boschivo superiore ai mille ettari, senza considerare che il Belpaese ha una delle flottiglie aeree antincendio boschivo più efficienti e consistenti a livello planetario all'attivo della Protezione Civile. Quest'anno anche Grecia e Spagna hanno già subito la devastazione di migliaia di ettari di boschi e di macchia mediterranea incendiati nel solo mese di luglio, portando in EU il fenomeno estivo, con il caldo torrido e la penuria d'acqua, nuovamente alle proporzioni di disastro ambientale, per di più sempre più vicino alle aree metropolitane, come nel Lazio, tra le regioni italiane più colpite. Mentre l'European Forest Fire Information System (EFFIS) ha reso noto che sono 19, cioè la maggioranza, i paesi a rischio grandi incendi di mille ettari e oltre nella Comunità europea e che quella che stiamo vivendo è la più grande siccità mai verificatasi da 76 anni a questa parte. Riguardo le misure di prevenzione l'istituzione europea ha posto l'accento sul progressivo abbandono delle campagne all'origine del mancato con-

trollo sul territorio da parte dei suoi abitanti verso il rischio di sviluppo rapido di focolai dolosi, anche se la loro insistente prossimità ai centri urbani lascia immaginare che possa essere attribuito all'intento di eliminare rapidamente col fuoco ingombranti discariche altrettanto improvvise o l'accumulo di detriti e materiali inquinanti. Forse l'Europa dovrebbe proporsi un'agenda più pragmatica riguardo le nuove produzioni di inquinanti, invece di sbandierare green, sia pure temporaneamente, quello che, come le centrali nucleari, non può smantellare senza costi elevatissimi, superiori ai benefici prodotti, tra i quali, cosa che beneficio non è, tutt'altro, il surriscaldamento terrestre. Certamente fondamentale può dirsi quanto l'Italia sta facendo sul piano della prevenzione e della difesa del patrimonio boschivo e forestale, parallelamente e di supporto agli interventi

nell'ambito della Protezione Civile e ambientale.

Il Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari (CUFA) dal 2019, di concerto con l'Arma dei Carabinieri ha avanzato, nel settore della Space Economy e nei termini dell'ecosostenibilità, l'individuazione degli assetti satellitari più mirati al contrasto del fenomeno degli incendi boschivi per mezzo, in attuazione del D.L. 120/2021, del Geoportale degli Incendi Boschivi, in esercizio dallo scorso 1 aprile 2022. L'iniziativa consente di mappare e riversare nel database i percorsi degli incendi boschivi identificati da satellite e da terra, di verificare a ritroso nelle condizioni meteo di direzione del vento e di espansione naturale del sottosuolo boschivo dove più attecchisce, i focolai originari dell'incendio e di verificarli. Sottoponendo con questa tecnologia sensibile l'area interessata al diretto controllo, oltre

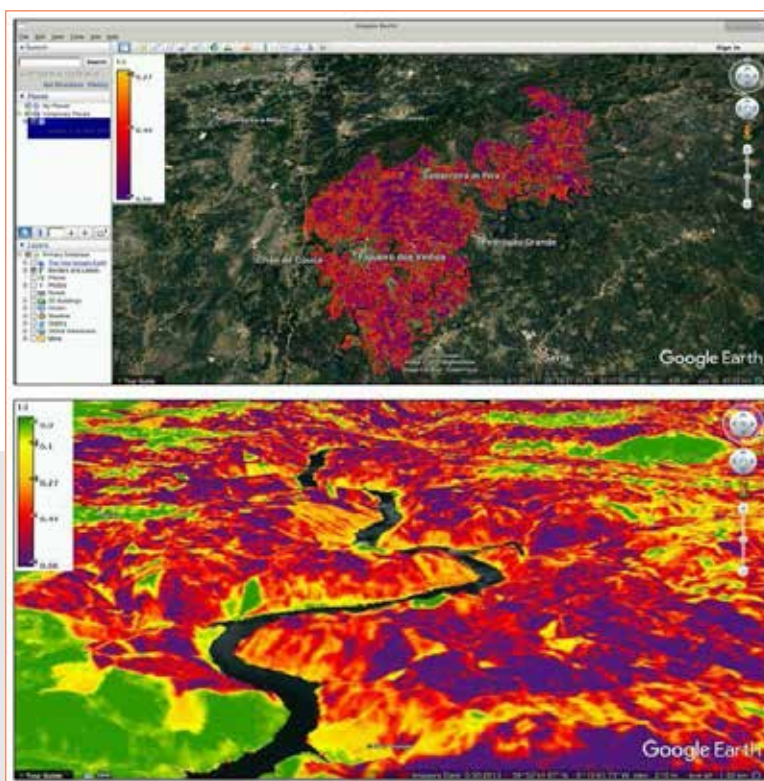


Fig. 4 - In questa figura viene riportato l'elaborazione dell'indice RBR (Relativized Burn Ratio). Questo indice prevede nella sua formula l'analisi di una immagine pre-incendio e post-incendio, diversamente dall'approccio del progetto Pedros.

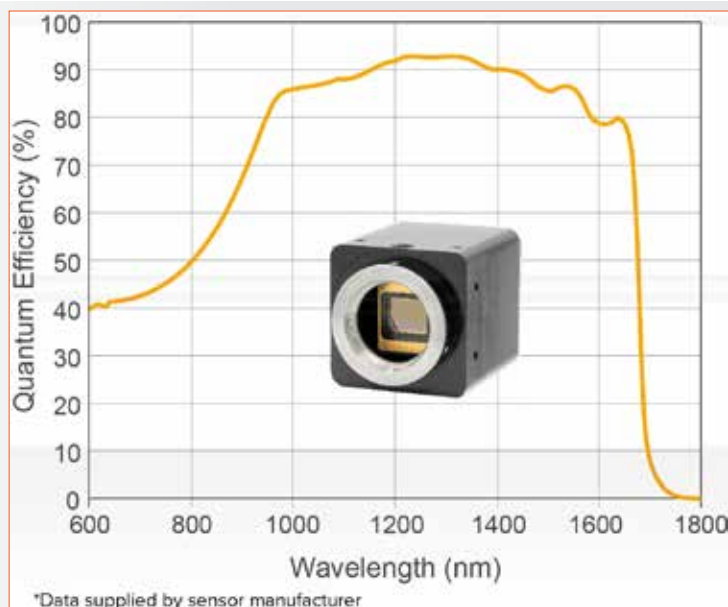


Fig.5 – Curva sensibilità sensore a basso costo TEC-less (senza sistema di raffreddamento), bande VIS/NIR/SWIR, modello Owl 640 M (Raptor Photonics, UK).

che degli organi di tutela, dei Comuni preposti all'attivazione dei vincoli di inedificabilità normativi per i dieci anni successivi all'incendio, previsti dalle normative vigenti e nei quali l'ecosistema boschivo protetto potrà rigenerarsi spontaneamente, fungendo da deterrente ad ogni altro proposito degenerativo di malintenzionati incorrenti nella medesima ipotesi di reato di distruzione.

Nella sezione Catasto Incendi del Sistema informativo della Montagna (SIM) le perimetrazioni a titolo gratuito, resteranno a disposizione dei Comuni coinvolti per l'apposizione e il rispetto delle misure di protezione e salvaguardia e le azioni repressive delle violazioni eventuali, che non possano più dirsi isolate. Previdenze analoghe interesseranno il formarsi di discariche abusive nel patrimonio forestale, boschivo e delle acque, insieme all'ambiente marino, al patrimonio di bacini fluviali e lacustri e ai ghiacciai, influenti l'andamento climatico e le risorse energetiche rinnovabili del paese, nei termini della Space

Economy, al pari dei Bio Parchi e dei Parchi Marini.

Il Geoportale degli Incendi Boschivi in qualche misura anticipa gli intenti a livello mondiale e soprattutto europeo che ricercano le linee guida nella prevenzione. Fra queste s'inserisce il Progetto di ricerca PEDROS per la sorveglianza delle zone boschive, protette e non, e le limitrofe, al fine di migliorare con droni pilota, senza il rischio di perdita di vite umane nell'avvicinamento, il pronto intervento per la delimitazione delle aree percorse dal fuoco. PEDROS è un acronimo che sta per: PERimetrazione automatica di incendi con DRONE equipaggiato con Sensore specifico, dove la tecnologia sostituisce l'elemento umano nell'esposizione al pericolo, consentendo di tracciare in automazione le aree percorse dal fuoco subito dopo il loro spegnimento, consentendo anche di circoscrivere l'area di innesco, per le successive indagini volte ad individuarne le cause.

Il progetto, finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), in via di sviluppo da parte di tre com-

ponenti il Consorzio d'impresa e cioè: Alma Sistemi, Mediageo e Sapienza Università di Roma, ha individuato quattro principali Test di volo praticabili dal modello di drone altamente robotizzato, che sono in corso di realizzazione.

Sensori NIR/SWIR per UAV ad alte prestazioni

a cura di T. Giagnacovo

Tra i vari indicatori dello stato di salute della vegetazione, ottenuti elaborando immagini satellitari su varie bande di frequenza, il "Normalized Burn Ratio" (NBR) si è rivelato particolarmente utile, per rilevare le tracce lasciate dal fuoco a seguito di un incendio.

Lo NBR viene elaborato a partire da due specifiche bande di frequenza, come ad esempio quelle ottenute dal Thematic Mapper (TM) di Landsat 4-5:

- banda 4: 0.76-0.90 μm (NIR)
- banda 7: 2.08-2.35 μm (SWIR)

L'indice così determinato è quello che mostra la maggior differenza tra le immagini pre e post-incendio, specialmente su suolo coperto da boschi^{2,3,4}.

La banda 4 (NIR) è sensibile al contenuto di clorofilla nella vegetazione sana. La banda 7 (SWIR) è sensibile al contenuto di acqua sia nel suolo che nella vegetazione, al contenuto di legno nella vegetazione non fotosintetica, e ai minerali idrati come argilla, mica e alcuni ossidi e solfati⁵. È stato dimostrato che le lunghezze d'onda della banda 7 sono sensibili nel separare vegetazione ricca di legno non fotosinteticamente attiva (morta) dal suolo, dalla cenere e dal legno carbonizzato in un ambiente post-incendio⁶.

Come risultato dell'utilizzo di queste due bande, l'NBR

Modello	Produttore	Sensore	Banda	Spettro	Risoluzione	Pixel	Ottiche	FOV	Raffr.	Velocità	IP	Memoria	ADC	Potenza	Peso	Temp.
				µm					sensori	lbs				W	kg	Op.
SWIR-384	HuSens (US)	MCT	SWIR	0.93 - 2.5	384		12.0	16°		400	CL		16	30	5.7	
SWIR-640		MCT	SWIR	0.96 - 2.5	640		12.0	16°		140	CL		16	10	4.1	
Owl 640 S		InGaAs	SWIR	0.9 - 1.7	640x512	15 x 15 µm	C-Mount		TEC	300	CL		12	8	0.26	-20/+55
Owl 640 II	Raptor	InGaAs	VIS-SWIR	0.6 - 1.7	640x512	15 x 15 µm	C-Mount		TEC	120	CL		14	8	0.282	-20/+55
Owl 640 N	Photonics	InGaAs	VIS-SWIR	0.6 - 1.7	640x512	15 x 15 µm	C-Mount		TEC	120	CL		14	4	0.28	-20/+55
Owl 640 T	IMN	InGaAs	VIS-SWIR	0.6 - 1.7	640x512	10 x 10 µm	C-Mount		TEC	120	CL		12	8	0.25	-20/+55
Owl 640 M	New Images	InGaAs	VIS-SWIR	0.6 - 1.7	640x512	15 x 15 µm	C-Mount			120	CL		14	2.5	0.17	-20/+55
WICy Seta 330	Tech. (US)	InGaAs	NIR	0.9 - 1.7	320x200	15 µm	C-Mount			1000	USB 3.0, CL		14		0.215	-40/+55
NIRvana HS	(US)	InGaAs	NIR	0.9 - 1.7	640x512	20 µm	Ø1.5 (C-Mount)		Air/Liquid	725					3.3	000
Hyperspectral	Imec (BE)		VIS	0.45 - 0.875	2048x1088		C-Mount			90	ENVI		10		0.45	
			NIR-SWIR	0.675 - 1.65	640x480					40			10		0.45	

Tab.1 – selezione sensori VIS/NIR/SWIR adatti ad essere impiegati su UAV.

è particolarmente sensibile ai cambiamenti nella quantità di vegetazione verde, contenuto di umidità e alcune condizioni del suolo che possono verificarsi in seguito ad un incendio.

Se si analizza in dettaglio lo spettro riflesso dalla vegetazione, è possibile identificare alcune lunghezze d'onda di interesse. Da 0.75 a 1.3 µm lo spettro è dominato dalla struttura cellulare della vegetazione sana. Successivamente si hanno le bande di assorbimento del vapore acqueo in atmosfera (circa 1.38, 1.87, 2.7 µm), banda quindi sensibile al contenuto di acqua nella vegetazione.

Sovrapponendo a questo spettro quello di aree del suolo bruciate, si possono ricavare una serie di markers o indici a specifiche lunghezze d'onda che consentono di discriminare aree del suolo con vegetazione sana da quelle che hanno subito un'incendio.

In fig.4 è riportato un esempio

di elaborazione di immagini satellitari facendo uso dell'indice NBR, e della sovrapposizione del risultato su una immagine in 3D tramite Google Earth.

Sceita del Sensore

Per determinare un indice NBR sulle immagini da acquisire, le bande di frequenza di interesse sono:

- NIR, filtro passa-banda a 800 nm
- SWIR, filtro passa-banda a 1380 nm
- SWIR, filtro passa-banda a 1870 nm

Dal punto di vista tecnologico, sono disponibili commercialmente una varietà di sensori che coprono le bande di interesse.

La banda NIR può essere coperta da un economico sensore CMOS. La banda SWIR fino a 1.7 µm può essere coperta da un sensore InGaAs (raffreddato con

TEC¹¹). La banda SWIR fino a 2.5 µm può essere coperta solo da sensori del tipo MCT12 con raffreddamento a TEC o LN (Azoto liquido). Sono comunque disponibili alcuni sensori in banda SWIR (0.9-1.7 µm) o NIR/SWIR (0.6-1.7 µm) senza raffreddamento (TEC-less, rif. fig.5), quindi con un ridottissimo consumo di potenza.

APR ad alte prestazioni

I criteri di selezione per un velivolo APR (drone) adatto ai requisiti del progetto PEDROS sono i seguenti:

1. Elevata autonomia di volo
2. Elevata capacità di carico
3. Quota di tangenza pratica
4. Guida autonoma
5. Grado di tenuta IP

L'autonomia è necessaria per poter compiere una missione di ricognizione di un territorio, in genere in zone impervie, considerando anche il tempo neces-

Modello	Produttore	Banda	Lunghezza d'onda (µm)	Ottiche
LM12HC-SW	Kowa (JP)	SWIR	1,0 - 2,0	f/1.4 - 1.6 (12.5 mm focal length)
LM12HC-VIS-SW		VIS-SWIR	0,45 - 2,0	f/1.8 - 16
67-781	Edmund Optics (US)		0,79 - 0,82	12,5 mm
69-882			shortpass ¹³ 0,75	
33-969			longpass ¹⁶ 2,4	
65-796		UV-VIS	0,72 - 2,75	
LP1000	Midwest Optical Systems (US)		1,01 - 2,3	
LP1850		SWIR	1,9 - 12,0	
BP800		NIR	0,745 - 0,9	

Tab.2 – Filtri di banda ottici con attacco 12.5 mm (C-Mount)

sario al rientro. Inoltre, APR ad elevata autonomia consentono di avere ancora un buon margine sull'autonomia di volo pur con un carico pari al massimo previsto dal velivolo.

La capacità di carico deve poter consentire di allocare i sensori, costituiti da una o più telecamere operanti nelle bande VIS, NIR e SWIR, e l'unità di elaborazione, registrazione dati, e

controllo del volo. La quota di tangenza pratica consente di operare il velivolo anche in zone di montagna, con sito di decollo posto quindi già a quote elevate, pur conservando un buon rateo di salita. La guida autonoma deve consentire al sistema di elaborazione di bordo di poter inviare comandi all'autopilota del velivolo, e di ricevere informazioni di stato. Il profilo della missione prevede la navigazione guidata da una serie di waypoints pre-programmati, con la possibilità di inserire variazioni in base alle immagini acquisite. Il grado di tenuta IP17. Consente di operare il velivolo in

Modello	Costruttore	Max. P/L Kg	Max. Aut. min	Portata T/c km	Bande Frequenza GHz	#	Temp. Op. °C	Max. Pico. kg	Vel. Max km/h	Velocità km/h	Quota Tangenza m	Vel. Sal./Dec. m/s	Note	Costo EUR	Distributore
Matrice 300 RTK	DJI	0 2,2	30 11	8 (15)	2.400-2.4835 / 5.725-5.850	45	-20/+50	9	83	54	5000	+6/-5	Opt. 7000 m Sensort max range: 80 m Intelligent Battery Station Smart Controller Enterprise, OCUSYNC enterprise CSM radar, 1.5 - 30 m	10.126,00 11.865,00 1.339,00 1.192,00 300,00	Dronex Roma RS Components Dione Store Dronex Roma RMUS
Matrice 200 V2	DJI	0 1,4	38 14	8	2.400-2.4835 / 5.725-5.850	40	-20/+50	6	81	43	3000	+5/-3	Downward vision, 10 m, ultrasonic, 5 m CENDENCE remote controller with OCUSYNC 2.0 CENDENCE Remote Control Manfoto2 Auxiliary Computer	6.800,00 1.149,00 1.000,00	Drone Nerds Dione Store B&H Photo Video
D94N-801	DroneBase	2,5	40	3	0.868 / 2.400 / 5.800	43	-15/+50	7	72	36		+/-5	740W hovering, EASA/ENAC ready	6.300,00	DroneBase
Explorer 800	DroneBase	2	30	2 (5)	0.868 / 2.400 / 5.800	63		7		20	1000		ENAC ready, Opzione range esteso > 2 km	9.800,00	DroneBase
Explorer 1000	DroneBase	0 3 4	80 50	15 (50)	0.868 / 2.400 / 5.800	53	-20/+50	11,5	85	36	6000	+4/-3	Capacità di volo sottola pioggia, EASA / ENAC ready range fino a 20 km Ground Station Pro	14.000,00 5.800,00 3.800,00	DroneBase
Derantè	Italdron	1,2	50	3	0.433 / 2.400		-10/+40	9	54	40			80ha area sorveglianza		Italdron
Evoluzione 4HSE	Italdron	2,5	40	3	0.433 / 2.400		-10/+40	8	54	40			50ha area sorveglianza Certificato ENAC		Italdron
Drone X-C... Mavic 2 Pro	Aermatica DJI	2,5 0	24 27		2.400-2.4835 / 5.725-5.850		-10/+40		50	36	5000	+5/-3	Drone per agricoltura, 20 ha Camera 4K		Aermatica 3D RS Components
Mavic Pro Enterprise	DJI	0	31		2.400-2.4835 / 5.725-5.850		-20/+40	1,1	72	36	6000	+6/-5	Microbarometer sensor	6.215,00	RS Components
Phantom 4 RTK	DJI	0	30	5	2.400-2.483		0/+40	1,4	50		6000	+6/-4		5.400,00	Aermatica3D

Tab.3 – Rassegna velivoli APR ad alte prestazioni disponibili commercialmente.

condizioni meteo tipiche di un ambiente impervio, e su terreni sui quali si è sviluppato un incendio, quindi ricchi di ceneri. Da una prima ricognizione dei modelli attualmente disponibili sul mercato, sono state estrapolate le seguenti caratteristiche tecniche di massima.

- Autonomia di volo: da 30 a 50 minuti.
- Capacità di carico (payload): fino a 3 kg.
- Tangenza pratica: fino a 5000 m (parametro non disponibile da tutti i costruttori).
- Guida autonoma: predisposizione kit SDK (DJI), o uso di sistemi "open-source".
- Grado IP: 43 – 45 (con un modello che dichiara 63).

La scelta del tipo di eliche da installare determina la massima quota di volo del velivolo. Detta quota, definita anche come tangenza pratica, è quella nella quale il velivolo ha ancora sufficiente controllo sulla velocità di salita.

La massima quota di volo è importante se si deve operare in zone di montagna, quindi con altezze sul livello del mare di 1000 – 2000 metri, fino a 3000 metri. Le attuali normative stabiliscono una quota di volo dal livello del suolo (AGL) massima di 70 m per voli amatoriali, e 150 m per piloti professionisti con attestato.

Algoritmo sviluppato

Il progetto PEDROS (PERimetrizzazione automatica di incendi con DRone equipaggiato con Sensore specifico) prevede la realizzazione di un sistema di supporto alle attività operative di perimetrizzazione dettagliata di aree boschive aggredite da

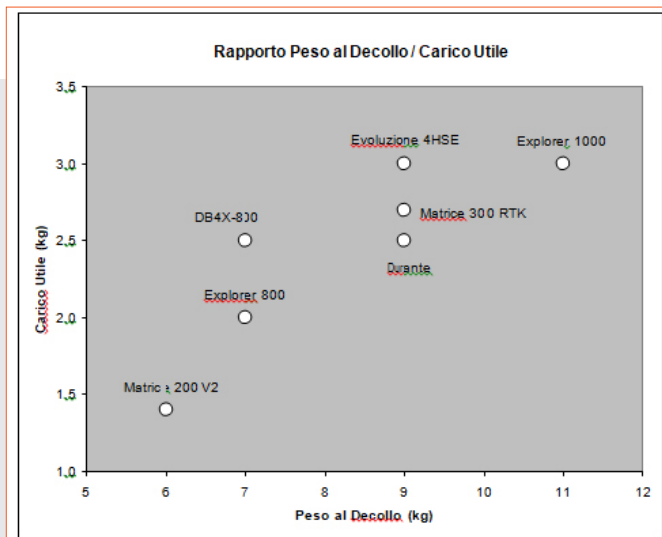


Fig.6 – Rapporto peso al decollo vs. max. carico utile

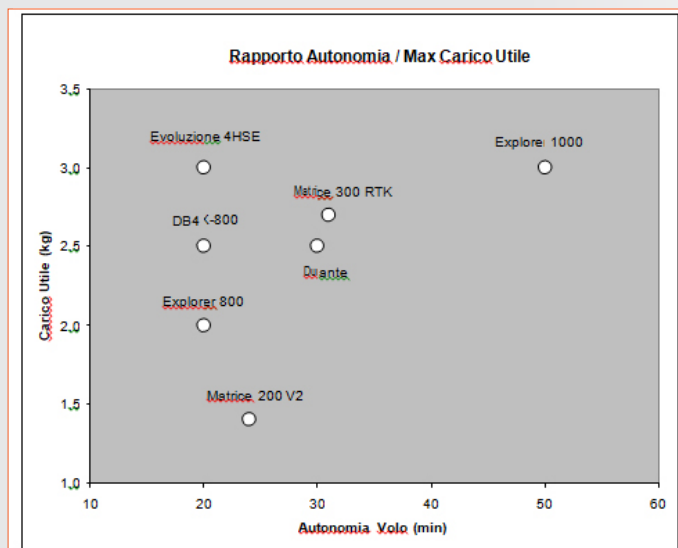


Fig.7 – Rapporto autonomia di volo con max.carico utile¹⁸.

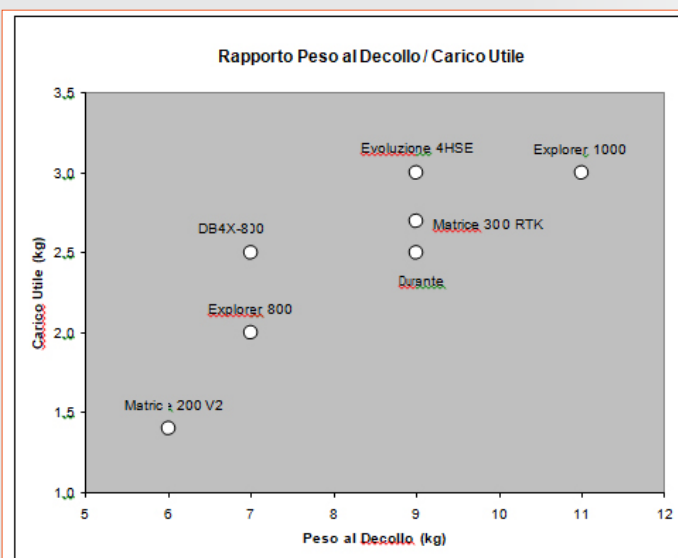


Fig.8 – Curve autonomia in funzione del carico utile per i tre modelli Explorer 1000 (dronebase), Matrice 300 (DJI), Evoluzione 4HSE (italdron).

insetti/patogeni e/o da incendi boschivi. Con riferimento al problema della perimetrazione delle aree percorse dal fuoco l'algoritmo sviluppato nell'ambito del progetto si basa su un approccio già largamente applicato nell'ambito del telerilevamento satellitare. La sua applicazione nel caso specifico dell'osservazione da drone richiede alcune modifiche, in particolare legate all'impossibilità di applicare tecniche di change detection e alla necessità di realizzare l'elaborazione delle immagini in real time a bordo del drone. Nel corso del tempo sono stati sviluppati una serie di indici specializzati per la mappatura delle aree affette da incendio da dati telerilevati, tra questi: il Normalized Burn Ratio (NBR), il Burned Area Index (BAI),

il Mid Infrared Burn Index (MIRBI). L'implementazione di un algoritmo automatizzato in grado di analizzare (on board) le immagini acquisite da un drone in tempo reale e fornire mappe delle aree percorse dal fuoco risulta fondamentale per supportare il servizio fornito dal progetto PEDROS. L'algoritmo deve garantire la interoperabilità dei dati, deve essere capace di gestire un significativo flusso di dati ma soprattutto costituire una significativa evoluzione rispetto allo stato dell'arte nel processo di rilevamento remoto dei cambiamenti, permettendo la identificazione da immagini acquisite in tempo reale dei cambiamenti nella vegetazione. Prevedendo che la elaborazione delle immagini acquisite dal drone sia operata

a bordo dello stesso, l'algoritmo di individuazione delle aree bruciate è stato implementato su un computer adatto ad essere installato a bordo di un drone. Le immagini acquisite dal drone sono elaborate su un Raspberry Pi-400 con uno script scritto in Python. Un'analisi preliminare è stata condotta utilizzando le immagini multispettrali ottenute da drone equipaggiato con una fotocamera MicaSense RedEdge-MX.

Ulteriori dettagli sono nell'articolo "Un sensore aviotrasportato per analisi immagini a supporto degli incendi" di Giovanni Laneve, Ramon Bueno Morles, Valerio Pampanoni, sempre su questo numero a pag. 22.

RIFERIMENTI

- 1 Key, C. H., & Benson, N. C. (2005). Landscape assessment: Remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. In D. C. Lutes (Ed.), FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report, RMRS- GTR-164-CD:LA1-LA51. (pp.) Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- 2 Key, C. H., & Benson, N. C. (2005). Landscape assessment: ground measure of severity, the Composite Burn Index. In D. C. Lutes (Ed.), FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report, RMRS- GTR-164-CD:LA1-LA51. (pp.) Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- 3 Lopez Garcia, M. J., & Caselles, V. (1991). Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data. *Geocarto International*, 1, 31-37.
- 4 Miller, J. D., & Yool, S. R. (2002). Mapping forest post-fire canopy consumption in several overstory types using multi-temporal Landsat TM and ETM data. *Remote Sensing of Environment*, 82(2-3), 481-496.
- 5 Avery & Berlino, 1992; Elvidge, 1990.
- 6 Jia et al., 2006; Kokaly et al.
- 7 Rif.immagine: "Burned Area Mapping with Sentinel-2 using SNAP" Corus ESA Copernicus, Portugal, 2017
- 8 Rif.immagine (modificata dall'autore): Elowitz, Mark R. "What is Imaging Spectroscopy (Hyperspectral Imaging)?", republished in "Vegetation Analysis: Using Vegetation Indices in ENVI", L3-Harris whitepaper.
- 9 Jay D. Miller, Andrea E. Thode (2006).

Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR). *Remote Sensing of Environment* 109 (2007) 66-80, Elsevier.

10 Rif.immagine: "Burned Area Mapping with Sentinel-2 using SNAP" Corus ESA Copernicus, Portugal, 2017.

11 TEC – Thermo-Electric Cooler. Modulo di raffreddamento a cella di Peltier.

12 Il grado di protezione IP si compone di 2 cifre. La prima indica il grado di protezione da corpi solidi (4 indica protezione da oggetti solidi maggiori di 1 mm). La seconda cifra indica la protezione da liquidi (3: vapori d'acqua, 4: spruzzi d'acqua, 5: getti d'acqua).

13 modelli DJI (Matrice 200 e 300), Explorer 1000 (dronebase), e Durante (italdrone): autonomi di volo a pieno carico da specifica. Per gli altri modelli è stata stimata in rapporto alla massima autonomia di volo dichiarata.

KEYWORDS

UAV; INCENDI BOSCHIVI, SENSORI OTTICI; NIR; SWIR; ALGORITMO; GNSS

ABSTRACT

The proposed system provides for the development of a SAPR system (Airborne Remote Pilotage System) which can be of assistance to the detailed perimeter, of wooded areas attacked by insects/pathogens and/or by forest fires in order to transmit to the competent authorities the certification of these areas affected by environmental damage, in compliance with current legislation. This activity is normally carried out through the interpretation of

satellite image analyzes with spatial resolutions that are not always adequate for the purpose, which often entails the need for re-perimeteration in the field carried out by operators equipped with GNSS handheld systems.

AUTORE

ALESSIO DI IORIO,
ADI@ALMA-SISTEMI.COM

ROBERTO FILIPPONE,
TOMMASO MUROLO
ROBERTO FILIPPONE,
TONINO GIAGNACOVO
ALMA SISTEMI S.R.L.

EDOARDO CARLUCCI
MEDIAGEO SOOC. COP.

GIOVANNI LANEVE
SIA (SCUOLA DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE)
EARTH OBSERVATION SATELLITE IMAGES
APPLICATIONS LAB (EOSIAL)
SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Il Progetto Perimetrazione automatica di incendi con DRONE equipaggiato con Sensore specifico (PEDROS) è stato finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) nell'ambito del bando di finanziamento di progetti di ricerca industriale, sviluppo sperimentale (504/2020) per "Nuove idee di applicazioni integrate, servizi e prodotti innovativi basati sull'uso dei dati satellitari di telecomunicazioni (TLC)/navigazione (NAV)



TECHNOLOGYforALL

Il Forum dell'Innovazione

Tecnologie per il Territorio, Beni Culturali e Smart Cities

Roma

14 - 16 NOV 2023

www.technologyforall.it

