

## SISTEMA INTEGRATO PER IL RILIEVO E LA GESTIONE DEL CATASTO DELLE AREE INCENDIATE

Vincenzo BARRILE (\*), Giuseppe ARMOCIDA (\*\*), Giuliana BILOTTA (\*\*\*)

(\*) DIMET (Dipartimento di Informatica, Matematica, Elettronica e Trasporti) - Facoltà di Ingegneria  
Università Mediterranea di Reggio Calabria - Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria,  
Tel +39 0965 875301, vincenzo.barrile@unirc.it.

(\*\*) collaboratore esterno DIMET Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, armocida.giuseppe@kosmosgis.it

(\*\*\*) collaboratrice esterna DIMET Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, giulianabilotta@libero.it.

### Riassunto

E' nota l'importanza che assume il terreno ricoperto da una folta vegetazione ai fini della stabilità ed integrità del suolo rispetto a quello reso arido e brullo dal fuoco, e ciò in modo particolare alla luce dei crescenti cambiamenti climatici. L'azione a salvaguardia del territorio e la lotta contro il suo progressivo degrado ambientale focalizzano verso gli incendi estivi un'attenzione che è al centro anche della legislazione ambientale nazionale, che lega appunto il danno arrecato dagli incendi boschivi con la normativa edilizia ed il vincolo idrogeologico.

Obiettivo del contributo che viene qui proposto è il confronto di tecniche per l'elaborazione di dati ad alta risoluzione da satelliti ottici per la migliore discriminazione automatica delle aree percorse da incendio così come richiesto dalle leggi che impongono di censire e redigere la planimetria delle aree percorse da fuoco da vincolare successivamente, e l'integrazione delle tecniche elaborate in un GIS al fine di ottenere un'accurata perimetrazione, .

### Abstract

Is known importance of a land covered with thick vegetation for the stability and integrity of the soil than that made dry and bare by the fire, and this especially in light of increasing climate change. The action to safeguard the territory with the fight against his progressive environmental degradation focuses attention on summer fires which is also at the heart of national environmental legislation, which binds precisely the damage caused by forest fires with the law and the construction of an hydrogeological bond.

Objective of the contribution here proposed is the comparison of techniques for data processing high-resolution optical satellites for better automatic discrimination of burnt areas as required by laws that require a census and prepare the floorplan of the burnt areas by tying, and integration of the techniques developed in a GIS for obtaining an accurate perimeter.

### Introduzione

*Nella presente nota si propone l'integrazione della segmentazione multirisoluzione in un pacchetto unitario per la rilevazione delle zone incendiate. La metodologia strutturale si differenzia dall'analisi spettrale classica: mentre l'analisi pixel-oriented aumenta l'ambiguità nella definizione statistica delle classi di uso del suolo all'aumentare della risoluzione nelle immagini telerilevate, tale problema si riduce con le tecniche di segmentazione multirisoluzione e di classificazione fuzzy. Con l'analisi orientata agli oggetti è infatti possibile arricchire e migliorare le informazioni ricavate dai dati telerilevati ottenendone fra l'altro un'integrazione immediata nei GIS. Si è utilizzato anche un decision-tree che tiene conto degli indici conosciuti in letteratura (NDVI, NBR ecc) in modo da migliorare i risultati ottenuti.*

Il progetto complessivo ha come obiettivo principale quello di redigere la perimetrazione delle aree percorse da incendi attraverso un processo informativo organico e continuativo, generato sia tramite l'omogeneizzazione delle banche dati specifiche presenti sul tema che tramite l'acquisizione di tutti i dati necessari alla predisposizione e gestione del catasto tramite gli strumenti di rilievo messi a disposizione dalle odierne tecnologie e risorse della Geomatica tra cui il Telerilevamento.

Scopo finale del progetto è dunque quello di realizzare un completo Sistema Integrato Catasto Incendi nel quale si avrà contezza dell'evento incendio boschivo in relazione alla registrazione delle mappe, dei dati geometrici dell'area bruciata, del livello di danno, arrivando a fare una stima del carbonio perso in seguito al passaggio del fuoco.

Nella presente nota viene descritto l'approccio metodologico seguito nella realizzazione dell'intero progetto ancora in itinere, presentando esclusivamente allo stato attuale i risultati ottenuti in relazione alla procedura di discriminazione di aree incendiate tramite l'NBR nel *decision tree* e rimandando ad una successiva nota per la presentazione dei risultati relativi all'integrazione delle tecniche elaborate all'interno del GIS.

### **Approccio metodologico**

In funzione a quanto detto è stata dunque implementata una metodologia altamente flessibile e disgiunta per i due momenti di formazione e di aggiornamento previsti dalle norme: il primo è inerente alla predisposizione del catasto incendi basato su informazioni storiche, il secondo è relativo all'aggiornamento del catasto. Si è posta poi particolare attenzione sull'aggiornamento da dati da satellite, caratterizzato da un elevato grado di accuratezza e tempestività delle informazioni basate su immagini satellitari ad altissima risoluzione.

### **Formazione del catasto incendi**

Le fasi più importanti sono naturalmente la progettazione del modello logico-concettuale dell'infrastruttura del Sistema Integrato, l'omogeneizzazione delle basi dati e l'implementazione del *data entry* al fine di costruire la banca dati definitiva in formato PostGIS. La componente spaziale (geometria del rilievo) viene ricavata direttamente dalla banca dati del SIM (Sistema Informativo della Montagna) nella quale sono riportati i rilievi AIBFN eseguiti dal Corpo forestale dello Stato. La localizzazione spaziale delle aree percorse dal fuoco permette una esatta corrispondenza con le informazioni catastali vettorializzate, georiferite ed inserite nel *Geodatabase*.

La terza fase comprende l'analisi statistica dei dati con avanzate tecniche di creazione dinamica di report auto aggiornanti su analisi quali, tra le altre, quelle relative alla frequenza degli incendi per mese, per giorno e ora, per causa di innesco, durata degli incendi. Il sistema è quindi in grado di effettuare anche analisi statistiche di tipo spaziale così da affinare l'analisi delle variabili di tipo ambientale – territoriale, indagando le relazioni spaziali tra i fattori ambientali (essenzialmente morfologia, vegetazione, uso del suolo) con il verificarsi del fenomeno dell'incendio boschivo: frequenza degli incendi per classe di pendenza, per classe altimetrica, per esposizione del versante, per categoria forestale, per categoria di uso del suolo, per distanza dalle strade e dai centri o nuclei abitati ed altre ancora, tutte analisi che costituiscono la base di conoscenze per la realizzazione della carta del rischio d'incendio. Oltre a fornire report di stampa sulle analisi statiche (di tipo alfanumeriche e spaziali) il sistema è in grado di gestire la stampa delle particelle interessate dal fuoco con annesso documentazione utile alla pubblicazione nell'albo pretorio.

### **Aggiornamento del catasto incendi**

Costituita l'infrastruttura di base del sistema con l'impianto dei dati di partenza e l'infrastruttura di gestione e di *storage* degli stessi, segue la fase di aggiornamento del catasto e quindi del complesso sistema proposto.

L'aggiornamento del catasto incendi consiste nel rilevare le aree percorse dal fuoco man mano che gli eventi si verificano o comunque in tempi utili all'esatta individuazione del perimetro delle porzioni territoriali percorse dal fuoco.

Tra i diversi processi di intervento possibili per la fase di aggiornamento del catasto, che si differenziano in funzione delle diverse modalità di acquisizione del dato (area percorsa dal fuoco), l'ipotesi di aggiornamento del SIM attraverso l'acquisizione e la classificazione delle immagini da satellite, come ricordato in precedenza, risulta essere la soluzione auspicata in quanto caratterizzata da un elevato grado di accuratezza e tempestività delle informazioni ed inoltre capace di realizzare un migliore rapporto costi/benefici. Con la stessa dotazione informativa - immagini satellitari ad altissima risoluzione - si potranno tra l'altro realizzare ulteriori studi utili al monitoraggio e aggiornamento di informazioni di settore quali ad esempio uso del suolo, discariche abusive, copertura in cemento amianto, alvei fluviali, aggiornamento cartografico, inquinamento ambientale. Inoltre, si rende esecutivo un altro importante aspetto di valutazione del danno occorso alla vegetazione e stima delle emissioni di CO2 dovute al passaggio dell'incendio boschivo.

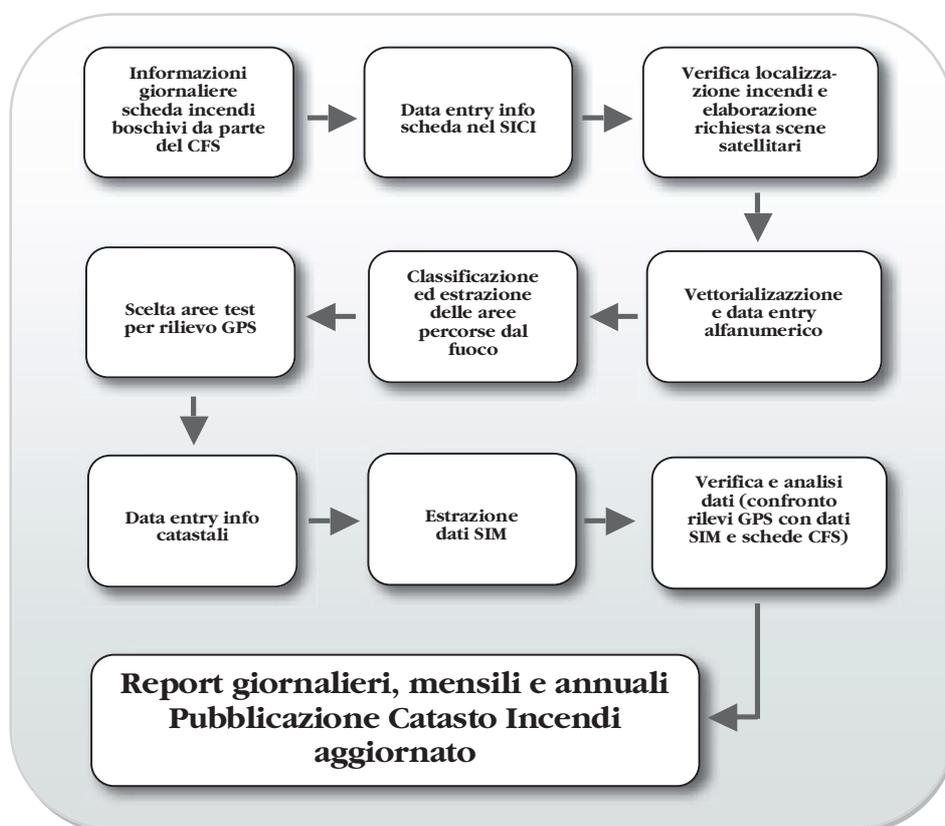


Figura 1 – Diagramma di flusso aggiornamento da telerilevamento.

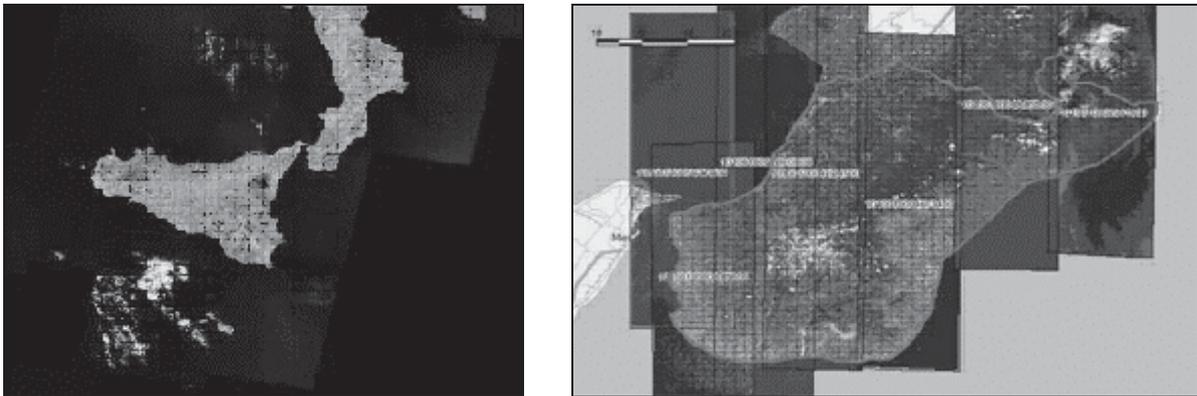
Le elaborazioni previste si basano sull'analisi di immagini satellitari di diversa origine e natura (Landsat, QuickBird), con la realizzazione di elaborazioni atte all'individuazione delle aree già interessate da incendi, di analisi multitemporali realizzate a tal fine dai dati multispettrali dei sensori *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+) del satellite Landsat7, di analisi delle immagini ad altissima risoluzione del satellite QuickBird con l'uso di tecniche statistiche basate sull'NDVI (*Number Digital Vegetation Index*), sul NBR (*Normalized Burn Ratio*) ed inoltre su tecniche innovative basate sulla segmentazione multirisoluzione e sulla realizzazione di gerarchie di classi tra loro correlate al fine di realizzare un'adeguata classificazione del territorio che discrimini in modo corretto le aree percorse dal fuoco.

La scelta del tipo di dato satellitare ad alta risoluzione viene dettata da una serie di considerazioni:

a) Le dimensioni dell'area da analizzare: considerato infatti che l'applicativo è rivolto ad un territorio comunale per la maggior parte non densamente urbanizzato. .

b) L'analisi consentita dai dataset del Landsat, se pure preziosa per la disponibilità delle bande nell'infrarosso vicino, medio e termico, si rivela insufficiente sia per le dimensioni del pixel sia per l'indisponibilità di dati affidabili a seguito di taluni malfunzionamenti del Landsat 7 ( ad esempio nella tarda primavera 2003). Si è reso perciò opportuno riferirsi a dati ad altissima risoluzione, quali quelli del satellite QuickBird.

Si è quindi implementata un metodologia con dati telerilevati Landsat combinati con dati telerilevati QuickBird ad altissima risoluzione spaziale. La scelta di entrambi i dati è da ricercarsi in diverse motivazioni, in primis quella di condurre un'indagine su uno spazio di notevoli dimensioni, in maniera accurata, limitandone tuttavia il costo. Il dato Landsat viene fornito a un costo relativamente basso, se paragonato alla vasta utilità che se ne può fare. Per il nostro caso esso torna utile, in quanto l'oggetto d'analisi sarà sottoposto a una procedura di classificazione basata su criteri decisionali (indici di vegetazione) che lavorano nelle bande dell'infrarosso vicino e medio, e il dato Landsat è uno dei pochi disponibili ad avere una certa varietà di bande. Si pone però l'obbligo di combinarlo con il dato QuickBird che ha nella risoluzione spaziale uno dei suoi punti di forza.



*Figure 2 e 3 – Scene Landsat e Quickbird disponibili sulla provincia di Reggio Calabria.*

Dalla loro fusione risulta un dato che mantiene l'ampio numero di bande spettrali del Landsat per gli indici caratterizzanti la procedura di classificazione successiva, ma al tempo stesso presenta un più accurato dettaglio, dovuto alla nuova risoluzione spaziale ereditata dal dato QuickBird. Procedendo alla sovrapposizione con un modello di elevazione digitale (DEM) relativo alla zona di interesse, necessario per garantire le adeguate correzioni circa la topografia del dato, si ha anche la possibilità di definire le caratteristiche di versante e pendenza necessarie per discriminare le situazioni delle aree percorse da incendio. Il dato così ottenuto viene sottoposto a una procedura di classificazione semi-automatica, sviluppata all'interno del software ENVI, seguendo sostanzialmente i passi seguenti:

- Acquisizione dell'immagine;
- Classificazione finalizzata all'evidenziazione delle aree percorse da incendi;
- Elaborazione e sintesi tramite indici di vegetazione (NBR e BAI).

L'analisi condotta ruota sull'elaborazione dell'immagine classificata tramite gli indici di vegetazione NBR. Tali indici rappresentano i criteri decisionali per andare a effettuare la differenziazione sull'immagine.

L'NBR è sensibile al danno provocato dal fuoco sulla vegetazione mentre il BAI rileva la deposizione dei resti di combustione dopo l'incendio.

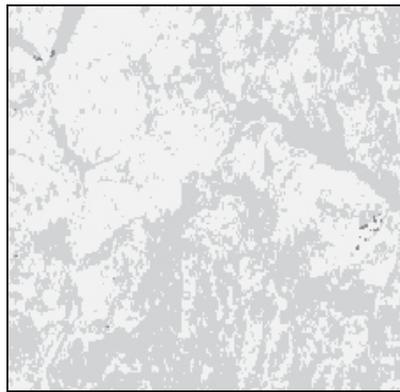


Figura 4 – Discriminazione di aree incendiate tramite l’NBR nel decision tree.

I due indici sono calcolati in base alle seguenti formule:

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

dove:

NIR = banda dell’infrarosso vicino

SWIR = banda dell’infrarosso a onde medie

$$BAI = \frac{1}{(RED_{rif} - RED_{ind})^2 + (NIR_{rif} - NIR_{ind})^2} \quad [2]$$

in cui:

RED = banda del rosso

NIR = banda dell’infrarosso vicino

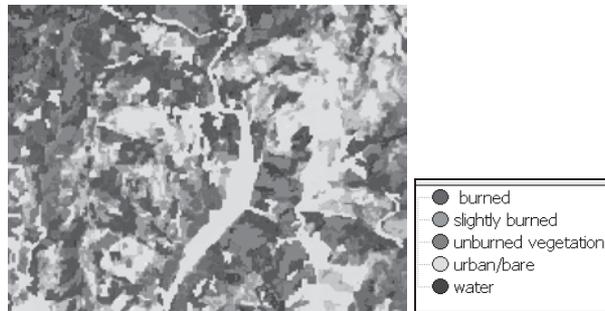


Figura 5 – Classificazione di dato Landsat in area fortemente compromessa – terzo livello.

I parametri per la segmentazione multirisoluzione sono stati determinati empiricamente. Il parametro di scala determina la massima eterogeneità consentita per l’immagine risultante.

| Livello di segmentazione | Bande |       |     |     | Scale | Homogeneity criteria |       |                |             |
|--------------------------|-------|-------|-----|-----|-------|----------------------|-------|----------------|-------------|
|                          | BLUE  | GREEN | RED | NIR |       | Color                | Shape | Shape Settings |             |
|                          |       |       |     |     |       |                      |       | Smoothness     | Compactness |
| Level I                  | 1     | 1     | 2   | 2   | 15    | 0.8                  | 0.2   | 0.7            | 0.3         |
| Level II                 | 1     | 1     | 2   | 2   | 60    | 0.8                  | 0.2   | 0.7            | 0.3         |
| Level III                | 1     | 1     | 2   | 2   | 150   | 0.8                  | 0.2   | 0.7            | 0.3         |

Figura 6 – Tabella illustrante i parametri per la segmentazione del dato Quickbird.

## Conclusioni

Con l'uso di tecniche che tengono conto degli indici di vegetazione NBR e BAI utilizzati nell'ambito della classificazione *object-oriented*, la cui integrazione si prevede di migliorare con l'ausilio di criteri decisionali per la discriminazioni di particolari caratteristiche delle aree bruciate, la metodologia strutturale può essere alla base di sistemi integrati per la realizzazione e l'aggiornamento del Catasto delle aree percorse dal fuoco previsti dalla Legge 21 novembre 2000, n. 353, e successive modifiche ed integrazioni, e per il monitoraggio del territorio comunale sotto l'aspetto della lotta agli incendi boschivi, popolando rapidamente di dati territoriali i GIS e permettendo la realizzazione diretta di mappe vettoriali. Ai fini della lotta contro gli incendi boschivi i sistemi così costruiti possono essere integrati con ulteriori dati monitorati così da consentire un'analisi in tempo reale del rischio incendi su tutto il territorio.

## Bibliografia

- Benediktsson J. A., Pesaresi M., Arnason K. (2003), "Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 41, No.9.
- Bianchin A., Pesaresi M. (1992), "Approccio strutturale all'analisi di immagine per la descrizione del territorio: una esplorazione degli strumenti di morfologia matematica", in *Atti del V Convegno Nazionale A.I.T.*, Milano, Italy, 25/29.
- Cecamore P., Di Federico A., Paolini S. (2004), "Servizi di osservazione delle aree incendiate: le esperienze europee nel progetto GMES RISK-EOS", in *Atti della 8<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Roma.
- Chirici G., Corona P., Travaglini D. (2003), "Sperimentazione di tecniche di classificazione *object-oriented* di immagini QuickBird a fini forestali", in *L'Italia Forestale e Montana*, Vol. n. 4 - *Atti del Workshop "Utilizzo di dati telerilevati per le statistiche di copertura del suolo negli ambienti forestali"*, Firenze..
- ITALSCAR (2003), *Burned Forest Mapping from Space - An Earth Observation service demonstration project in Italy - funded by the Data User Programme of the European Space Agency requested by the Italian Civil Protection Authorities*, Roma.
- Barrile V., Bilotta G. (2007), "Metodologie "Strutturali" su immagini Satellitari per l'analisi Urbana e Territoriale", in *Atti della 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, pp 267-272..
- Köppen M., Ruiz-del-Solar J., Soille P. (1998), "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 23-25.
- Marzano R., Bovio G. (2004), "Analisi dell'interfaccia urbano-foresta mediante dati telerilevati per la caratterizzazione del rischio di incendio boschivo", in *Atti della 8<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Roma.
- Mitri G.H., I.Z. Gitas, 2006, "Fire type mapping using object-based classification of Ikonos imagery", in *International Journal of Wildland Fire*, 15, pp. 457-462.
- Pesaresi M. (2000), "Texture Analysis for Urban Pattern Recognition Using Fine-resolution Panchromatic Satellite Imagery", in *Geographical & Environmental Modelling*, Vol. 4, No. 1, 43-63.
- Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2, Theoretical Advances*, Academic Press, New York.
- Soille P., Pesaresi M. (2002), "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, No.9.