

Il sistema FIRE-SAT per il monitoraggio post-incendio:

il caso-studio dell'incendio di Potenza del 21-23 luglio 2015

di Antonio Lanorte, Fortuanto Desantis, Biagio Tucci

I sistemi di monitoraggio satellitare degli incendi boschivi sono fondamentali per stimare la probabilità di occorrenza degli incendi, prevedere la severità potenziale degli eventi, facilitare la gestione degli incendi, identificare la severità del danno, implementare ed indirizzare gli sforzi di risanamento e restauro ambientale. Tali sistemi, integrati ad altri strumenti di informazione geografica, consentono di caratterizzare gli eventi, agevolando la loro interpretazione e favorendo una più razionale organizzazione delle attività di prevenzione e lotta attiva.

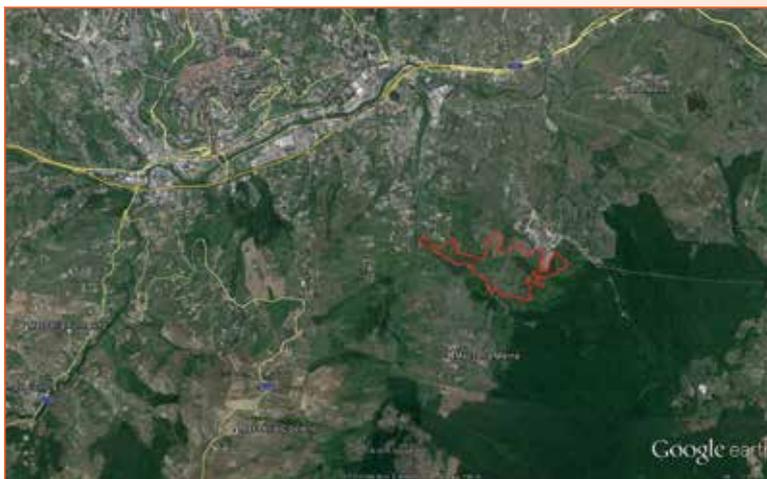


Fig. 1 - Contesto di riferimento dell'area incendiata (in rosso) nei pressi del centro urbano di Potenza.

Secondo i dati della FAO (Food and Agricultural Organization) (FAO, 2007), ogni anno milioni di ettari di vegetazione nel mondo sono colpiti severamente da incendi connessi a molteplici cause, con danni a proprietà e mezzi di sostentamento e spesso perdite di vite umane. Gli incendi di vegetazione fuori controllo contribuiscono inoltre al riscaldamento globale, all'inquinamento, alla desertificazione ed alla perdita di bio-diversità. In alcuni Paesi esistono agenzie di gestione del territorio che sulla base di piani d'azione operano per gestire e mitigare gli effetti del fuoco con azioni di previsione e prevenzione, in altre aree del mondo invece tali azioni sono poco efficaci o inesistenti a causa di difficoltà organizzative e/o economiche. In

ogni caso comunque, sia prima che durante e dopo l'incendio, per i soggetti che operano nel settore della gestione del fuoco risulta necessario poter avere a disposizione tecniche e metodologie accurate, efficienti ed economiche per stimare il rischio d'incendio a scala di paesaggio. Strumenti e tecnologie di previsione del rischio incendio sono fondamentali per: 1) stimare la probabilità di occorrenza degli incendi, 2) prevedere la severità potenziale degli eventi, 3) facilitare la gestione degli incendi, 4) identificare la severità del danno, 5) implementare ed indirizzare gli sforzi di risanamento e restauro ambientale.

Si deve tuttavia tener conto che il problema della gestione del fenomeno degli incendi di vegetazione è molto complesso, perché

comprende una serie di aspetti connessi alle caratteristiche della vegetazione, alla morfologia del territorio, ai fattori meteorologici, ai fattori antropici. Il rischio d'incendio quindi è la risultante di diversi fattori che determinano l'occorrenza degli incendi e conseguentemente l'innesco, la propagazione del fuoco e i suoi effetti.

Il sistema FIRE-SAT e il monitoraggio post-incendio

L'Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale (IMAA) del CNR ha messo a punto, a partire dall'anno 2007 con sperimentazione pre-operativa nella regione Basilicata, il sistema FIRE-SAT di monitoraggio satellitare per la previsione del pericolo d'incendio boschivo, la mappatura delle aree percorse

Fig. 2 - In alto: confronto fra immagine Landsat 8 a veri colori pre-fire (a sin.) e post-fire (a destra)
in basso: confronto fra immagine Landsat 8 a falsi colori pre-fire (a sin.) e post-fire (a destra).



dal fuoco e l'analisi dei danni (Autori vari, 2011-2015; Lanorte et al, 2010; Lanorte et al., 2012; Lanorte and Lasaponara, 2012, Lanorte, 2014).

In particolare le attività svolte nell'ambito di FIRE-SAT sono state finalizzate a sviluppare e sperimentare tecniche integrate (satellitari e non) per la caratterizzazione e mappatura dei combustibili vegetali, l'analisi dei fattori predisponenti l'incendio, la stima del pericolo d'incendio boschivo e d'interfaccia, la simulazione della propagazione del fuoco, la perimetrazione delle aree bruciate con stima del danno sulla vegetazione e sul suolo e la valutazione dell'impatto sul sistema operativo di lotta agli incendi attualmente in uso presso la Regione Basilicata.

In questo lavoro un caso studio di incendio viene utilizzato allo scopo di evidenziarne le interazioni con tutti gli elementi in cui è articolato il sistema FIRE-SAT. Pertanto l'evento in questione è stato anzitutto monitorato attraverso l'uso di immagini satellitari allo scopo di mappare i danni che ha determinato, successivamente è stato messo in relazione alle mappe di previsione del pericolo e infine è stato confrontato con la simulazione ex-post della propagazione del fuoco.

L'incendio di Potenza del 21 luglio 2015

Come è desumibile dai report compilati in Sala Operativa Unificata Permanente (SOUP)

presso la Protezione Civile della Regione Basilicata (<http://sor.protezionecivile.basilicata.it> - accesso riservato), l'incendio individuato come caso di studio è iniziato il 21 luglio 2015 intorno alle ore 12:00 in un'area semirurale alla periferia della città di Potenza, ai margini di un'ampia area boscata (Bosco Pallareta) e della vecchia discarica comunale non più attiva da 5 anni. Le operazioni di spegnimento sono proseguite per il resto della giornata, con intervento anche di mezzi aerei, fino alla comunicazione di chiusura dell'evento avvenuta intorno alle 20:30. Tuttavia intorno alle ore 14:00 del 22 luglio, l'incendio è ripartito, avvicinandosi all'area della discarica e costringendo ad ulteriori interventi aerei per estinguere le fiamme fino a chiusura delle attività intorno alle ore 21:30. Peraltro le attività di spegnimento sono proseguite anche nella mattina del 23 luglio fino al tardo pomeriggio con interventi a terra e circa 20 lanci da Canadair. La cronologia degli eventi testimonia la pericolosità dell'evento e le condizioni meteorologiche particolarmente difficili in cui si è sviluppato e che hanno favorito l'innescò, la propagazione e anche le reiterate riprese dell'incendio. Particolarmente delicata è stata

inoltre la gestione dell'area della vecchia discarica comunale non attiva, nel tentativo di impedire il suo diretto coinvolgimento nell'incendio.

La superficie percorsa dall'incendio corrisponde a circa 60 ha caratterizzati da praterie graminoidi con presenza di vegetazione arbustiva, intervallate da nuclei di piantagioni di conifere.

L'incendio si è sviluppato presumibilmente in direzione ovest/nord ovest-est/sud est, partendo da una quota di circa 700 m, fino a giungere a circa 950 m nel punto più elevato.

Uso delle immagini satellitari per la perimetrazione dell'area percorsa dal fuoco e la mappatura della severità dell'incendio

Per il monitoraggio *ex post* dell'evento sono state usate 2 immagini satellitari Landsat8 OLI-TIRS fornite gratuitamente da USGS (United States Geological Survey) EROS Center (<http://landsat.usgs.gov/>).



Fig. 3 - Zona dell' incendio (immagine Google Earth del 29/5/2015) con punti di vista fotografici (1,2,3,4).

Le date di acquisizione delle immagini sono il 12 luglio e 28 luglio 2015.

Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS) sono sensori presenti a bordo del satellite Landsat 8, che è stato lanciato nel Febbraio 2013. Landsat8 acquisisce immagini con una risoluzione temporale di 16 giorni su orbita ripetitiva, quasi polare, eliosincrona e circolare a 705 km di altitudine.

Il sensore Operational Land Imager (OLI) include 9 bande

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Launched February 11, 2013	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)	

Tab. 1 - Caratteristiche tecniche di Landsat 8



Fig. 4 - Foto 1 (Potenza – Località Montegrosso - foto del 28 luglio 2015).



Fig. 5 - Potenza – Località Montegrosso - Punto di vista Foto 1 prima dell'incendio- foto Google Earth (Street View) di agosto 2012.

Fig. 6 - Foto 2 - Potenza – località Montegrosso - (foto del 28 luglio 2015) - in primo piano una parte dell'ex discarica. Con le frecce bianche sono evidenziate aree bruciate che nella figura successiva sono visibili nel loro stato pre-incendio.



Fig. 7 - Potenza – località Montegrosso - Punto di vista Foto 2 prima dell'incendio foto Google earth (Street View) - dicembre 2008.



Fig. 8 - Foto 3 - Potenza – località Montegrosso - (foto del 28 luglio 2015) - Area di innesco presunto.



Fig. 9 - Foto 4 - Potenza – località Montegrosso (foto del 28 luglio 2015).

spettrali con una risoluzione spaziale di 30 m per le bande da 1 a 7 e per la banda 9. La risoluzione della banda 8 (panchromatic) è di 15 m.

In confronto alla precedente missione Landsat (Landsat7) ci sono due nuove bande: la banda 1 (ultra-blue) è utile per studi costieri e sull'aerosol e la banda 9 è utile per il rilevamento dei cirri.

Thermal Infrared Sensor (TIRS) ha due bande nel termico (bande 10 e 11) utili per fornire temperature superficiali più precise, acquisite a 100 m ma ricampionate a 30 m nei dati del prodotto disponibile.

L'uso di immagini LANDSAT ha innanzitutto permesso di effettuare una perimetrazione speditiva dell'area percorsa dal fuoco. Nella Fig. 2 viene mostrata l'immagine Landsat 8 del 28 luglio 2015 sia a veri che a falsi colori, confrontata con un'immagine pre-fire del 12 luglio 2015.

Nell'immagine a veri colori (RGB 432) l'area incendiata appare di colore marrone scuro, mentre nell'immagine a falsi colori (RGB 543) la stessa area risulta di colore verde scuro.

Pochi giorni dopo l'incendio è stata effettuata una ricognizione in situ durante la quale attraverso un report fotografico e analisi



Fig. 10 - Area incendio 3D.

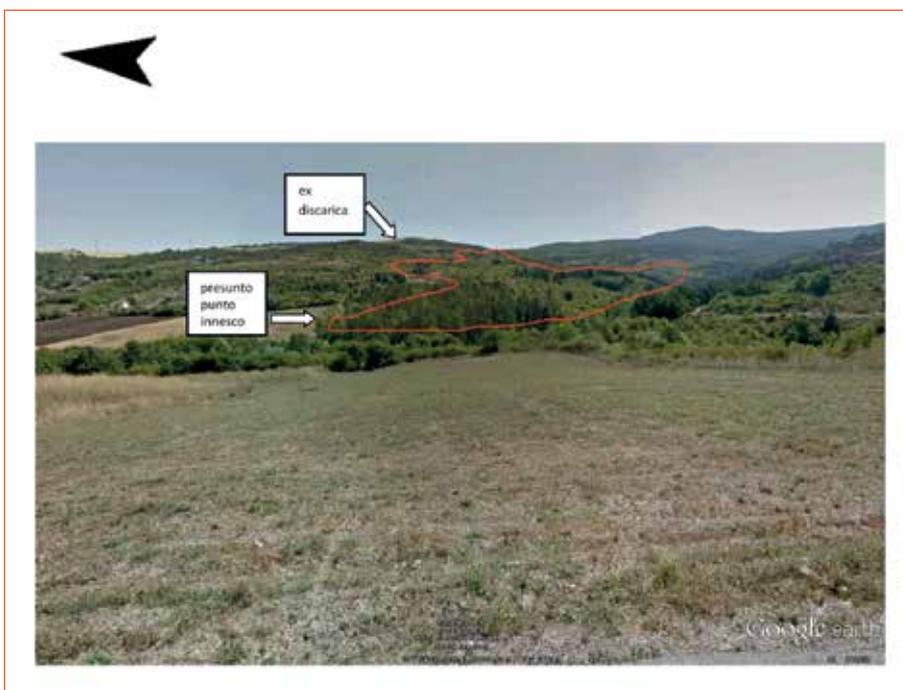


Fig. 11 - Area incendio pre-evento vista del lato ovest - foto Google earth (Street View).

sul campo si sono raccolti dati per la valutazione dei danni. In particolare in Fig. 3 vengono mostrati i punti di vista di quattro scatti fotografici, mostrati nelle Figg. 4, 6, 8 e 9. Per le Foto 1 e 2 viene anche mostrato un confronto con lo stato pre-incendio attraverso foto tratte dal tool Street View di Google Earth (Figg. 5 e 7).

La severità dell'incendio è stata valutata usando le bande Lan-

dsat 8 più sensibili ai cambi di riflettanza post-fire.

In particolare la riflettanza nella banda dell'infrarosso medio (OLI7 - SWIR), che è sensibile al contenuto in acqua sia del suolo che della vegetazione, aumenta dopo l'incendio, mentre nella regione dell'infrarosso vicino (OLI5 - NIR) si verifica un declino della riflettanza a causa della diminuzione del contenuto in clorofilla della

fitomassa (Key and Benson, 2006; Lanorte et al., 2013).

Per questa ragione l'indice calcolato sulla base di queste due bande sensibili agli effetti del fuoco (NBR - Normalized Burn Ratio) è considerato il miglior indice per identificare le aree bruciate.

Un'immagine NBR (Fig. 12) è calcolata normalizzando le bande 5 (NIR) e 7 (SWIR) nell'equazione 1.

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (1)$$

La mappa ottenuta calcolando la differenza tra NBR pre e post-fire (equazione 2) fornisce una misura del cambio che quindi può essere utilizzata per caratterizzare il grado di severità dell'incendio perché è correlata alle modifiche ambientali causate dal fuoco (Figg. 12 e 13)

$$dNBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire} \quad (2)$$

Mappe di previsione del pericolo d'incendio

Allo scopo di stimare la probabilità di innesco e propagazione dell'incendio nel periodo e nell'area in esame, sono state utilizzate le mappe di previsione

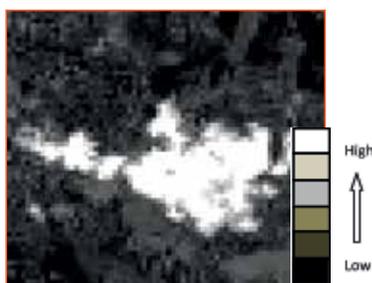


Fig. 12 - Mappa dell'indice dNBR.

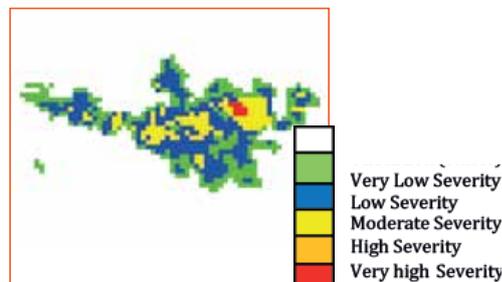


Fig. 13 - Mappa di severità dell'incendio.

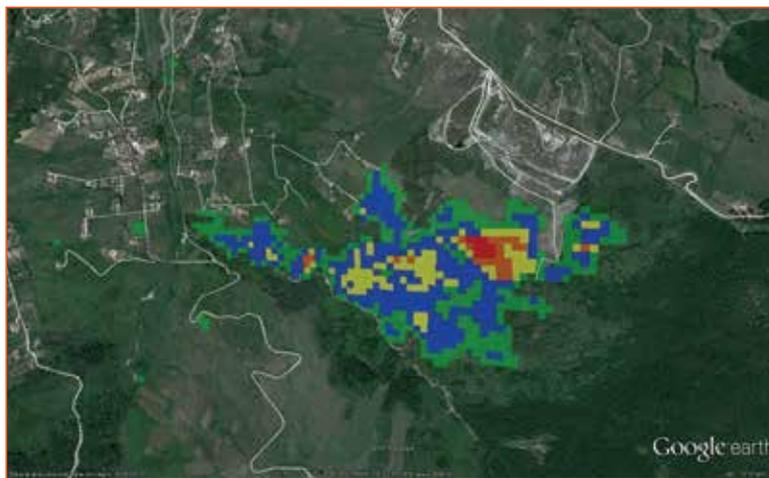


Fig. 14 - Mappa di Fire Severity (dNBR) importata in GoogleEarth- in alto: vista 2D.

del pericolo d'incendio elaborate nell'ambito delle attività di supporto operativo previste dall'Accordo di collaborazione scientifica tra CNR-IMAA e Regione Basilicata per la stagione estiva 2015.

Le mappe di previsione del pericolo d'incendio sono elaborate quotidianamente in base ad uno specifico algoritmo (Lanorte et al., 2012; Lanorte and Lasaponara, 2012) che stima la probabilità all'innesco e propagazione

degli incendi di vegetazione (da nulla ad estrema) utilizzando dati satellitari a bassa (MODIS) e media (LANDSAT) risoluzione spaziale, dati territoriali (relativi ai combustibili vegetali e ai fattori topografici), dati storici sugli incendi e dati meteorologici, per l'elaborazione di indici riferibili a parametri statici e dinamici connessi alla stima del pericolo d'incendio. Il modello è finalizzato a fornire una previsione almeno a 24 ore

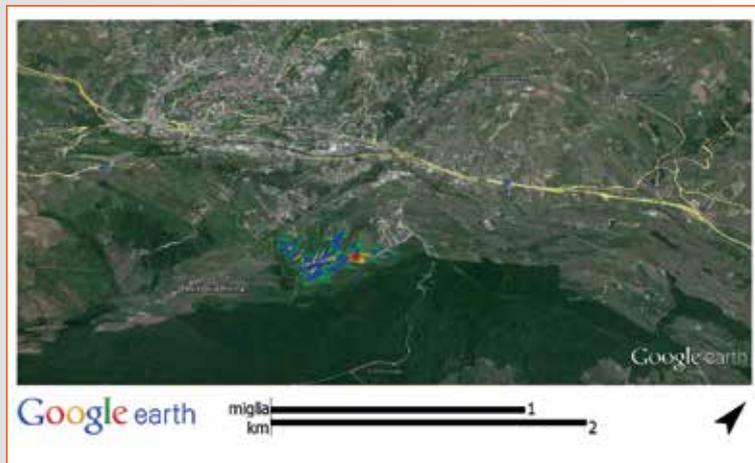
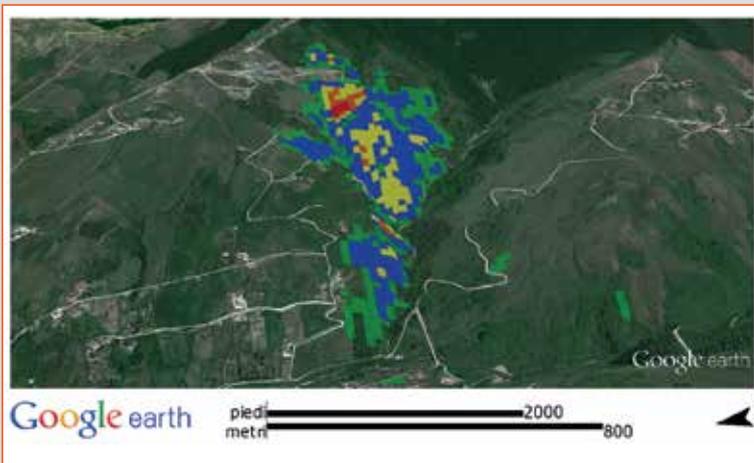


Fig. 15 - Mappa di Fire Severity (dNBR) importata in GoogleEarth- a sx: vista 3D; a dx: vista 3D con centro urbano di Potenza sullo sfondo.

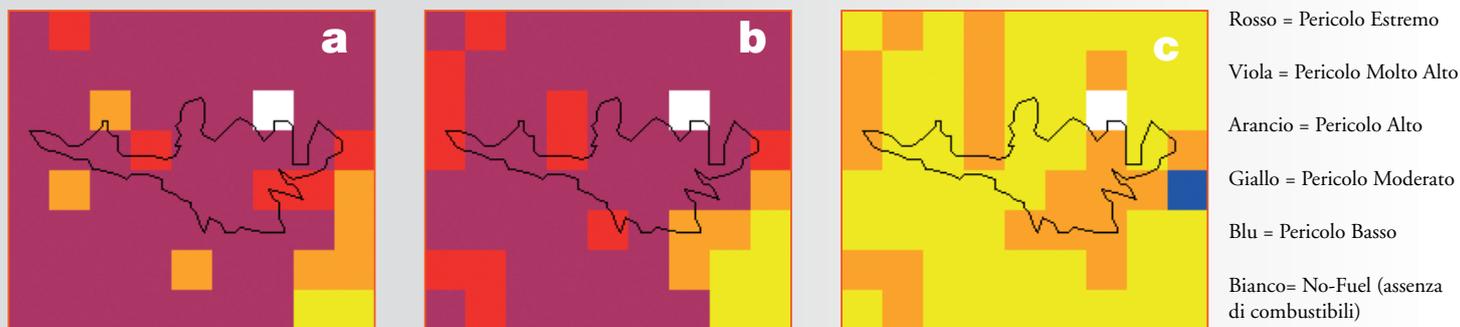


Fig. 16 - Mappe di previsione del pericolo d'incendio nell'area e nei giorni dell'evento analizzato.

del pericolo d'incendio in un dato territorio alla risoluzione geometrica di 250 metri. Lo scopo della mappa di pericolo d'incendio non è predire i singoli eventi ma stimare la probabilità di sviluppo (*ignition danger*) e propagazione dell'incendio (*fire spread danger*). Pertanto, essa può essere utilizzata come supporto per l'identificazione delle aree più critiche, allo scopo di coadiuvare la pianificazione delle azioni di prevenzione e l'organizzazione delle attività di estinzione. In effetti il livello di pericolo (da nullo a estremo) identifica la diversa capacità di propagazione dell'incendio a seguito di innesco e il grado di difficoltà delle attività di estinzione. Come mostrato nella Fig.16, l'area percorsa dal fuoco è stata sovrapposta alle mappe di previsione del pericolo d'incendio dei tre giorni in cui si è sviluppato l'evento. Ogni mappa

con risoluzione spaziale di 250 metri è stata elaborata il giorno precedente a quello a cui si riferisce. Pertanto la mappa elaborata il 20 luglio in previsione del giorno successivo in cui inizia l'evento, segnalava che tutta l'area interessata fosse classificata in pericolo d'incendio molto alto ed estremo (Fig. 16a). Tale previsione viene confermata anche per il giorno seguente (Fig. 16b), mentre la mappa relativa al 23 luglio (Fig. 16c), mostra una sostanziale diminuzione del livello di pericolo, sebbene ancora alto in alcune aree.

Simulazione ex-post della propagazione dell'incendio

La previsione della propagazione del fuoco mediante sistemi di simulazione dell'incendio basati su modelli fisico-statistici in grado di fornire informazioni su come e in quale direzione un incendio si può sviluppare, rappresenta un tema di grande in-

teresse nel settore della gestione degli incendi di vegetazione.

Nel caso studio qui esaminato sono state realizzate simulazioni dell'incendio con l'obiettivo di verificare quanto il modello potesse approssimare il perimetro finale.

Nello specifico è stato utilizzato il simulatore FARSITE - Fire Area Simulator (Finney, 2004), un software gratuito di diffusione mondiale realizzato dal Missoula Fire Sciences Laboratory (USA) che è il simulatore più adottato per predire il comportamento del fuoco.

Per poter operare il software prevede l'inserimento degli input relativi alla topografia, al tipo di combustibile, al grado di copertura della vegetazione e alle condizioni meteorologiche della zona in esame, oltre naturalmente al punto d'innesco dell'incendio.

FARSITE permette anche di scegliere tra diverse metodologie



Fig. 17 - Simulazione della propagazione del fuoco (in rosso) senza previsione di interventi di spegnimento. Il perimetro reale dell'incendio è in blu.



Fig. 18 - Simulazione della propagazione del fuoco (in rosso) con previsione di interventi di spegnimento da terra (freccie bianche). Il perimetro reale dell'incendio è in blu

di attacco alle fiamme (barriere tagliafuoco). Il software può generare mappe rappresentanti l'avanzamento del fronte su diversi passi temporali.

In Fig. 17 è riportata la simulazione dell'incendio oggetto di studio con passo temporale di 30 minuti, con velocità del vento di 20km/h e durata complessiva di 30 ore senza prevedere interventi di spegnimento. Successivamente come mostrato in Fig. 18 si è ipotizzato l'intervento da terra in punti compatibili con esso. Le frecce bianche indicano le zone in cui con FARSITE attraverso il tool "barriera" è stato simulato l'intervento da terra per cui in esse il fronte del fuoco viene bloccato pur essendoci le condizioni di diffusione dell'incendio.

Conclusioni

Gli incendi di vegetazione sono considerati una delle maggiori cause di degrado ambientale, in grado di compromettere la funzionalità degli ecosistemi e di indurre complessi effetti a livello locale e globale. Il problema della gestione del fenomeno degli incendi è molto complesso, perché comprende una serie di aspetti connessi alle caratteristiche della vegetazione, alla morfologia del territorio, ai fattori meteorologici, ai fattori antropici. Risulta pertanto molto utile un approccio modellistico in grado di valutare l'efficacia di possibili strategie politiche di previsione e controllo del fuoco. Il sistema FIRE-SAT sviluppato presso l'Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale (IMAA) del CNR, ha l'obiettivo di sviluppare algoritmi e modelli basati su tecnologie di Osservazione della Terra, con lo scopo di ottenere, integrare e gestire, a differente risoluzione spaziale e temporale, informa-

zioni sulla vegetazione in funzione di una stima del rischio d'incendio anche con risvolti operativi al fine di supportare le azioni di tutte le componenti di Protezione Civile preposte agli interventi.

Utilizzando come caso studio di applicazione di FIRE-SAT, un incendio sviluppatosi in area di interfaccia nel comune di Potenza nel mese di luglio 2015, abbiamo mostrato l'uso di tecniche *EO-based* sia per la stima degli effetti del fuoco sulla vegetazione che per la previsione del pericolo d'incendio. Infine è stata valutata l'applicabilità di sistemi di simulazione dell'incendio in grado di prevedere il comportamento e la propagazione del fuoco.

BIBLIOGRAFIA

- Autori vari - Implementazione e sperimentazione di un modello di previsione del rischio d'incendio boschivo - Report tecnici 2011, 2012, 2013, 2014, 2015. Disponibili presso l'Ufficio di Protezione Civile del Dipartimento Infrastrutture, Opere Pubbliche e Mobilità della Regione Basilicata.
- FAO (Food and Agriculture Organization). Fire management global assessment 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2007
- Finney M.A. FARSITE: Fire Area Simulator - Model Development and Evaluation. Ver. 2004. Rocky Mountain Research Station USDA Forest Service, MT Key, Carl H.; Benson, Nathan C. 2006. Landscape Assessment (LA). In: Lutes, Duncan C.; Keane, Robert E.; Caratti, John F.; Key, Carl H.; Benson, Nathan C.; Sutherland, Steve; Gangi, Larry J. 2006. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. LA-1-55
- Lanorte A, De Santis F, Aromando A, Montesano T, Lasaponara R, Coluzzi R.: Monitoraggio satellitare per la previsione del rischio d'incendio Boschivo. Sperimentazione pre-operativa in Basilicata, Collana "ilmilibro.it" (2010) - ISBN: 978-88-8080-117-7
- Lanorte A., F. De Santis, A. Aromando, R. Lasaponara: Low cost pre-operative fire monitoring from fire danger to severity estimation based on satellite MODIS, Landsat and ASTER data: the experience of FIRE-SAT project in the Basilicata region (Italy) (2012) - Computational Science and Its Applications - ICCSA 2012
- Lanorte A., R. Lasaponara: FIRE-SAT un sistema satellitare per il monitoraggio sistematico, dinamico ed integrato degli incendi boschivi: la sperimentazione operativa nella regione Basilicata (2012) - Geomedia 5 (2012)
- Lanorte A., M. Danese, R. Lasaponara and B. Murgante: Multiscale mapping of burn area and severity using multisensor satellite data and spatial autocorrelation analysis (2013). International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, Vol. 20 (42-51)
- Lanorte A.: Applicazioni di Telerilevamento per il monitoraggio degli incendi. Edizioni Accademiche Italiane (2014) - ISBN: 978-3-639-65855-2

ABSTRACT

Remote sensing data can usefully support the fire management operational applications in different spatial and temporal scales with a synoptic point of view and low cost technologies. The satellite monitoring systems together with other geographic information, historical data and field measurements, can provide the fire management operators useful tools of fire danger assessment, fire prevention, fire-fighting and post-fire planning. The FIRE-SAT monitoring system was applied to a fire event which developed in a wildland-urban interface area of the Potenza town (Basilicata, Italy) on July 2015, in order to assess the fire occurrence danger, to evaluate the fire effects and to simulate the fire propagation.

PAROLE CHIAVE

INCENDI; MONITORAGGIO; OSSERVAZIONE DELLA TERRA; PREVISIONE PERICOLO; SIMULAZIONE; FIRE SEVERITY

AUTORE

ANTONIO LANORTE
ALANORTE@IMAA.CNR.IT
FORTUNATO DE SANTIS
FORTUNATO.DESANTIS@IMAA.CNR.IT
BIAGIO TUCCI
BIAGIO.TUCCI@IMAA.CNR.IT
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
ISTITUTO DI METODOLOGIE PER L'ANALISI AMBIENTALE
(CNR - IMAA)



Caruccio Climacazzi

Abbiamo dato ai dati un volto umano.

Da sempre ci occupiamo di dati, progettando soluzioni che rendano più semplice e immediato l'impiego delle informazioni da parte dei nostri utenti, permettendo loro di agire in modo consapevole e tempestivo. In ogni attività coinvolgiamo nei processi di innovazione i nostri clienti, siano essi funzionari pubblici, ricercatori, grandi industrie, imprenditori o singoli cittadini. Generiamo conoscenza declinando le nostre strategie sulle reali esperienze delle persone, cercando il punto d'incontro tra bisogni degli utenti, capacità tecnologiche e sostenibilità economica, sociale e ambientale. Operiamo nei più svariati ambiti applicativi: dalle missioni scientifiche di esplorazione dello spazio al monitoraggio dell'ambiente e territorio, dalle soluzioni di open-government alle smart city, sforzandoci di semplificare quel che è complesso, per perseguire un modello di sviluppo a misura d'uomo.

The logo for Planetek Italia features the word "planetek" in a dark blue, lowercase, sans-serif font. Above the letters "a", "n", "e", and "t" are several small red squares of varying sizes, arranged in a pattern that suggests a satellite or data points. Below "planetek" is the word "italia" in a smaller, red, lowercase, sans-serif font.

planetek
italia

www.planetek.it