

CAPITOLO 5

Breve rassegna dei sistemi di telerilevamento degli incendi boschivi

Alberto Maiolo- *Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso pubblico e della Difesa Civile – Ministero dell'Interno, P.zza Viminale, 1 - 00189 Roma – alberto.maiolo@vigilfuoco.it*

Premessa

Il problema degli incendi di bosco e di sterpaglia è molto delicato ed ogni anno numerosi danni e disservizi sono creati ai cittadini/utenti a causa della difficoltà che i soccorritori incontrano nell'affrontare eventi che solitamente si presentano di dimensioni rilevanti. E' proprio la dimensione del fenomeno, quasi sempre legata ai tempi d'intervento originati dalle difficoltà che i soccorritori incontrano nel raggiungere il luogo dell'evento, che crea i maggiori problemi per una rapida ed indenne opera di soccorso.

Ogni anno la campagna antincendi boschiva (AIB) coordinata dalla Protezione Civile, attuata attraverso uno specifico D.P.C.M., mobilita un numero elevato di Enti, Amministrazioni e soggetti vari che sono chiamati ad assolvere compiti di diversa natura, anche con l'ausilio di parecchi aeromobili. Questo naturalmente comporta dei costi notevoli per la gestione del servizio più generale della lotta antincendi boschiva. Il fuoco però continua ad arrecare danni e devastazione ambientale, continua a distruggere il patrimonio forestale, quello edilizio e quello infrastrutturale, comportando anche, in casi per fortuna limitati, la perdita di vite umane.

Per fronteggiare questa calamità lo Stato e le Regioni si impegnano annualmente nella sorveglianza e nella lotta attiva al fuoco impegnando ingenti risorse finanziarie che vengono sottratte alle attività di sviluppo e di produzione del Paese. L'attuale quadro di azioni messo in atto per la lotta antincendio è rimasto circoscritto storicamente quasi esclusivamente a due fattori: da un lato il ricorso alla lotta attiva al fuoco e dall'altro all'acuirsi del sistema giudiziario. Con il primo facciamo riferimento alla "macchina operativa antincendio", sicuramente molto efficace sul piano del contenimento dei danni, ma per sua natura non idonea ad incidere sulle cause che alimentano il fenomeno. Con il secondo fattore facciamo invece riferimento al sistema di deterrenza giudiziaria introdotta, che può costituire un valido argine alla reiterazione dei delitti improntati ad una matrice prettamente criminale, ma che si rivela assolutamente inadeguato per fronteggiare gli incendi, che affondano piuttosto le loro motivazioni o nei bisogni sociali o nell'illegalità.

Naturalmente con questo non si vuole dire che l'azione di polizia giudiziaria non sia importante, anzi, essa continua ad essere il mezzo più efficace per individuare le cause e gli autori degli incendi, ma certamente da sola non può costituire il deterrente al compimento del reato. Né però si può pensare che possa essere risolutoria una strategia d'azione incentrata solo verso politiche di vincoli o proibizioni sulle aree percorse dal fuoco. Vietare infatti non è sinonimo di impedimento.

Dalle inchieste svolte infatti dalla DDA, dal SISDE e dalla Commissione Antimafia, risulta che la maggior parte degli incendi che hanno interessato i territori delle regioni meridionali italiane, con particolare riferimento alla Calabria, sono la conseguenza diretta di atti criminali ad opera di associazioni dedite in modo specifico a tale attività. E l'azione criminale risulta essere prevalentemente rivolta verso aree di vincolo (di pregio ambientale e a forte potenziale turistico), ma così facendo spesso vengono pregiudicate non solo l'incolumità delle persone, ma anche gli insediamenti e le infrastrutture produttive, con pesanti ricadute sull'attrattività produttiva e turistica dei territori interessati. L'attività di prevenzione incendi può rappresentare, quindi, un fattore determinante nel contrasto delle aggressioni criminali perpetrate a danno del patrimonio ambientale, contribuendo a determinare le pre-condizioni per lo sviluppo dei territori interessati.

In Italia, oggi, la maggior parte degli incendi viene denunciata con tecniche tradizionali di osservazione (quasi sempre legate all'avvistamento visivo ad opera di privati cittadini, rari sono i casi di avvistamento attuato da postazioni fisse o aeree) e con tempi medi di un paio di ore dall'evento (solitamente entro le prime due ore). Spesso però una tempistica di questo tipo non è sufficiente per consentire di bloccare un focolaio d'incendio o per impedire che lo stesso assuma dimensioni catastrofiche. Da qui l'auspicio, per le aree definibili critiche, di poter disporre di un monitoraggio ambientale continuo, con la conseguenza di poter ridurre i tempi d'intervento dei soccorritori in caso d'incendio e quindi l'entità dei danni in caso d'incendio. Ma a quale tipo di dispositivo è possibile far riferimento? Quale è in grado di dare le migliori garanzie per l'ottenimento dell'obbiettivo? Sono queste le domande cui cercheremo di dare una seppur sintetica risposta.

L'attività antincendio boschiva

Per capire la rilevanza del problema degli incendi di bosco, e quindi analizzare compiutamente l'importanza dell'attività di monitoraggio degli stessi, è possibile analizzare i dati sull'attività di soccorso svolta annualmente dai Vigili del fuoco. Il numero di incendi cui i Comandi Provinciali VV.F. devono far fronte ogni anno è notevole, supera i 200.000, e l'andamento - fortuna-

tamente - è in leggero calo (tralasciando dal confronto gli anni 2007 e 2008 in cui si sono avuti numerosissimi incendi di bosco e di sterpaglia nel sud Italia nel periodo estivo).

Andamento Incendi in Italia

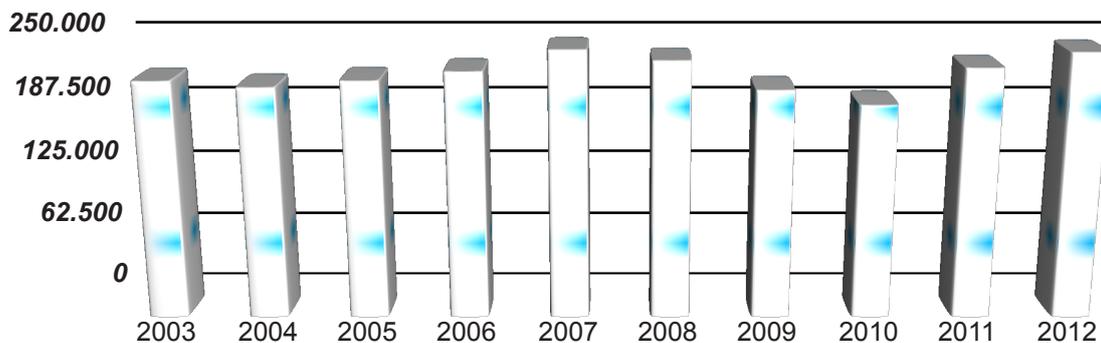


Figura 1 - Andamento degli incendi in Italia negli ultimi dieci anni.

Questo a fronte di un andamento altalenante del numero complessivo di interventi di soccorso svolti dai Vigili del fuoco, che si attestano annualmente oltre i 700.000.

Andamento degli Interventi in Italia

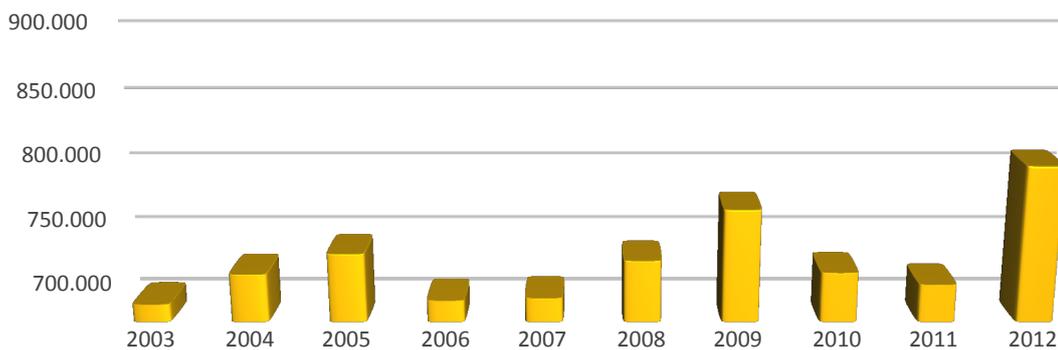


Figura 2 - Andamento degli interventi totali di soccorso svolti dai Vigili del fuoco negli ultimi dieci anni.

Analizzando i dati delle campagne antincendi boschive (AIB) svolte dalla sola componente dei Vigili del fuoco, nel periodo 15 giugno - 15 settembre di ogni anno, ci si accorge che il numero degli incendi che interessa il nostro Paese, in un lasso di tempo di soli 6 anni, è

enorme. Così come enorme è il numero di personale che il Corpo Nazionale impiega per affrontare gli interventi di lotta attiva.

Numero Incendi	Durata TOT (ore)	Personale VVF impiegato (unità)	Mezzi VVF intervenuti	Elicotteri VVF (ore volo)
215.579	211.241	1.042.938	324.755	2.093

Tabella 1 – Riepilogo attività AIB effettuata dai VVF nel periodo 2005-2010

Ai fini di una corretta lettura dei dati va precisato che solo durante la campagna antincendi boschiva la flotta aerea antincendio dello Stato viene coinvolta nelle attività di spegnimento degli incendi boschivi assicurandone l'efficacia operativa in coordinamento con le Regioni. Inoltre, le squadre operative dei Vigili del fuoco impiegate in tale tipo di attività sono tradizionalmente costituite da una APS (autopompa serbatoio) con cinque operatori, o da uno specifico modulo antincendio boschivo caricato su un fuoristrada (necessario a raggiungere zone impervie e difficilmente accessibili) con due operatori, supportati – fin dove possibile – da una ABP (autobotte pompa) con altri due operatori, a garantire il rifornimento idrico.

Possiamo quindi ipotizzare che mediamente il numero di operatori che interviene per ogni incendio (a meno di casi eccezionali) sia di cinque unità, con uno o due mezzi.

Numero Incendi	BOSCO (n° interventi)	STERPAGLIA (n° interventi)	TERRENI AGRICOLI (n° interventi)
215.579	17.719	186.861	11.000

Tabella 2 – Suddivisione degli interventi dei VVF per tipologia di matrice interessata (periodo 2005-2010)

Regioni	Incendi di superficie boscata (ha)	Incendi di superficie non boscata (ha)	Superficie totale incendiata (ha)	% superficie incendiata rispetto al totale bruciato
ABRUZZO	1.638	15.985	17.623	3,27%
BASILICATA	6.786	15.704	22.490	4,17%
CALABRIA	9.317	53.692	63.009	11,70%
CAMPANIA	2.007	29.361	31.367	5,82%
EMILIA ROMAGNA	477	4.959	5.436	1,01%
FRIULI V. GIULIA	303	399	702	0,13%
LAZIO	2.885	21.573	24.458	4,54%
LIGURIA	10.282	1.376	11.658	2,16%
LOMBARDIA	394	3.994	4.388	0,81%
MARCHE	4.484	6.495	10.979	2,04%

MOLISE	944	4.223	5.166	0,96%
PIEMONTE	5.553	1.597	7.150	1,33%
PUGLIA	4.761	79.209	83.969	15,59%
SARDEGNA	12.497	16.632	29.129	5,41%
SICILIA	6.283	103.808	110.090	20,44%
TOSCANA	2.565	76.089	78.654	14,60%
UMBRIA	3.650	1.067	4.717	0,88%
VENETO -				
TRENTINO A.A.	1.171	26.563	27.734	5,15%
Totale	75.996	462.724	538.720	

Tabella 3 – Distribuzione degli incendi nelle diverse regioni italiane nel periodo 2005-2010

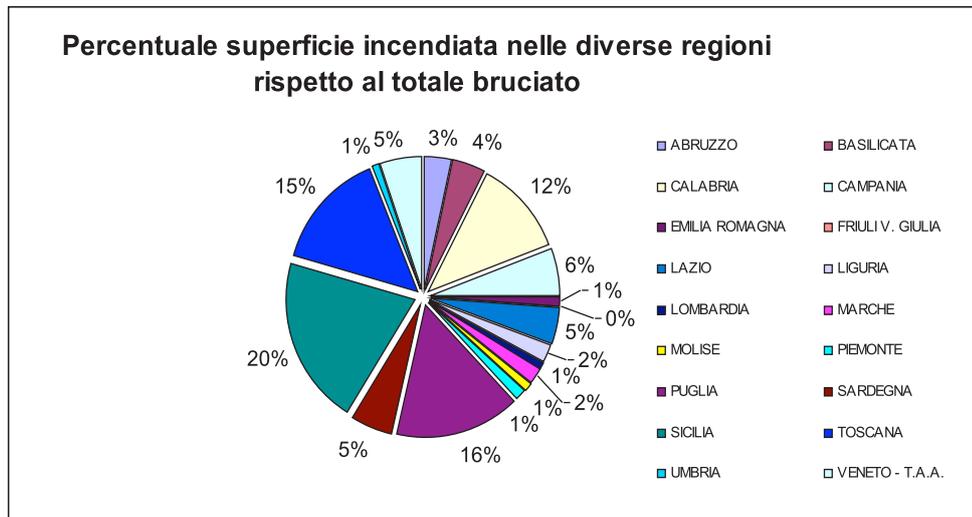


Figura 3 – Rappresentazione grafica delle percentuali di superfici incendiate nel periodo 2005-2010 nelle diverse regioni italiane rispetto al totale delle superfici bruciate

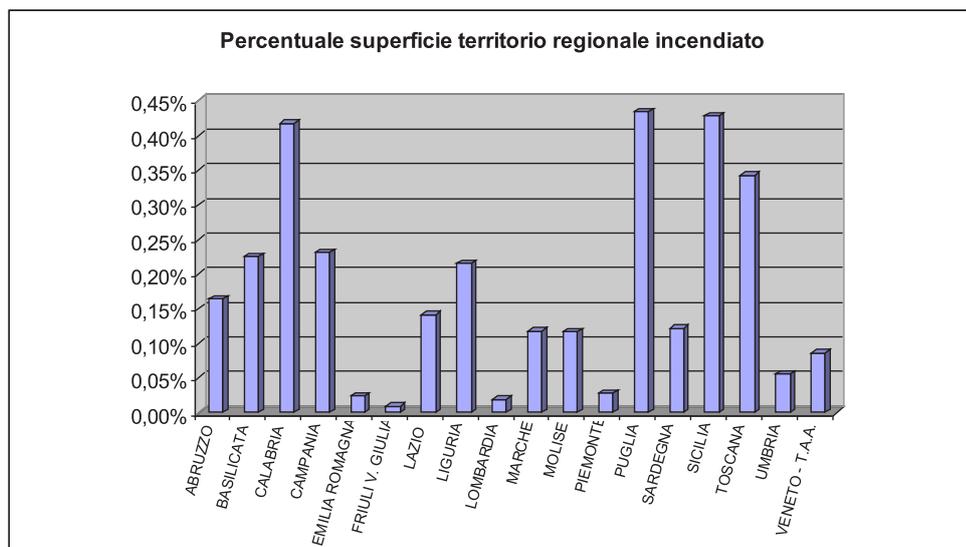


Figura 4 – Rappresentazione grafica della percentuale di superficie del territorio regionale incendiata rispetto alla superficie regionale complessiva nel periodo 2005-2010

E' facile a questo punto, con i dati sopra riportati, capire gli enormi costi che annualmente lo Stato è costretto ad affrontare per poter contrastare il fenomeno degli incendi di bosco. In questi costi sono poi da considerare quelli che maggiormente gravano sul bilancio, anche se non rappresentano una spesa immediata, ma che sono il danno diretto ed indiretto alle infrastrutture (all'interno delle aree interessate dall'evento), al patrimonio ambientale, oltre che, naturalmente, il costo di tutte le altre componenti impegnate nel dispositivo di soccorso (Corpo Forestale dello Stato, Regioni, Volontariato, ecc.). Si capisce quindi che poter rilevare tempestivamente un incendio, soprattutto nelle zone poco urbanizzate, tipicamente boscate o forestate, consentirebbe un notevole risparmio per la spesa pubblica. In generale, infatti, lo sviluppo di un incendio in aree boscate può essere caratterizzato attraverso una funzione danni-tempo, dove l'asse verticale mostra la quantità di danno e quella orizzontale, il tempo. Nel caso ideale di una foresta priva di infrastrutture che hanno un valore di per sé elevato, il danno è rappresentabile da una curva esponenziale che diverge all'infinito. Il tempo quindi che si perde nella messa in capo di azioni efficaci di estinzione, o per la riuscita delle stesse, determina danni che - in termini di costo - hanno un incremento esponenziale.

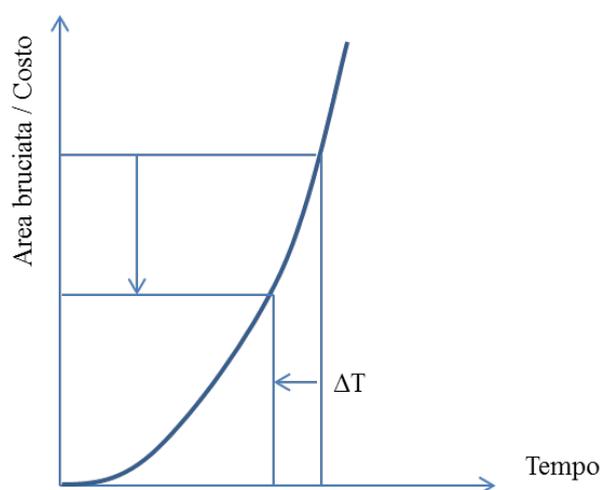


Figura 5 – Rappresentazione grafica del danno dell'incendio in funzione del tempo.

I sistemi di osservazione

Negli ultimi anni l'approccio esclusivamente repressivo al problema "fuoco" è cambiato. Grazie all'informatizzazione, la raccolta dati, lo studio del fenomeno negli aspetti che lo legano al territorio e la conseguente redazione di indici di pericolo e/o rischio che permettono la crea-

zione di modelli di propagazione, hanno consentito di cambiare completamente quelle che possiamo definire le modalità di approccio al problema.

Da premettere però che tutti gli strumenti introdotti possono essere considerati esclusivamente come strumenti di supporto per un sistema già organizzato e destinato ad intervenire sul territorio. Infatti, per chi è chiamato a pianificare l'opera di sorveglianza e di intervento sul territorio è fondamentale poter conoscere in tempo reale il grado di pericolo e/o rischio presente sul territorio che è designato per legge a dover gestire.

La realizzazione di un sistema di monitoraggio/osservazione rappresenta un problema di non poca complessità. Da qui lo sviluppo discontinuo fatto di sperimentazioni, test abbandonati, test ripresi e ri-abbandonati. Le tecnologie finora adottate, tutte relative a dispositivi di monitoraggio del tipo terrestre, anche se valide da un punto di vista tecnico, richiedevano infatti una manutenzione piuttosto onerosa, causa, quasi sempre, dell'abbandono nel tempo dei sistemi installati.

Sistemi d'osservazione del tipo terrestre

I sistemi di osservazione del tipo terrestre sono costituiti da sensori di tipo puntuale che permettono di verificare continuamente (o a intervalli regolari, o “a richiesta”) idonei parametri fisici che evidenziano la presenza di un ipotetico incendio (ad esempio la temperatura). Dobbiamo però pensare che spesso l'infrastruttura sulla quale sono collocati i sensori si viene a trovare all'interno di aree non presidiate (il 35% del territorio del nostro Paese, secondo le norme vigenti, è costituito da foreste) o prive di servizi, quali ad esempio l'alimentazione elettrica e le reti di comunicazione. Mentre a queste ultime due mancanze si potrebbe sopperire installando sistemi alternativi (pannelli fotovoltaici e/o accumulatori) in grado di fornire l'energia necessaria per il funzionamento dei sensori e dei sistemi autonomi di comunicazione, certamente la difficoltà maggiore è rappresentata dalla protezione fisica che i sensori potrebbero dover richiedere per la loro tutela da possibili atti vandalici. Questo elemento rappresenta forse il punto più dolente di tutti i sistemi d'osservazione di tipo terrestre, oltre quello che, naturalmente, trovandosi sull'area boschiva, essi stessi possono essere coinvolti dal fenomeno dell'incendio.

La natura isolata delle aree da controllare rappresenta proprio l'elemento di vulnerabilità, sia per quanto riguarda l'azione della “macchina” dei soccorsi, che viene allertata in tempi lunghi rispetto all'origine dell'evento e che quindi ha difficoltà a garantire il successo nell'azione operata, sia per quanto riguarda la predisposizione di adeguati sistemi di monitoraggio/osservazione.

Molti sistemi cercano di ovviare al problema della protezione dagli atti vandalici accentrando i sensori di rilevazione per disporli in aree, o strutture, che possono essere protette da atti vandalici. Naturalmente questo va spesso a discapito, della bontà del dato rilevato e della completa copertura territoriale, anche se grazie alla continua evoluzione ed al continuo sviluppo tecnologico dei sensori (che oggi permettono un monitoraggio di aree vaste con dispositivi di dimensioni ridotte), le cose stanno certamente migliorando.

Sistemi d'osservazione del tipo non terrestre

Nonostante la bontà dei sistemi di osservazione del tipo terrestre, le problematiche di installazione evidenziate, quali la mancanza di sistemi di alimentazione e comunicazione, gli alti costi di installazione e di manutenzione, la necessità di opere di protezione da atti vandalici e dall'eventuale azione del fuoco, ma anche la maggior mobilità necessaria per poter mantenere sotto sorveglianza le aree boschive incendiate molto vaste, con un fenomeno in continua evoluzione dinamica legata tra l'altro alle condizioni atmosferiche locali e a quelle specifiche del sito, portano a considerare sistemi alternativi che consentano un impiego più versatile. Per questo motivo sempre più spesso vengono utilizzati veicoli robotici, tipo UAV (Unmanned Aerial Vehicle), che consentono di poter superare agevolmente i limiti propri delle attrezzature disposte "a terra" garantendo funzionalità che superano i limiti stessi delle postazioni di sorveglianza fisse e/o le potenzialità offerte da eventuali veicoli robotici terrestri. La soluzione per un ottimo sistema di monitoraggio è quindi offerta dall'impegno delle più moderne tecnologie di sensoristica abbinate all'utilizzo di apparati UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o a sistemi satellitari. Tali tecnologie prevedono l'impiego di sistemi elettronici di avvistamento, comando e controllo dell'ambiente attraverso scansione visiva e termica, sia diurna che notturna.

In questo caso però il problema principale è rappresentato dalla disponibilità delle informazioni (immagini) e dagli algoritmi utilizzati per l'analisi contestuale dei dati.

Gli UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

L'impiego di elicotteri e/o dirigibili per l'osservazione e il monitoraggio delle aree boschive è legato alla possibilità di installazione a bordo dei velivoli di apparecchiature che consentono l'effettuazione delle analisi ambientali richieste e che possono trasmettere tali informazioni ad un Centro di Controllo. Alcuni UAV hanno a bordo sistemi di rilevazione mista, sono cioè dotati di telecamere all'infrarosso e visive, mentre su altri sono installate fotocamere ad elevata risoluzione.

Per le modalità proprie di funzionamento del sistema l'utilizzo di tali dispositivi è legato quasi sempre alla conferma di una segnalazione d'allarme incendio, alla sua esatta localizzazione e al successivo monitoraggio. Con dispositivi UAV è infatti impossibile pensare di poter effettuare un monitoraggio continuo di vaste aree, a meno di non disporre di una flotta di UAV che si alternino continuamente nelle missioni. Da qui il grosso limite di tale sistema, quello della discontinuità dell'offerta. Un secondo elemento negativo del sistema UAV è rappresentato dalla possibilità fisica di effettuazione del volo da parte del velivolo. Qualora infatti, il volo non fosse possibile a causa delle avverse condizioni meteorologiche o per la presenza di fumo e calore legati all'incendio, verrebbe vanificata la possibilità di effettuare il monitoraggio.

I sistemi UAV sono, per tali ragioni, ritenuti validi strumenti per la conferma di segnalazioni ricevute, ma non permettono un'attivazione repentina del sistema dei soccorsi nel caso d'incendio di aree boschive.

Ciò che però rende comunque valido il sistema è la possibilità che lo stesso venga corredato da un metodo previsionale di gestione, attraverso un sistema comand&controll, del dispositivo dei soccorsi. Così facendo i tempi gestionali legati alla fase di estinzione dell'incendio verrebbero a limitarsi notevolmente.

I satelliti geostazionari - Individuazione ed elaborazione di immagini

Il Telerilevamento è definibile, nella sua accezione più lata, come l'insieme di tecniche e metodi che permettono l'analisi di "oggetti" o di fenomeni ambientali, attraverso misure radiometriche registrate a distanza da sensori montati su postazioni fisse a terra, su aeromobili e su piattaforme spaziali. Il Telerilevamento è, per ragioni intrinseche, non solo uno strumento "integrato" di indagine, ma soprattutto una "scienza interdisciplinare". Infatti, da un lato l'intero processo si articola in fasi che si succedono a cascata, quali l'acquisizione delle immagini, il loro trattamento (tanto analogico quanto digitale) e la loro interpretazione (includendo pressoché sempre un "controllo a terra" finalizzato alla raccolta di elementi diretti per la messa a punto delle chiavi interpretative); dall'altro esso collega diverse scienze evidenziandone i mutui legami ed i rapporti specifici proprio nell'affrontare lo studio dell'ambiente, dove parametri fisici e biologici nonché l'attività umana sono inevitabilmente intrecciati. In pratica il telerilevamento sfrutta quelle proprietà dei corpi di assorbire e riflettere le onde elettromagnetiche, in modo da analizzare determinati caratteri che riguardano in generale il pianeta terra. Per questo motivo il telerilevamento è uno strumento "integrato" di indagine, ma soprattutto una scienza interdisciplinare poiché viene applicato in numerosi campi di studio, dalle Scienze della Terra (Pianificazione territoriale, rischio idrogeologico, rischio sismico, studi di impatto

ambientale, ecc.) fino ad arrivare al censimento delle discariche abusive, e nel nostro caso specifico, nel controllo delle aree boscate.

Il contributo dei dati telerilevati nella sorveglianza delle aree ad alto rischio ambientale è ormai ampiamente riconosciuto. L'elaborazione delle immagini, pur non sostituendo le misure analitiche tradizionali, può fornire un quadro conoscitivo costantemente aggiornato sui fenomeni di impatto ambientale in atto o su situazioni territoriali che si modificano con dinamiche molto attive e quindi frequentemente fuori da ogni controllo rispetto ad una normale scala spazio temporale di intervento. Ulteriori applicazioni del dato satellitare si possono prevedere nell'individuazione delle aree e dei periodi a rischio incendio boschivo, nonché nella determinazione degli indici di pericolosità. Uno sviluppo ulteriore è rappresentato dalla possibilità di realizzare supporti cartografici (carte di uso del suolo, della vegetazione, dei modelli di combustibile) che, gestiti in ambiente GIS, permettono di produrre carte del pericolo e/o del rischio d'incendio.

Infatti, in base all'andamento tipico della risposta spettrale della vegetazione, è possibile calcolare degli indici, per ogni pixel, in modo da enfatizzarne certe caratteristiche. La vegetazione assorbe quasi completamente la luce nel visibile (380-720 nm) tranne una piccola quantità nel verde (550 nm), viceversa riflette moltissimo nell'infrarosso vicino. Pertanto le bande nel rosso e nell'infrarosso vicino risultano entrambe molto utili per individuare la presenza di vegetazione sul territorio. Così l'impiego dei dati satellitari su scala regionale può essere utilizzata per individuare e monitorare gli incendi attivi. Alcuni sensori in orbita sono in grado di restituire informazioni nell'infrarosso vicino e nell'infrarosso termico, lunghezze d'onda in grado di misurare la temperatura di brillanza della terra e di aree potenzialmente incendiate.

I diversi sensori montati sulle diverse piattaforme in orbita sono così in grado di restituire immagini della stessa zona con risoluzioni variabili (dell'ordine del chilometro o meno) da qualche volta al giorno fino ad intervalli di 15 minuti. Sfruttando quindi la risoluzione spettrale idonea per il rilevamento degli incendi e l'alta ripetitività delle immagini acquisite, è possibile identificare la presenza di incendi attivi sul territorio.

In letteratura esistono diversi algoritmi che sfruttano informazioni spaziali legate all'immagine che sono già implementati in software fruibili gratuitamente in rete, nonché algoritmi basati su indagini stocastiche temporali ancora in via di sviluppo.

Le limitazioni di tali algoritmi derivano dall'individuazione di falsi positivi o la non identificazione di incendi attivi. Basandosi sulle caratteristiche dell'area di indagine è possibile individuare il miglior algoritmo da utilizzare minimizzando i falsi positivi.

Conclusioni

Ogni anno migliaia di ettari del patrimonio boschivo del nostro Paese “vanno in fumo”, con un conseguente danno economico e natural/paesaggistico. Si pensi infatti che il 22,2 % della superficie a bosco italiana rientra in zone censite come SIC (siti di interesse comunitario) e ZPS (Zone a protezione speciale). L’azione dei Vigili del fuoco e di tutti coloro che sono chiamati ad intervenire (Corpo Forestale, volontari, ecc.), spendono ogni anno milioni di euro per affrontare il problema “incendio”. Tale azione è costituita essenzialmente nel contrasto diretto all’azione “fuoco” senza un’attività di monitoraggio del territorio che possa permettere, in caso d’incendio, un’attivazione repentina del dispositivo di soccorso.

In questo capitolo sono state considerate le tecnologie oggi disponibili per l’effettuazione di un tale tipo di monitoraggio, analizzandone i pro ed i contro. Si sono così considerati i semplici sensori di tipo puntuale, definiti terrestri, che permettono di verificare continuamente (o a intervalli regolari, o “a richiesta”) idonei parametri fisici che permettono una correlazione con la presenza di un ipotetico incendio. Si è poi analizzato l’impiego di UAV (Unmanned Aerial Vehicle), principalmente elicotteri e dirigibili, per il trasporto delle apparecchiature di scansione (ottici o infrarossi), dispositivi che consentono di poter superare agevolmente i limiti delle attrezzature disposte “a terra” fornendo funzionalità che superano i limiti stessi delle postazioni di sorveglianza fisse e/o le potenzialità offerte da eventuali veicoli robotici terrestri. Volutamente non ci si è spinti nel giudicare la bontà di un sistema rispetto all’altro, consci del fatto che tutto deve essere collegato e correlato con quello che è l’oggetto della protezione e a cui è associato un rischio non accettabile nel caso di un ritardo dell’intervento di spegnimento.

Bibliografia

- AA.VV., *Incendi boschivi e rurali in Sardegna. Dall’analisi delle cause alle proposte d’intervento*, Cagliari, 14-15 maggio 2004.
- D’Urso, *L’osservazione della terra nell’ingegneria agraria e forestale*. Convegno di Medio Termine dell’Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Belgirate, 22-24 settembre 2011.
- Gambardella, M. Jahjah, G. Laneve, M. Marzoli: *Uso dei dati satellitari per l’individuazione degli incendi boschivi e lo sviluppo di mappe di probabilità della loro evoluzione*. Convegno Nazionale su “Sicurezza nei Sistemi Complessi”, Bari, 2003.
- G. Laneve, E. Cadau, *Descrizione delle prestazioni dell’algoritmo SFIDE per la individuazione tempestiva e il monitoraggio degli incendi boschivi da satellite geostazionario*. IV Convegno Nazionale sui Sicurezza nei Sistemi Complessi, Bari, Ottobre 2007.

- J. San-Miguel-Ayanz, P. M. Barbosa, G. Schmunk, G. Liberta, “The European Forest Fire Information System (EFFIS),” Joint Workshop of Earsel SIG and GOFD/GOLD: Innovative Concepts and Methods in Fire Danger Estimation,” Belgium, June, 2003.
- J. H. Scott and R. E. Burgan, Standard Fire Behavior Fuel Models: a Comprehensive Set for Use with Rothermel’s Surface Fire Spread Model, US Department of Agriculture, General Technical Report RMRS-GTR-153, 2005.
- Burgan et al., 1998. Fuel models and fire potential from satellite and surface observation. *Int. J. Of Wildland Fire* 8: 159-170
- Chuvieco, E.; R. G. Congalton. 1989. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of the Environment* 29:147-159
- ICONA, 1993. Manual de operaciones contra incendios forestales. Madrid, 5.1/65
- Sebastian-Lopez et al., 2000. An integrated forest fire risk index for Europe. 20th Earsel Symp. Dresden
- Ventura F., Marletto V., Zinoni F., 2001. Un metodo per il calcolo dell’indice meteorologico del rischio di incendio forestale. *Sherwood, Foreste e alberi oggi*, 7(6): 13-16