

UN SERVIZIO INTEGRATO EO/GIS PER IL MONITORAGGIO DEI CAMBIAMENTI NELLE AREE BOSCHIVE PERCORSE DA INCENDI

Raffaele Laforteza(*) , Daniela Iasillo (**), Claudio Piccini (***) ,
Valter Sambucini (****), Marc Paganini (*****)

(*) Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Università degli Studi di Bari
Via Amendola 165/A - 70126 Bari - E-mail r.laforteza@agr.uniba.it (consulente esterno Planetek Italia s.r.l.)

(**) Planetek Italia s.r.l. Via Massaua, 12 - 70123 Bari

Tel. 080 5343750 - Fax 080 5340280 - E-mail iasillo@planetek.it - <http://www.planetek.it>

(***) APAT Via Curtatone, 3 - 00185 Roma

Tel 06 44442549 - Fax 06 44442618 - E-mail piccini@apat.it

(****) APAT Via V. Brancati, 48 - 00144 Roma

Tel 06 50072074 - Fax 06 23314072 - E-mail sambucini@apat.it

(*****) ESA-ESRIN Via Galileo Galilei - 00040 Frascati (Roma)

Tel 06 94 18 05 63 - Fax 06 94 18 05 52 - E-mail marc.paganini@esa.int

1. Introduzione

Il monitoraggio delle aree boschive percorse da incendi rappresenta un tema di estrema attualità e di primaria importanza per le politiche di tutela e di gestione sostenibile del patrimonio forestale nazionale. La recente approvazione della legge quadro n.353/2000 può essere interpretata nell'ottica di una salvaguardia attiva di questo patrimonio, da attuarsi anche attraverso l'impiego di sistemi di monitoraggio satellitare (art. 3). La legge quadro definisce, inoltre, alcuni vincoli che vietano i cambiamenti di destinazione d'uso nelle aree percorse da incendi, fino ad un massimo di 15 anni dall'innesco del fenomeno (art. 10). In tale scenario, questo lavoro si pone l'obiettivo di presentare un servizio integrato EO/GIS (Earth Observation/Geographical Information System) per il monitoraggio delle aree boschive nel periodo post-incendio. Il servizio in questione è stato sviluppato nel periodo Ottobre 2001 - Luglio 2003, nell'ambito del progetto BALU (Burned Area Land Use change detection) promosso e finanziato dalla Agenzia Spaziale Europea (ESA) nel quadro del programma DUP-2001 (*Data User Programme*). Tra i partner coinvolti nello svolgimento delle attività di progetto e nella realizzazione del servizio pilota, figurano: Planetek Italia s.r.l. (Bari), Intecs-HRT (Pisa), GIM - Geographic Information Management (Heverlee, Belgio). L'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) ha rivestito il ruolo di utente finale del progetto, in qualità di soggetto interessato all'ottenimento di un servizio rispondente a determinati requisiti tecnici ed operativi. Il servizio è stato, ad esempio, disegnato seguendo gli standard architetture della rete SINAnet (Sistema Informativo Nazionale Ambientale) per assicurare la piena disponibilità dei prodotti BALU a tutti gli utenti dello spazio SINAnet (<http://www.sinanet.apat.it/>).

2. Descrizione del servizio

Il servizio BALU si basa essenzialmente sull'integrazione di tecniche di analisi e calcolo delle immagini da satellite con tecniche di elaborazione e gestione delle informazioni geografiche.

Il cuore del servizio è costituito da un sistema GIS (*BALU System*) all'interno del quale vengono implementati i dati di EO ed una serie di dati ancillari (*Input data*) che saranno poi elaborati mediante procedure di calcolo ed algoritmi riportati in letteratura (Fig.1). Nella fattispecie, la procedura di calcolo utilizzata per il *detection* dei cambiamenti d'uso del suolo nelle aree bruciate è stata derivata da Barbosa *et al.* (2000). Tale procedura si basa sul confronto diacronico di indici di vegetazione (e.g., NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*; ARVI - *Atmospherically Resistant Vegetation Index*) ricavati da immagini satellitari di tipo Landsat TM/ETM (Santos *et al.* 1999, Barbosa *et al.* 2002). Per mezzo di soglie statistiche opportunamente prefissate (comunque modificabili dall'utente) viene determinata l'appartenenza di ciascuna area bruciata (o porzione di essa) ad una delle seguenti classi: rinaturalizzazione post-incendio (*gain of vegetation*); nessun cambiamento (*no-change*); perdita di vegetazione (*loss of vegetation*). In Fig.2 si riporta un diagramma esemplificativo della procedura seguita per l'individuazione dei cambiamenti. Per maggiori dettagli sugli algoritmi di calcolo utilizzati e sulla validazione degli stessi si rimanda a Laforteza *et al.* (2003).

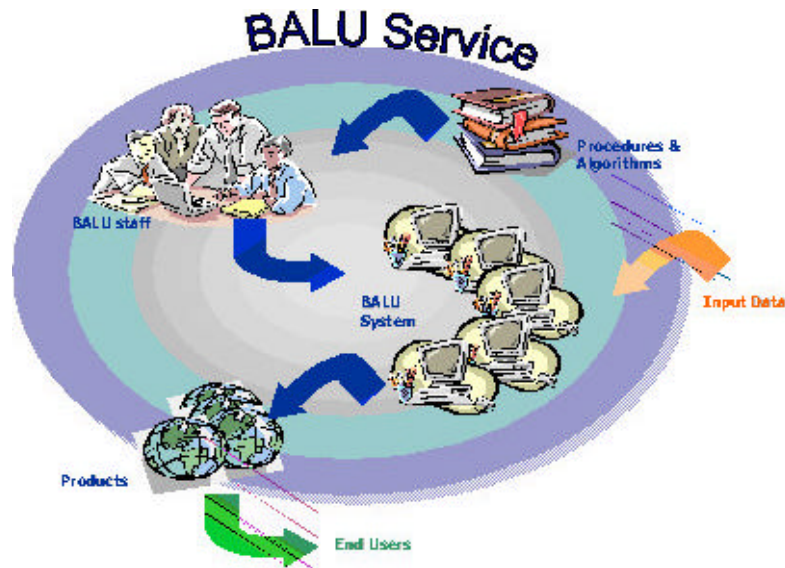


Figura 1- Rappresentazione schematica del servizio BALU

A compimento del processo di calcolo degli *Input-data*, si determinano i seguenti prodotti finali:

Prodotto 1: identificazione dei cambiamenti d'uso del suolo

Prodotto 2: indicatori ambientali

Il **Prodotto 1** fornisce informazioni sulla evoluzione temporale delle aree boschive percorse da incendi, con particolare riguardo all'intervento umano ed alle sue implicazioni. Il prodotto ha una struttura vettoriale in cui a ciascuno strato informativo corrisponde una topologia specifica (punti, linee, poligoni) ed una tabella di attributi. La scala del prodotto è 1:50.000; l'area monitorata è quella corrispondente al territorio provinciale. La frequenza di aggiornamento è annuale (termine della stagione degli incendi).

Il **Prodotto 2** fornisce informazioni sintetiche sullo stato dei sistemi forestali in ciascun ambito provinciale. Tale prodotto si compone di due tabelle di attributi nelle quali sono raccolti ed elaborati alcuni indicatori di danno e di cambiamento, specifici per la tematica affrontata. Tra gli indicatori di danno figurano i seguenti parametri¹: (1) Indice di boscosità; (2) Indice di area percorsa; (3) Indice di incidenza; (4) Indice di gravità. Il *trend* evolutivo dei cambiamenti è, invece, evidenziato da un indice di superficie relativo a ciascuna classe di cambiamento monitorata. La scala di riferimento di questo prodotto è quella provinciale con frequenza annuale di aggiornamento.

3. Il servizio pilota

Nell'ambito del progetto BALU è stato sviluppato un servizio pilota per gli ambiti territoriali delle province di Torino, Lucca e Foggia. L'intervallo di tempo preso in considerazione è stato quello compreso tra il 1998 ed il 2002, con un'immagine Landsat TM/ETM per anno acquisita al termine della stagione degli incendi. In fase di *pre-processing*, le immagini satellitari sono state corrette sia radiometricamente sia geometricamente per poi essere geo-codificate nel sistema di riferimento UTM 32-33 WGS84.

Su ciascuna immagine sono state effettuate, quindi, delle analisi fotointepretative al fine di delimitare gli incendi avvenuti, nell'anno di acquisizione dell'immagine, all'interno delle superfici boschive. Tali analisi sono state supportate dall'utilizzo delle schede AIB (Anti Incendio Boschivo) in formato *database* e dal dato *Corine land-cover* in formato vettoriale. Per ciascun anno preso in considerazione sono state

¹ Indice di boscosità = (superficie boscata/superficie provinciale)100; Indice di area percorsa = (superficie totale percorsa/superficie provinciale)100; Indice di incidenza = (superficie boscata percorsa/superficie boscata provinciale)100; Indice di gravità = 1.5 (Indice di incidenza + Indice di area percorsa)/2.

selezionate le aree incendiate ricadenti all'interno delle classi *Corine*: 311 (foreste di latifoglie), 312 (foreste di conifere), 313 (foreste miste) e 323 (vegetazione a sclerofille). Ad ogni area incendiata è stata, in seguito, attribuita una classe di priorità (*High, Medium, Low Priority*) seguendo i criteri riportati in Tab.1. Tale suddivisione si è resa necessaria per ottimizzare al meglio le fasi di monitoraggio da satellite e di controllo sul territorio e per dare risalto a situazioni di criticità ambientale quali, ad esempio, aree incendiate ricadenti all'interno di Siti di Interesse Comunitario (SIC - Natura 2000) o nell'ambito di territori ad alto rischio idrogeologico. Una volta distinte in classi di priorità, le aree incendiate (convertite in formato *raster*, con cella 10m) sono state combinate con il dato *NDVI* (ricampionato a 10m) calcolato sull'immagine Landsat TM/ETM relativa all'anno dell'incendio e ai due anni successivi (Fig.2). Il *dataset* risultante è stato poi implementato nella procedura di calcolo dei cambiamenti che prevede una differenza *pixel per pixel* delle immagini *NDVI* ed una successiva segmentazione/classificazione delle aree bruciate in tre classi principali di cambiamento:

Classe 0: nessun cambiamento di uso del suolo (*no-change*);

Classe 1: perdita di vegetazione a seguito di mobilitazione del terreno (*loss of vegetation*);

Classe 2: rinaturalizzazione/rinnovazione post-incendio (*gain of vegetation*).

La scelta di due anni per l'analisi dei cambiamenti nelle aree boschive incendiate è dipesa dalla considerazione che, nella maggior parte dei casi, tali cambiamenti avvengono nei primi anni successivi all'incendio. Questo periodo di tempo può essere considerato critico per il monitoraggio dei cambiamenti sia naturali (rinnovazione post-incendio) sia antropici (riforestazione, mobilitazione del terreno per varie finalità) delle aree incendiate.

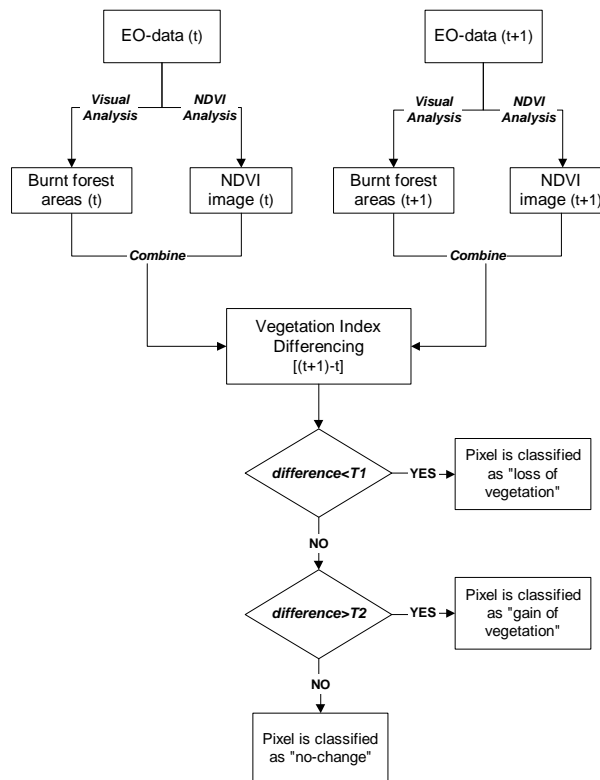


Figura 2 – Diagramma della procedura di calcolo utilizzata per il detection dei cambiamenti d'uso del suolo nelle aree bruciate (t =anno dell'incendio; $T1 = \mu - 1,5 s$; $T2 = \mu + 1,5 s$). Uno schema analogo si applica anche all'immagine acquisita nel secondo anno successivo all'incendio, e può essere esteso all'intero periodo temporale previsto dalla legge 323/2000.

<i>Superficie > 3ha</i>	<i>Siti Natura 2000</i>	<i>Aree a rischio idrogeologico</i>	<i>Classe di Priorità</i>
Yes	Yes	Yes	H
No	Yes	Yes	H
Yes	Yes	No	H
Yes	No	Yes	H
Yes	No	No	M
No	Yes	No	M
No	No	Yes	M
No	No	No	L

Tabella 1 – Criteri di classificazione delle aree bruciate in classi di priorità.
(H=High, M=Medium, L=Low)

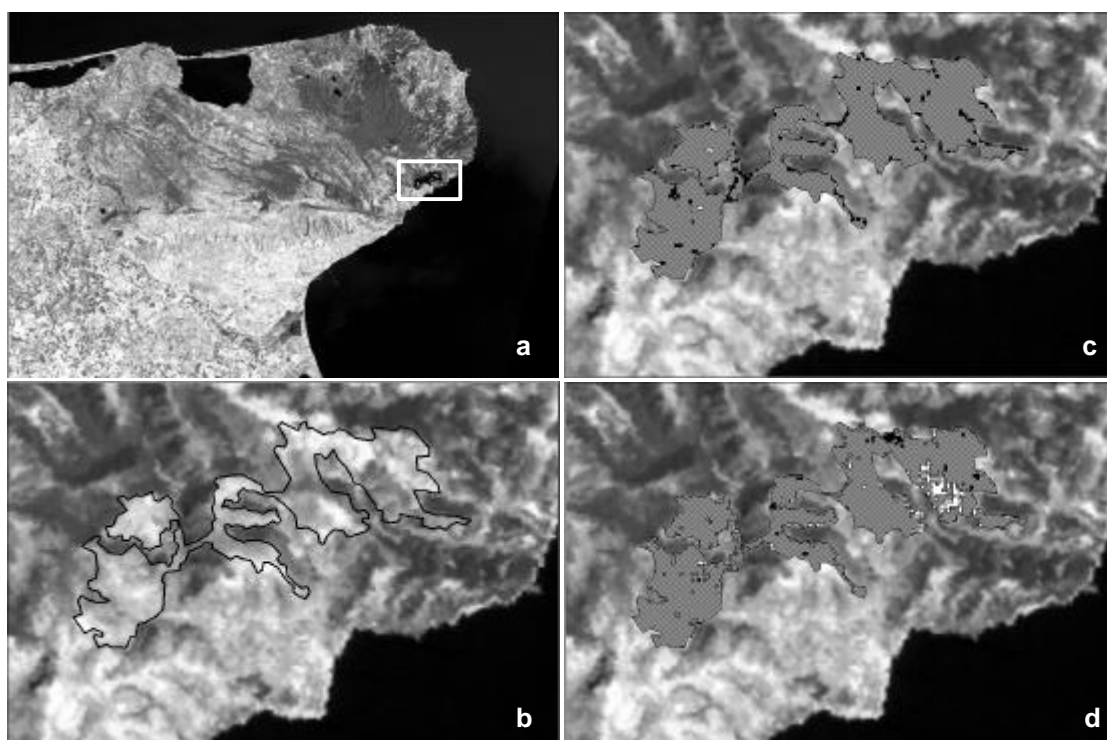


Figura 3 – a) Analisi dei cambiamenti d'uso del suolo in un'area boschiva posta lungo il margine Sud-Est del Parco Nazionale del Gargano (Puglia Settentrionale); b) Delimitazione dell'area incendiata (incendio del 02/07/1998) mediante fotointerpretazione a video di una immagine Landsat TM del 20/07/1998; c) Analisi dei cambiamenti un anno dopo l'incendio; d) Analisi dei cambiamenti due anni dopo l'incendio (Legenda dei cambiamenti: Grigio = Classe 0; Nero=Classe 1; Bianco= Classe 2).

4 Conclusioni

I risultati ottenuti dallo sviluppo del servizio pilota dimostrano una buona capacità del sistema, e delle procedure di calcolo in esso contenute, di evidenziare i cambiamenti avvenuti nelle aree boschive percorse da incendi.

Il servizio BALU può, dunque, essere ritenuto idoneo come strumento di supporto delle autorità locali e degli organismi interessati all'applicazione della legge quadro; tra questi figurano, ad esempio, le Amministrazioni Regionali responsabili dell'ambiente e della pianificazione del territorio, gli Enti Provinciali e Comunali, i servizi forestali e gli enti gestori di zone protette. A questi organismi il servizio può offrire un sistema di monitoraggio annuale del territorio basato sull'impiego sistematico di dati di EO e sull'utilizzo di parametri oggettivi di calcolo dei cambiamenti.

Bibliografia

Barbosa P., San-Miguel-Ayanz J., Martinez B., Schmuck G. (2002) "Burnt area mapping in southern Europe using IRS-WiFS", in Viegas X. (ed.) *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety*, Millpress, Rotterdam.

Barbosa P.M., Caetano M.R., Santos T.G. (2000) "Detection of changes in forest landcover type after fires in Portugal". 19th ISPRS Congress and Exhibition Amsterdam, 16- 23 Luglio 2000.

Laforteza R., Iasillo D., Lovreglio R. (2003), "Multitemporal assessment of land-cover transitions in burnt forest areas using Landsat TM/ETM images", International Workshop Multi-temp 2003, Ispra (Va) 16-18 Luglio 2003, atti del convegno (in corso di stampa).

Santos T.G., Caetano M.R., Barbosa P.M., Paúl J.U. (1999) "A comparative study of vegetation indices to assess land cover change after forest fires". *Remote Sensing for Earth Science, Ocean, and Sea Ice Applications*, G. Cecchi, E. T. Engman, E. Zilioli, Eds, Atti Convegno SPIE, pagg. 232-240.

Planetek Italia s.r.l.

Via Massaua, 12 - 70123 Bari

tel. +39 080 5343750

fax +39 080 5340280

web: www.planetek.it

e-mail: info@planetek.it