

FIRE: un sistema di HOTSPOT detection per le regioni del Mediterraneo e dell'Africa

Cosimo Marzo (*), Rosa Loizzo (*), Luciano Garramone (*),
Giuseppe Priore (**), Giuseppe Guarino (**)

(*) Agenzia Spaziale Italiana, Centro di Geodesia Spaziale, Tel. +39.0835.377511, Fax +39.0835.339005, Matera

(**) Protezione Civile Gruppo Lucano, Tel. +39.0975.311333, Fax +39.0975.350006, Viggiano (PZ)

Riassunto

Il sistema FIRE è un prototipo realizzato dall'Agenzia Spaziale Italiana, nell'ambito di un'attività di ricerca sulle applicazioni dei dati Meteosat Second Generation (MSG) acquisiti presso il Centro Nazionale Multimissione (CNM) del Centro di Geodesia Spaziale (CGS) di Matera. Tale sistema utilizza i dati di Temperatura di Brillanza dei canali 4 (3.9 μ m) e 9 (10.8 μ m) del sensore SEVIRI, per rilevare anomalie termiche locali (*hotspot*) su aree non coperte da nubi.

Il prodotto *HOTSPOT* comprende le coordinate (LAT, LON) del *pixel* su cui è stata rilevata l'anomalia termica e i valori di Temperatura di Brillanza. Tutti gli *hotspot* sono archiviati in un database *POSTGRES* con estensione *PostGIS*. Il database compatibile con lo standard *OpenGIS*, è interrogabile con QGIS per visualizzare gli *hotspot* su file vettoriali (es. Mappe geografiche) e per accedere a tutte le informazioni associate al prodotto. E' possibile selezionare gli *hotspot* in base al numero di osservazioni ripetute, in un determinato intervallo di tempo e nello stesso punto. I prodotti sono generati entro 5 minuti dalla ricezione dei dati a terra, nonché entro 20 minuti dall'acquisizione a bordo e possono essere visualizzati in *Near Real Time* o accedendo ai prodotti in archivio. In supporto agli operatori di settore è stata sviluppata un'interfaccia in ambiente *Openlayer*, che consente di selezionare nel tempo e nello spazio gli *hotspot* archiviati e di visualizzarli su strati informativi messi a disposizione da *Google Maps*.

Il sistema in sperimentazione al CGS elabora i dati sulle regioni del Mediterraneo, acquisiti sia da MSG-2 con tempi di rivisitazione di 15 minuti, sia da MSG-1 in modalità Rapid Scanning Service (RSS) con tempi di rivisitazione di 5 minuti. Da circa un anno, presso la sede del *Broglia Space Center* dell'ASI di Malindi, è in sperimentazione un analogo sistema che elabora i dati MSG-2 sull'Africa scaricati direttamente presso la stessa base italiana in Kenya.

Da oltre un anno, si sta procedendo con la validazione del prodotto *hotspot* sulla Regione Basilicata, confrontando gli *hotspot* segnalati dal sistema FIRE con gli incendi reali. I risultati ottenuti sono soddisfacenti in termini di coincidenza degli eventi e tempestività della segnalazione.

Abstract

This paper describes a prototype processing system of MSG data (FIRE) for Hotspot Detection on Mediterranean and Africa Regions. The FIRE system implements a processing chain that routinely receives MSG data downloaded at the ASI Centro Nazionale Multimissione (CNM) in Matera, extracts and transforms SEVIRI data into geocoded Reflectance, Radiance and Temperature images. The Temperature images at 3.9 μ m and 10.8 μ m are used to detect local thermal anomalies (hotspot). Recently the FIRE system at the Space Geodesy Center in Matera has been updated to use MSG-1 Rapid Scanner data acquired on Mediterranean Regions every 5 minutes, by providing hotspot detection at higher temporal resolution.

All the detected hotspots are archived in a POSTGRES database with POSTGIS extensions. The system can be remotely accessed to visualize in Near Real Time all the hotspots detected on the last

acquired image. The database archives the hotspot geographical coordinates, temperature and radiance. Users can also visualize all the last hotspots detected more than 2 times in the last three hours (probable fires) or select the ones having in a given time range a repetition number selected by the user. The hotspots can be displayed as a layer on a simple geographical map with a graphical user interface built on OPENLAYERS library. Clouds layers can be displayed in support to weather conditions evaluation. In order to obtain more geographical or thematic information about the site and the area affected by the hotspot, it is also possible to visualize the hotspot on Google Earth System.

To support remote sensing activities development in Kenya, last year a similar system has been installed at the ASI - Broglio Space Center in Malindi and is currently under validation.

Introduzione

Dati provvisori al 22 Agosto 2012 del Corpo Forestale dello Stato, evidenziano circa il 70% in più di incendi rispetto all'anno precedente, associato ad un consistente aumento delle superfici colpite. (Corpo Forestale dello Stato, 2012).

Nonostante le campagne di sensibilizzazione per la prevenzione del fenomeno incendi boschivi, il fenomeno devastante degli incendi nelle Regioni del Mediterraneo rappresenta quindi un'emergenza che mobilita risorse, operatori e volontari per limitare i danni alle persone, nonché alle risorse economiche ed ambientali.

L'uso operativo del telerilevamento satellitare in supporto all'allerta da incendio è limitato dalla risoluzione spaziale e temporale dei satelliti attualmente in orbita. Tuttavia, i satelliti geostazionari MSG (*Meteosat Second Generation*, ESA-EUMETSAT) che acquisiscono dati a scala globale ogni 15 minuti, seppur con i limiti di una risoluzione spaziale (~3Km alle latitudini del Mediterraneo), si sono rivelati di grande utilità per il monitoraggio su larga scala del fenomeno degli incendi boschivi. Il significativo aumento di radianza di un *pixel* interessato, seppur parzialmente, dalla presenza di un incendio consente, infatti, di individuare le anomalie termiche confrontando localmente i valori di temperatura di brillantezza.

La nuova generazione dei satelliti geostazionari (*Meteosat Third Generation*, ESA) che sarà caratterizzata da più elevata risoluzione temporale (10 min) e spaziale (~2 Km) dovrebbe consentire di migliorare le prestazioni di *hotspot detection* da satellite, in supporto alla gestione degli incendi boschivi.

Il Centro di Geodesia Spaziale (CGS) dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) di Matera, da oltre venti anni, è componente fondamentale della rete internazionale dei *Ground Segment* per l'Osservazione della Terra da satellite ed in particolare per le missioni ERS1-2, ENVISAT, X-SAR/SRTM, COSMO-SkyMed, SAC-D, OCEANSAT. Nell'ambito delle attività operative del CNM (Centro Nazionale Multimissione) sono acquisiti sistematicamente anche i dati delle missioni ESA MSG-1 *Rapid Scanning Service* e MSG-2, distribuiti da EUMETSAT. Questi dati sono resi disponibili in tempo reale ai progetti pilota dell'ASI e ad altri progetti di ricerca, tra cui il sistema di *hotspot detection* denominato FIRE.

Il sistema FIRE

Il sistema FIRE in sperimentazione al CGS da alcuni anni, implementa una catena di pre-processamento e geocodifica dei dati acquisiti sulle regioni del Mediterraneo sia da MSG-2 che da MSG-1. Il primo acquisisce un'immagine ogni 15 minuti, mentre MSG-1, attualmente configurato per operare in modalità *Rapid Scanning Service (RSS)*, acquisisce un'immagine ogni 5 minuti, ma solo sulle regioni del Mediterraneo.

I dati dei canali 4, 9 e 7 del sensore MSG/SEVIRI sono elaborati per ottenere rispettivamente le immagini di Temperatura di Brillantezza a 3.9µm e 10.8µm e l'immagine di Radianza a 8.7µm. Quest'ultima è utilizzata per calcolare la maschera delle nuvole presenti al momento dell'acquisizione dei dati e per estrarre tra tutti i *pixels* di terra, ottenuti con una maschera terra/mare, tutti i punti utili per la rilevazione delle anomalie termiche locali (*hotspot*).

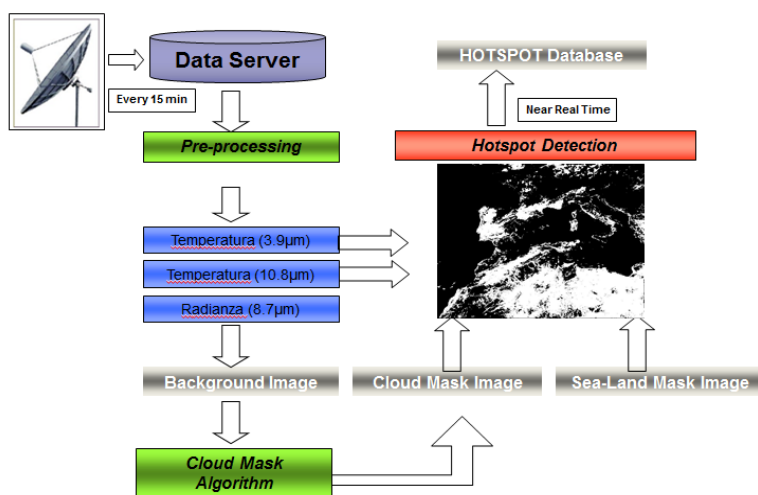


Figura 1. Diagramma di Flusso.

L'algoritmo FIRE considera *hotspot* ogni pixel per cui è verificata la seguente condizione:

$$T_{3.9\mu m} \geq (m_{3.9\mu m} + N\sigma_{3.9\mu m}) \quad \text{AND} \quad \Delta T = (T_{3.9\mu m} - T_{10.8\mu m}) > \Phi; \quad [1]$$

N e Φ sono costanti e i parametri $m_{3.9\mu m} = \text{mean}(T_{3.9\mu m})$ e $\sigma_{3.9\mu m} = \sigma(T_{3.9\mu m})$ sono calcolati su un intorno di 5×5 pixels.

L'algoritmo è stato rivisto nel corso delle varie stagioni e anche i valori delle costanti N e Φ sono stati ottenuti in maniera sperimentale, aggiornati nel corso della sperimentazione e validazione con gli utenti, sulla base delle coincidenze verificate tra *hotspot* e incendi reali. I valori utilizzati nell'ultima stagione estiva sono rispettivamente $N=2,7$ e $\Phi=0$.

Il prodotto *HOTSPOT* comprende le coordinate (LAT, LON) dell'anomalia termica, la data e l'ora in cui è stata acquisita l'immagine a cui si riferisce l'anomalia e i valori di Temperatura di Brillanza nei canali 4 e 9 di MSG/SEVIRI, con la relativa media e *standard deviation* calcolati nell'intorno di 5×5 pixels centrato sull'*hotspot*.

I prodotti sono archiviati in un database POSTGRESQL con estensione PostGIS, compatibile con lo standard OpenGIS e interrogabile con QGIS per visualizzare gli *hotspot* su file vettoriali (es. Mappe geografiche) e per accedere a tutte le informazioni associate al prodotto.

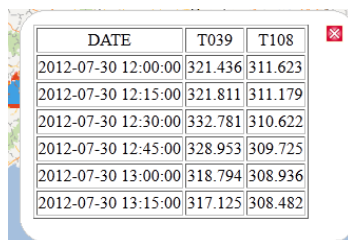
Il database è interrogabile per visualizzare in *Near Real Time (NRT)* gli *hotspot* individuati sull'ultima immagine SEVIRI acquisita da MSG-2 o da MSG-1 RSS. Il prodotto *hotspot* è disponibile e visualizzato in *NRT* entro 5 minuti dalla ricezione dei dati dalla stazione di terra ovvero, mediamente, entro 20 minuti dall'acquisizione dei dati a bordo.

Gli *hotspot* generati in *NRT* sull'ultima immagine acquisita, possono essere visualizzati sull'area geografica di interesse e per ognuno di essi possono essere visualizzate le informazioni relative alla data e alla temperatura di brillanza (figura 2) nei canali SEVIRI 4 ($T_{3.9\mu m}$) e SEVIRI 9 ($T_{10.8\mu m}$).

E' stato osservato sperimentalmente che la Temperatura di Brillanza degli *hotspot* corrispondenti ad incendi boschivi estivi assume valori maggiori di 300°K . Inoltre, poiché gli incendi hanno lunga durata, i relativi *hotspot* sono di solito rilevati su più immagini consecutive e in alcuni casi, per incendi molto estesi, è possibile monitorare l'andamento del fronte del fuoco osservando la

presenza *hotspot* in due *pixels* adiacenti o lo spostamento delle coordinate dell'*hotspot* tra due immagini consecutive.

Gli *hotspot* con temperature inferiori a 300°K sono risultati quasi sempre dei falsi allarmi.



DATE	T039	T108
2012-07-30 12:00:00	321.436	311.623
2012-07-30 12:15:00	321.811	311.179
2012-07-30 12:30:00	332.781	310.622
2012-07-30 12:45:00	328.953	309.725
2012-07-30 13:00:00	318.794	308.936
2012-07-30 13:15:00	317.125	308.482

Figura 2. Informazioni visualizzabili per ogni *hotspot*.

In supporto agli operatori di settore è stata sviluppata un'interfaccia in ambiente *Openlayer*, che consente di visualizzare gli *hotspot* su strati informativi messi a disposizione da *Google Maps*. Poiché il numero di ripetizioni dell'*hotspot* è significativo ai fini della eliminazione dei falsi allarmi, l'interfaccia utente consente di selezionare dal database di archivio e di visualizzare su mappa gli *hotspot* che siano stati rilevati almeno due volte consecutive nelle ultime tre ore, nonché gli *hotspot* che abbiano numero selezionabile di osservazioni, ripetute in un determinato intervallo di tempo definito dall'utente (figura 3).

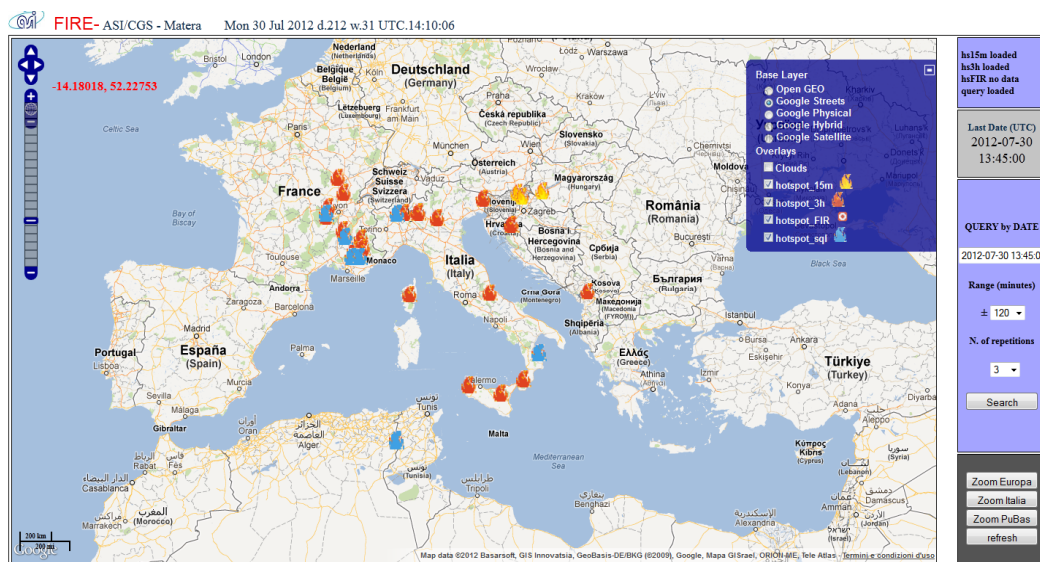


Figura 3. Visualizzazione di *hotspot* su mappa.

Risultati

Il sistema FIRE è in sperimentazione da oltre un anno presso l'ASI- CGS di Matera, ma l'accesso ai prodotti del sistema è controllato e finora è stato limitato al Gruppo Lucano dei Volontari della Protezione Civile (PCGL) che ha supportato l'ASI nella validazione del prototipo, attraverso il confronto sistematico tra *hotspot* rilevati da satellite ed incendi reali in Regione Basilicata.

L'attività di validazione si è svolta nei mesi di Luglio e Agosto 2012. In tale periodo i volontari PCGL, ogni volta che c'è stata una segnalazione di incendio nel territorio di propria competenza, hanno verificato la corrispondente segnalazione di un *hotspot* nel sistema FIRE, sia su dati MSG-2 che su dati MSG-1 RSS. Nello stesso periodo, per ogni segnalazione di *hotspot* in Basilicata da parte del sistema FIRE, i volontari PCGL hanno provveduto a verificare la presenza di un incendio in corso. In alcuni casi il sistema FIRE ha segnalato anche falsi allarmi, ovvero *hotspot* di cui non vi è stato riscontro di incendio sul campo.

I risultati del confronto tra incendi reali e *hotspot* in Basilicata durante l'estate 2012 sono sintetizzati in figura 4.

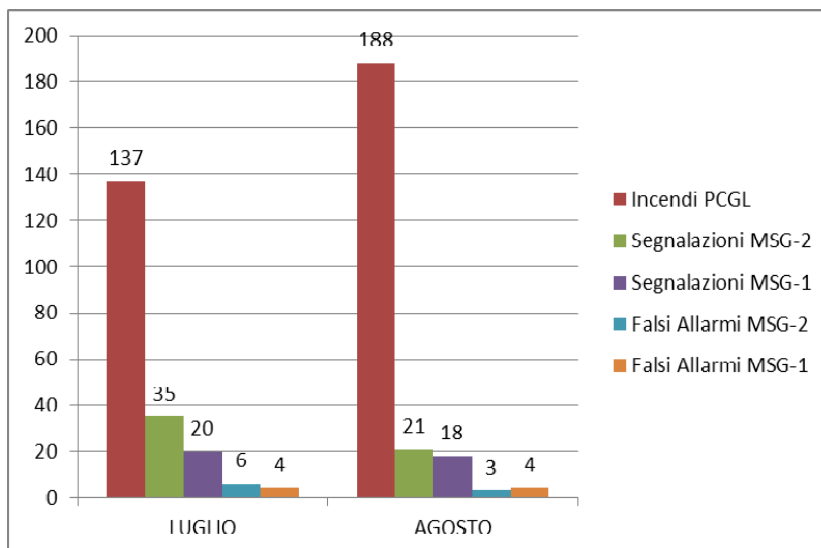


Figura 4. Confronto tra *Hotspot* e Incendi reali in Basilicata.

La differenza tra il numero elevato di incendi reali ed il limitato numero di *hotspot* rilevati con il sistema FIRE è dovuta alle molteplici tipologie di incendi reali segnalati al PCGL (stoppie, macchia, boschi, sterpaglie, incendi controllati, etc...). Infatti, i piccoli incendi non sono rilevabili da satellite per motivi legati alle basse temperature dell'incendio e alla limitata estensione rispetto alla risoluzione spaziale di MSG alle latitudini del Mediterraneo.

Il limitato numero di falsi allarmi costituisce, invece, un fattore importante per la valutazione dell'affidabilità del sistema che sebbene non riesca a rilevare molti eventi reali, laddove segnali ripetutamente un *hotspot* e con temperature elevate, ha scarsa probabilità di indicare un falso allarme.

Un dato interessante è che nello stesso periodo di osservazione il sistema FIRE ha segnalato la presenza di *hotspot* prima che l'incendio fosse segnalato al PCGL. Nel mese di Agosto ciò si è verificato 7 volte per MSG-2 e 4 volte per MSG-1. Per queste segnalazioni i volontari PCGL hanno trovato riscontro sul campo della presenza dell'incendio e hanno utilizzato il sistema FIRE come sistema di allarme.

Ad integrazione di quanto ottenuto con la validazione sistematica del prodotto *hotspot* sulla regione Basilicata, nel periodo Luglio-Agosto 2012 per tutti gli incendi verificatisi nel territorio di Puglia e Basilicata e documentati dai media locali, è stata verificata la corrispondente segnalazione di *hotspot* da parte del sistema FIRE sia con dati MSG-1 RSS che con dati MSG-2.

I risultati sono stati molto soddisfacenti in quanto su 27 incendi boschivi reali, 16 sono stati riscontrati come *hotspot* nel sistema FIRE. E' stato osservato che i 9 incendi non rilevati da satellite

corrispondevano ad aree boschive lungo le coste, per le quali il sistema ha limiti oggettivi legati alla necessità di applicare una maschera terra-mare sui dati a bassa risoluzione spaziale o ad eventi in presenza di nubi o di fumo intenso. In tali ultimi casi, il sensore ottico SEVIRI ha limiti oggettivi nell'acquisire dati utili per il monitoraggio degli incendi.

Conclusioni

Durante la stagione incendi dell'estate 2012, il sistema FIRE di *hotspot detection* in funzione presso ASI-CGS di Matera è stato utilizzato in maniera dimostrativa per verificarne potenzialità e limiti. Con la verifica della corrispondenza tra incendi reali e *hotspot*, è stato osservato che il sistema FIRE è abbastanza affidabile per l'osservazione di incendi boschivi, caratterizzati da notevole estensione, alte temperatura e lunga durata. Il sistema ha spesso fornito informazioni con tempestività, ha consentito di osservare anche l'evoluzione di incendi di lunga durata e solo in pochi casi ha fornito falsi allarmi. Nel caso di incendi di limitate dimensioni ed intensità (stoppie, incendi controllati) le prestazioni del sistema sono risultate meno affidabili per limiti oggettivi nell'acquisizione dei dati da satellite a bassa risoluzione spaziale.

In conclusione, sebbene con i dati satellitari non sia possibile prevenire e limitare il fenomeno degli incendi, l'uso di dati acquisiti da satelliti in orbita geostazionaria, con alta frequenza temporale e bassa risoluzione spaziale, si prospetta di grande utilità in supporto alla gestione degli incendi boschivi in fase di allerta, in particolare per minimizzare i tempi di intervento, con l'effetto di limitare l'entità dei danni.

Riferimenti bibliografici

Corpo Forestale dello Stato (2012), "Analisi Incendi al 21 Agosto 2012",
<http://www3.corpoforestale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/313>