

Discriminazione degli incendi boschivi attraverso analisi multitemporale di immagini Landsat

Roberta BERTINI (*), Gherardo CHIRICI (**), Claudio PICCININI(***)

(*) geoLAB, Laboratorio di Geomatica, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze. Via S. Bonaventura, 13, I-50145 Firenze (Italy). Tel.: +39 055 30231221, Fax: +39 055 319179, e-mail: roberta.bertini@unifi.it

(**) EcoGeoFor – Laboratorio di Ecologia e Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio, Università del Molise. Contrada Fonte Lappone snc, 86090 Isernia (Italy). Tel.: +39 0865 478978, Fax: +39 0865 411283. E-mail: gherardo.chirici@unimol.it.

(***) SETA sas, via Curtatone 26/r 16122 Genova. Tel 010873488-3490922314, E-mail picci2001@yahoo.it

Riassunto

Le immagini satellitari multispettrali ad alta e media risoluzione sono tra le fonti informative attualmente utilizzate nello studio e nel monitoraggio degli incendi boschivi. In particolare nelle analisi relative all'individuazione e alla perimetrazione delle aree percorse dal fuoco risulta determinante lo studio del comportamento spettrale nelle diverse lunghezze d'onda maggiormente sensibili all'attività fotosintetica, con un approccio di tipo multitemporale. In tale contesto, il presente studio ha come obiettivo l'analisi del comportamento spettrale di aree percorse da incendio in un arco di tempo che precede e segue l'evento al fine di individuare valori-soglia di riflettanza caratteristici. La sperimentazione ha riguardato le aree percorse da incendio della Provincia di Benevento negli anni 2000 e 2001 così come rilevata nel Catasto degli Incendi Boschivi della Regione Campania. Le analisi sono basate su immagini Landsat.

Abstract

High resolution multispectral remotely sensed images are frequently used for studying and monitoring forest fires. Specifically such images are used for mapping burnt areas on the basis of the study of spectral behaviors of such areas in those wavelengths more closely correlated with photosynthetic activity. In such a context the present study focuses on the analysis of spectral behaviors of forest burnt areas in a time frame that includes before and post fire dates in order to explicitly quantify the range of spectral changes. The experiment is carried out in the Provincia of Benevento on the basis of a cadastral database of forest fires of Regione Campania using Landsat images.

Introduzione

Circa il 35% della superficie nazionale è coperta da boschi o da altre terre boscate (CFS, 2006) e nel periodo 2000 – 2002 tale superficie è stata interessata da un numero di incendi compreso tra 4600 e 8600 eventi all'anno per una superficie boscata percorsa tra 20000 e 60000 ettari all'anno. In Campania il fenomeno è particolarmente sensibile, nello stesso periodo si registrano tra i 341 e i 915 incendi per una superficie boscata percorsa tra 1300 e 5000 ha all'anno (CFS, 2004).

In questo scenario matura l'esigenza di approfondire lo studio del fenomeno degli incendi boschivi: dall'analisi delle cause scatenanti l'evento, allo studio delle condizioni che ne favoriscono lo sviluppo (*fire hazard*), dalle dinamiche di propagazione, fino al monitoraggio del comportamento della vegetazione dopo il passaggio del fuoco (Chirici e Corona, 2005). L'individuazione e la perimetrazione degli incendi boschivi si collocano alla base di molte di queste attività, costituendo spesso il momento di partenza per le successive fasi di analisi. La mappatura degli incendi boschivi può essere realizzata tramite tecniche basate esclusivamente su rilievi a terra attraverso strumentazione GPS, tramite immagini telerilevate oppure combinando le due (Chirici e Corona, 2005).

L'entrata in vigore della Legge Quadro 353/2000 ha contribuito allo sviluppo operativo di nuove metodologie applicative sempre più affidabili per l'accertamento degli incendi boschivi. Contestualmente a ciò, anche grazie alla continua evoluzione di nuove tecnologie disponibili a costi ridotti, si sono sempre più affermate tecniche di telerilevamento, e in particolare di telerilevamento satellitare, in grado di offrire una restituzione multitemporale e multispettrale utile allo studio dei fenomeni indagati (Chirici e Corona, 2006).

Molteplici tecniche di individuazione degli incendi boschivi tramite immagini telerilevate multispettrali si avvalgono di indici di attività fotosintetica e tra questi i più comunemente utilizzati sono l'NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), l'IRI (*Infrared Index*) e l'NBR (*Normalized Burn Ratio*). Recenti studi hanno confermato l'efficienza in ambito Mediterraneo dell'indice di attività fotosintetica NDVI nel descrivere le dinamiche di superfici boscate percorse da fuoco (Chirici et al., 2006).

Qualunque siano i tipi di indici utilizzati la metodologia che permette la migliore individuazione delle aree percorse da incendio è quella multitemporale. Sulla base di immagini acquisite prima e dopo l'incendio è possibile evidenziare le aree percorse da incendio sulla base del peculiare cambiamento nella risposta spettrale. La disponibilità di immagini successive all'evento permette invece di monitorare il fenomeno della ripresa vegetativa caratterizzato da un aumento di attività fotosintetica.

Scopo di questo lavoro è approfondire l'effettiva esistenza e consistenza quantitativa dei cambiamenti di risposta spettrale in aree incendiate in ambiente Mediterraneo. La sperimentazione è realizzata tramite immagini telerilevate multitemporali Landsat e grazie alla base di dati acquisita per la realizzazione del Catasto degli Incendi Boschivi della Regione Campania (Grasso et al., 2004).

Materiali e metodi

Lo studio ha riguardato la provincia di Benevento ed è basato sulla perimetrazione degli incendi realizzata per la costituzione del Catasto degli Incendi Boschivi regionale per gli anni 2000 e 2001 (Grasso et al., 2004).

Per ogni poligono presente nella base di dati, oltre all'originaria informazione riguardante la data dell'evento, è stata aggiunta l'indicazione dell'uso del suolo prevalente sulla base del sistema di nomenclatura sviluppato per il IV livello tematico della copertura CLC2000 (Bologna et al., 2004) e derivata dall'uso integrato di diverse fonti di dati, tra cui le ortofoto digitali del volo IT2000. Nelle successive analisi sono state quindi considerati solo gli eventi caratterizzati da un uso del suolo precedente all'evento esclusivamente di tipo boscato (*sensu* FAO, Forest Resource Assessment 2000 e successivi). Della banca dati originaria costituita da 128 eventi (1131 ha) sono stati quindi selezionati complessivamente 35 eventi.

Le immagini multispettrali Landsat utilizzate appartengono a una serie multitemporale di quattro anni consecutivi acquisite a partire dal 1999 in periodi compresi tra giugno ed agosto (Tabella 1).

Anno	Sensore	Giorno e mese
1999	Landsat 5 TM	5 giugno
2000	Landsat 7 ETM+	10 luglio
2000	Landsat 7 ETM+	2 agosto
2001	Landsat 7 ETM+	5 agosto
2002	Landsat 7 ETM+	21 giugno
2002	Landsat 7 ETM+	23 luglio

Tabella 1: immagini Landsat utilizzate nella sperimentazione.

Attraverso un controllo visivo sono stati rimossi dal banca dati degli incendi i poligoni con valori di riflettanza influenzati dalla presenza di copertura nuvolosa o da relative conseguenti ombre. Sono state quindi selezionate 8 aree percorse dal fuoco nell'anno 2000. Complessivamente la superficie totale indagata è pari a 64 ha, gli incendi sono di piccole o medie dimensioni, con superfici variabili tra 1,5 a 26 ha.

Per ogni singolo evento è stata perimetrata un'area testimone adiacente che avesse lo stesso tipo di copertura forestale di quella incendiata ma che non fosse stata interessata dal fuoco, le aree testimone sono state scelte in modo che avessero lo stesso tipo di esposizione e pendenza di quelle adiacenti incendiate.

Per ogni poligono incendiato e per ogni relativa area testimone sono stati quindi estratti e comparati i valori dell'indice NDVI (Figura 2).

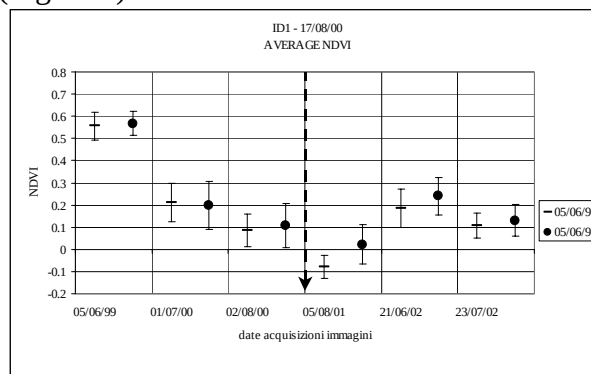


Figura 2 - Confronto tra valori medi e di deviazione standard dell'indice NDVI calcolato dalle immagini Landsat per l'area incendiata e la relativa area testimone di un incendio di 26,286 ha. Il simbolo a barra identifica l'area incendiata, il punto l'area testimone, la freccia indica la data dell'incendio.

Nel caso in Figura 2 si nota un esempio rappresentativo del generale comportamento spettrale delle aree incendiate e delle relative aree testimone. Le due aree hanno comportamento identico fino all'evento, nell'immagine immediatamente successiva l'indice di attività fotosintetica nell'area incendiata è sensibilmente inferiore rispetto all'area testimone, grazie al recupero della vegetazione dopo l'incendio questa differenza tende però a diminuire nelle successive immagini.

Dall'analisi dei primi risultati ottenuti lo studio spettrale delle aree incendiate basato sul confronto relativo al comportamento spettrale nelle aree indisturbate è stato approfondito. Realizzando ulteriori confronti tra i valori di NDVI delle aree incendiate rispetto alle relative aree testimone basati sul calcolo dei rapporti e delle differenze tra i valori medi di NDVI estratti dalle aree incendiate e dalle relative aree testimone (Figura 3).

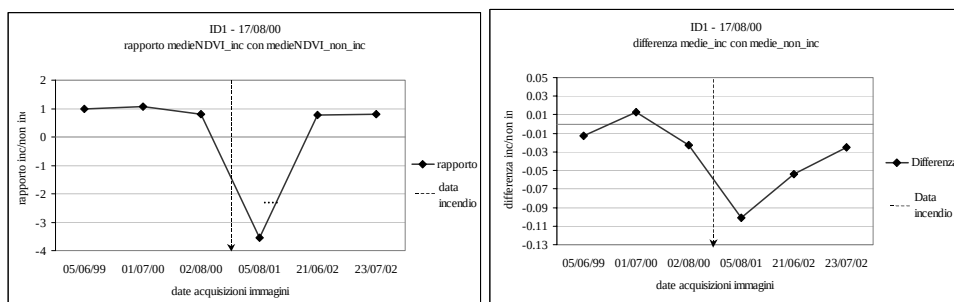


Figura 3 - Confronto tra valori medi di NDVI dell'area incendiata di cui a Figura 2 e della relativa area testimone; a sinistra andamento temporale del rapporto tra le medie di NDVI, a destra andamento temporale della differenza tra le medie di NDVI.

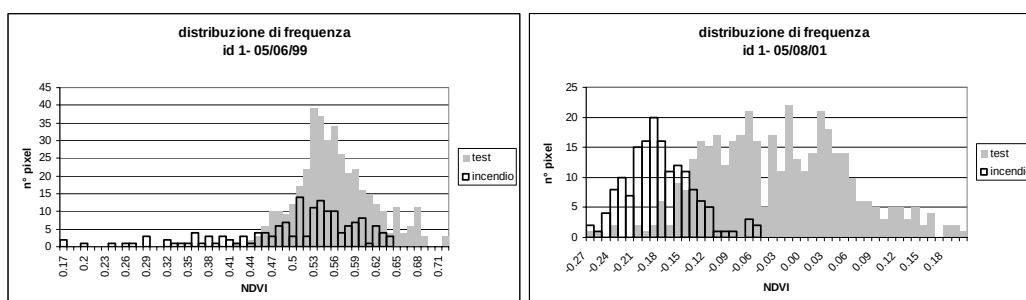


Figura 4 – Distribuzioni di frequenza dei valori di NDVI estratti per lo stesso incendio di Figura 2 e 3. In grigio i valori dei pixel dell'area testimone, in trasparenza quelli dell'area incendiata. A sinistra in un'immagine precedente al passaggio del fuoco, a destra dopo l'incendio.

Anche da queste ulteriori analisi si evidenzia chiaramente la diminuzione di attività fotosintetica nell'area incendiata rispetto all'area testimone indisturbata.

Nella seconda fase dello studio si è indagato preliminarmente sulla possibilità operativa di utilizzo di una procedura basata sulla segmentazione e classificazione *object-oriented* delle immagini per l'individuazione automatica delle aree incendiate costruita a partire dall'analisi delle differenze di risposta spettrale tra aree incendiate e non incendiate adiacenti.

Le immagini di NDVI opportunamente mascherate secondo le categorie di uso del suolo utilizzate nella fase precedente derivate dalla copertura CLC2000 sono state sottoposte a un processo di segmentazione multirisoluzione (Chirici e Corona, 2006) tramite software eCognition (fattore di scala 1, colore 1, forma 0).

Tra i nuovi poligoni ottenuti sono stati quindi selezionati quelli con la maggiore area di sovrapposizione con le aree incendiate e ne sono stati calcolati i valori medi di NDVI e la differenza media con i poligoni vicini (*mean difference to neighbors*).

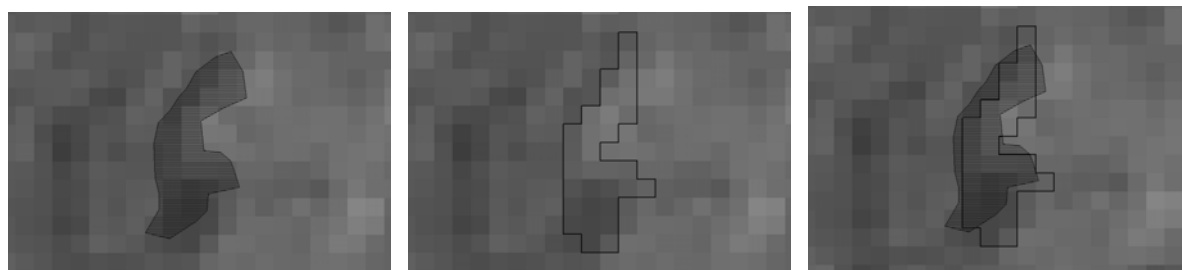


Figura 5: a sinistra poligono di un'area incendiata proveniente dal Catasto degli Incendi Boschivi; al centro poligono ottenuto per segmentazione automatica; a destra sovrapposizione delle due aree.

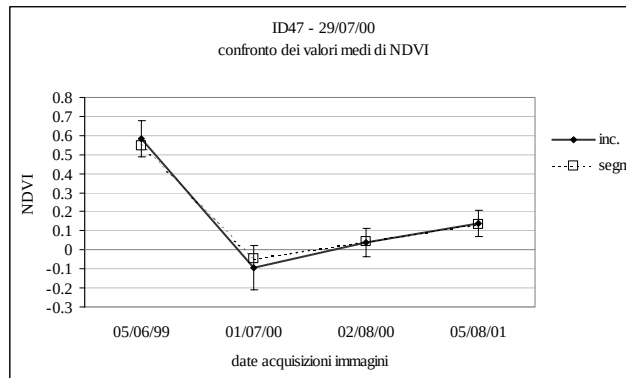


Figura 6: confronto tra valori medi di NDVI per un poligono ottenuto dal Catasto degli Incendi ed il relativo poligono ottenuto per segmentazione automatica.

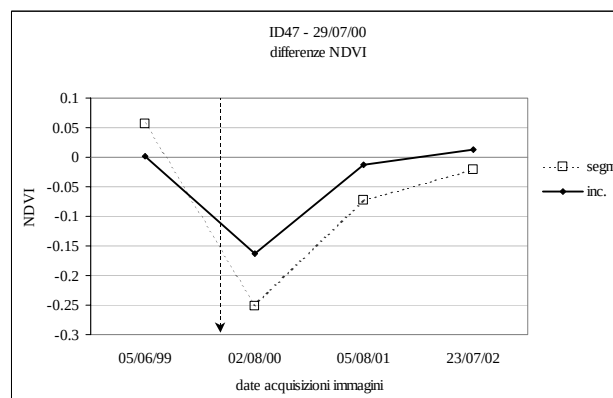


Figura 7: confronto tra valori di differenza di NDVI tra l'area incendiata e la relativa area testimone, per il poligono del Catasto Incendi e per il poligono ottenuto per segmentazione automatica.

Nelle Figure 5, 6 e 7 sono riportati i risultati comparativi derivanti dal confronto tra le risposte spettrali dei poligoni del Catasto Incendi rispetto a quelle derivate per segmentazione automatica delle immagini di NDVI.

Risultati

Dalle analisi del comportamento spettrale negli 8 incendi utilizzati nello studio si evidenziano chiaramente gli andamenti differenziali dei valori medi di NDVI tra aree incendiate e relative aree testimone. Come illustrato in Figura 8 le differenze si mantengono prossime a zero nel periodo precedente all'evento. Subito dopo l'evento le differenze tendono invece ad essere molto pronunciate, in un periodo compreso tra pochi giorni a circa un mese dal passaggio del fuoco la riduzione media dei valori di NDVI è pari a circa 0,23 punti. Dopo circa un anno dall'incendio la diminuzione media di NDVI nelle aree incendiate è già ridotta a 0,10 punti mentre dopo 19-23 mesi i valori di NDVI nelle aree incendiate e nelle relative aree testimone sono praticamente uguali. In taluni casi a due anni dall'incendio si registrano addirittura valori di NDVI più alti nelle aree incendiate che in quelle testimone.

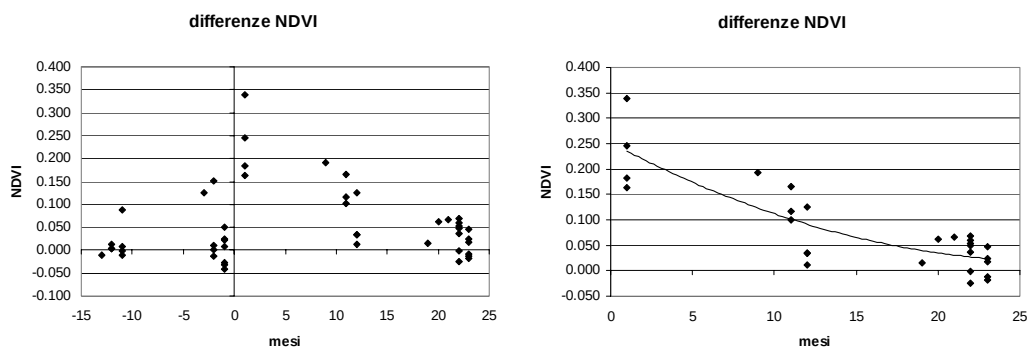


Figura 8: andamento delle differenze di NDVI tra aree incendiate e relative aree testimone indisturbate in funzione del numero di mesi dall'evento. A sinistra è presentato l'intero andamento temporale pre e post incendio, a destra solo quello post incendio.

Conclusioni

L'andamento dell'indice di attività fotosintetica NDVI calcolato a partire da immagini Landsat per otto aree incendiate della provincia di Benevento è stato confrontato con i valori estratti in aree testimone indisturbate. L'andamento dell'indice ha permesso di quantificare la velocità di recupero della vegetazione successivamente all'evento. Dai dati a disposizione e nelle condizioni esaminate, è emersa una consistente riduzione dell'attività fotosintetica nei primi 12 mesi dall'evento, dopo due anni le differenze spettrali tra aree bruciate e aree testimone indisturbate sono praticamente nulle.

La segmentazione e la classificazione *object-oriented* di immagini NDVI basata sul confronto della risposta spettrale tra aree incendiate e adiacenti aree indisturbate può costituire una valida alternativa a procedure esclusivamente basate sulla fotointerpretazione ma l'ottimizzazione di tali procedure necessita di successive fasi di sperimentazione.

Bibliografia

- Bologna S, Chirici G, Corona P, Marchetti M, Pugliese A, Munafò M. (2004), *Sviluppo e implementazione del IV livello Corine Land Cover per i territori boscati e ambienti semi-naturali in Italia*. Atti della 8a Conferenza Nazionale ASITA "GEOMATICA: Standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie", Roma, 14 - 17 dicembre 2004, Vol. 1: 467-472.
- Corpo Forestale dello Stato (2004), *Gli incendi boschivi*, Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma.
- Corpo Forestale dello Stato (2006), *Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi di carbonio. Dati al termine della prima fase*. Scaricato da www.ifni.it il 25/09/2006.
- Chirici G. e Corona P. (2005), *An overview of passive remote sensing for post-fire monitoring*. *Forest@ 2* (3): 282-289.
- Chirici G. e Corona P. (2006), *Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali*. Aracne editrice, Roma.
- Grasso E, Molinari P, Mandatori R. (2004), *Il Catasto degli Incendi Boschivi della Regione Campania: un sistema su WEB per l'applicazione della Legge Quadro 353/2000*. *MondoGIS* 44: 31-34.
- Chirici G, Marchetti M, Mattioli W, Ottaviano M, Corona P, LaMonaca A. (2006), *Confronto di approcci correlativi per il monitoraggio satellitare del recupero post-incendio della vegetazione forestale*. Sottoposto alla 10a Conferenza ASITA 2006.