

CAPITOLO 2

Il Catasto delle aree percorse dal fuoco

Carlo Ricotta - *Università di Roma La Sapienza – documento redatto per il piano AIB 2006 del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano*

Considerazioni generali

La normativa vigente in materia di incendi boschivi prevede l'istituzione da parte degli Enti Locali di una cartografia di tutte le aree percorse dal fuoco che consenta di vincolare le particelle catastali del tutto o in parte interessate dal fenomeno fino al completo ripristino della vegetazione preesistente al passaggio del fuoco. Le linee guida in materia di incendi boschivi prevedono la mappatura annuale delle aree percorse dal fuoco utilizzando le informazioni già raccolte dalle unità forestali ed arricchendole di indicazioni di georeferenziazione in ambiente GIS. Questa attività di verifica deve determinare un "apposito catasto" di censimento ufficiale che poi dovrà essere "aggiornato annualmente".

L'accuratezza della georeferenziazione delle superfici bruciate è un requisito fondamentale soprattutto se si considera che essa risulterà vincolante per i fondi privati e pubblici che saranno interessati dalla perimetrazione della superficie bruciata. In molti casi, sia in ambito operativo che in ambienti scientifici, si è proposto l'impiego dei dati telerilevati, ed in particolare dei dati satellitari a piccola e media risoluzione, come strumento adeguato per effettuare le operazioni cartografiche richieste in maniera accurata ed esauriente. Infatti, i dati satellitari, con la loro visione sinottica abbinata ad una frequenza delle riprese piuttosto elevata costituiscono in molti casi uno strumento adeguato per la costituzione e l'aggiornamento di banche dati territoriali di diversa natura.

Tuttavia, di fatto, il requisito di poter vincolare la destinazione d'uso di tutte le particelle catastali soggette al passaggio del fuoco, impone alla cartografia delle aree incendiate (comunemente detta "catasto degli incendi") numerose specifiche sia nelle modalità di ripresa che di accuratezza cartografica, che mal si accordano con i requisiti tecnici propri dei dati telerilevati.

Si è ritenuto opportuno approfondire la problematica del rilevamento cartografico delle superfici bruciate per valutare le reali possibilità applicative del telerilevamento da satellite e del rilievo di campo mediante GPS nella redazione di un catasto delle aree incendiate.

Analisi critica dell'uso dei dati telerilevati

Confronto tra banche dati del Parco (immagini telerilevate e schede AIB/FN)

I dati sugli incendi disponibili nel SIT del Parco (cfr. All. 1), in particolare i dati Telespazio e il database delle schede forestali AIB/FN, sono stati posti a confronto al fine di evidenziarne i rispettivi limiti e potenzialità ed anche la possibilità di un loro uso integrato. Si precisa che i dati di Telespazio si riferiscono a superfici bruciate annualmente comprendenti anche più eventi di incendio mentre le schede AIB registrano i singoli eventi occorsi sul territorio.

Nella banca dati fornita da Telespazio, la fotointerpretazione delle immagini satellitari di tipo LANDSAT (sensori MSS e TM) ha permesso di ricostruire i perimetri delle aree incendiate annualmente dal 1982 al 2001 su tutto il territorio del parco (aree contigue escluse). La superficie minima rilevata e dichiarata è di 3 ha per le aree aperte ed anche inferiore ai 3 ha nelle aree boscate.

I poligoni incendiati derivati dalla fotointerpretazione a video, sono stati sottoposti a verifica con la banca dati del CTA e quella prodotta dall'Università di Napoli sulla base di tutti gli incendi registrati presso i comandi stazione forestali.

Da tale confronto è emerso che solo il 21% degli incendi registrati con le schede AIB/FN coincidono con le aree bruciate di Telespazio. In generale, l'evidente differenziazione sulla quantità e sulla distribuzione dei punti fuoco rilevabile dall'uso congiunto di questi due strumenti può essere spiegata tenendo conto dei seguenti fattori:

- incendi appartenenti ad aree esterne a quelle coperte da Telespazio (aree contigue al parco);
- incendi con superficie inferiore ai 2-3 ha;
- incendi che dovrebbero appartenere ad una delle aree Telespazio contigue ma la cui coordinata lo colloca vicino e non al suo interno;
- incendi di dimensioni leggibili dalle immagini satellitari ma capitati in un periodo di tempo lontanodalla data dell'immagine o per immagini poco nitide.

Per quanto riguarda il primo fattore, l'esclusione delle aree contigue da questo tipo di elaborazioni, limita il lavoro di zonizzazione attuale per il rischio di incendio che può, invece, essere molto elevato in aree esterne al territorio protetto.

Relativamente alla dimensione dell'area incendiata, l'uso di immagini satellitari per l'individuazione di piccole superfici è molto difficile e quindi non riesce a restituire l'effettiva distribuzione e consistenza degli incendi negli ambiti come quello cilentano dove il maggior numero di incendi investe superfici comprese tra 1000 mq e 5 ha.

Per quanto riguarda la corrispondenza tra le coordinate UTM degli incendi ricadenti o prossimi alle aree bruciate Telespazio, essa si è rilevata buona in alcuni casi, mentre in altri si è notato che nell'area bruciata telerilevata mancava la registrazione anche di incendi di dimensioni adatte alla fotointerpretazione. Inoltre la forma e l'estensione di ciascuna area incendiata è originata dalla compresenza di aree bruciate (relative quindi anche a più incendi) ed aree prossime a quelle bruciate che però non sono state investite dal fuoco.

In generale, la combinazione delle diverse bande spettrali tende a sovrastimare la superficie realmente incendiata non permettendo di discriminare bene sia aree bruciate in tempi diversi che aree contigue non toccate dal fuoco. Dalla doppia verifica dei due database (CTA e Università) per gli anni 1997-1999 e le shape Telespazio, si è evidenziata l'assenza di alcuni incendi di grossa dimensione. Ciò per mancanza di immagini prossime ad alcuni di questi eventi o, al contrario perché le immagini disponibili erano state riprese con sensore MSS o con sensore TM ma poco nitide per la presenza di nuvole.

Un esempio è rappresentato dall'incendio del 02/08/1997 in comune di Montecorice (loc. AIB Case del Conte-Ripe Rosse-Rosaine), in cui sono bruciati 72 ha di pineta a *Pinus halepensis* e 20 ha di coltivi in stato di abbandono. Questo incendio non è stato rilevato dalla fotointerpretazione satellitare nonostante si disponga di un'immagine prossima a quell'evento (5 ottobre 1997 – sensore TM).

In conclusione, sebbene le due banche dati mostrino entrambe a scala territoriale una maggiore concentrazione degli incendi lungo la costa, con l'uso delle sole immagini satellitari si tende a sottostimare la situazione reale soprattutto nelle aree più interne del Parco rischiando, in fase di zonizzazione, di non tener conto di ambiti forestali a rischio.

Satelliti a media risoluzione spaziale

Per quanto riguarda i satelliti a media risoluzione, quali Landsat e Spot, i problemi sono molteplici e rendono del tutto sconsigliabile il loro eventuale impiego per la redazione di un catasto incendi:

Risoluzione spaziale

Come è noto, i satelliti Landsat sono caratterizzati da una risoluzione spaziale di 30 m per tutte le bande multispettrali tranne l'infrarosso termico, la cui risoluzione è di 120 m nel Landsat 5 e di 60 m nel Landsat 7. Alle bande multispettrali il Landsat 7 affianca una banda pancromatica con risoluzione pari a 15 m.

Per quanto riguarda i satelliti Spot, il più recente Spot 5 è dotato di tre bande multispettrali con una risoluzione di 10 m, una banda sempre multispettrale con risoluzione 20 m ed un pancroma-

tico con risoluzione che raggiunge i 2,5 m, pur essendo la “location accuracy” delle immagini pancromatiche Spot sempre dell’ordine di alcune decine di metri (fonte www.spotimage.fr).

Quindi, anche nel caso più ottimistico di un impiego routinario di dati panfusi (cioè ottenuti dalla fusione delle bande multispettrali e pancromatiche), la risoluzione spaziale delle immagini Landsat e Spot resta comunque dell’ordine di alcuni metri, rendendo praticamente impossibile una georeferenziazione delle immagini satellitari sufficientemente accurata da poter essere incrociata con le carte catastali. Infatti, la scala delle carte catastali è dell’ordine di 1:2.000 ed ammette quindi un errore di posizionamento di pochi decimetri a fronte dei metri delle immagini satellitari Landsat e Spot. Si noti inoltre che, per quanto riguarda i satelliti Landsat, il Landsat 7 è stato, sembra definitivamente, spento. Resta, quindi, in orbita solo il precedente Landsat 5, privo di banda pancromatica e con una qualità spettrale nettamente inferiore al Landsat 7, sia perché dotato di una tecnologia meno sofisticata, che per il progressivo degrado dei sensori.

Per quanto riguarda l’effetto della risoluzione spaziale in relazione alle dimensioni degli incendi da rilevare, i problemi sono, se possibile, ancora maggiori. Infatti, fatti salvi gli errori di classificazione dovuti a tutti quei fattori di disturbo la cui risposta spettrale appare simile a quella degli incendi (versanti in ombra, acque interne, suoli inondati, nuvole, ecc.), l’accuratezza spaziale registrata per gli incendi di maggiori dimensioni risulta mediamente più elevata di quella relativa agli incendi più piccoli. Ciò accade in quanto i casi di pixel misti, solo marginalmente interessati dal passaggio del fuoco, tendono proporzionalmente a ridursi all’aumentare della superficie incendiata. Il problema è evidente sia per quanto riguarda una eventuale fotointerpretazione a video delle immagini satellitari sia in fase di estrazione automatica delle aree percorse dal fuoco. Da questa osservazione ne consegue la presenza di una dimensione limite per gli incendi (valutabile in alcune decine di pixel) al disotto della quale le immagini satellitari non sono in grado di fornire risultati soddisfacenti.

Tenuto conto che la dimensione media degli incendi mediterranei è di pochi ettari, si può ritenere che “l’effetto margine” (cioè le incertezze nella classificazione dei pixel di bordo) sia sempre piuttosto intenso.

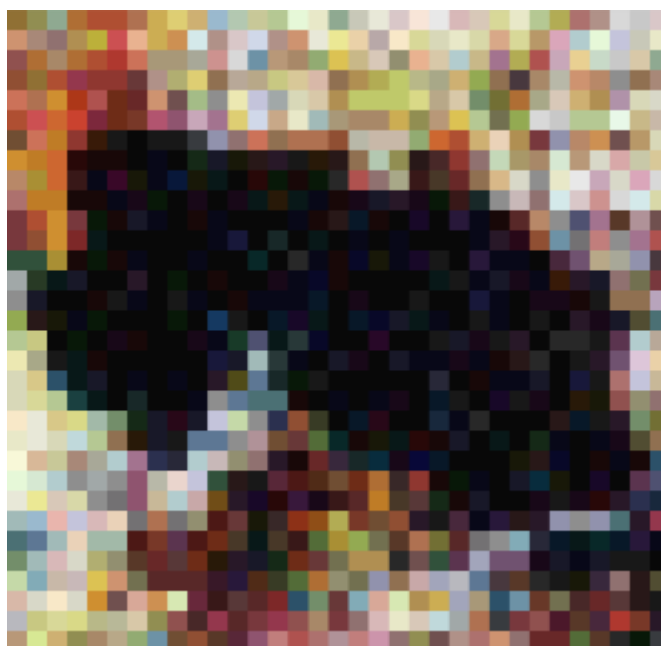


Fig. 1: Effetto margine di immagini Landsat TM5

La figura qui riportata si riferisce ad un'immagine Landsat TM 5 ad elevatissimo ingrandimento di un incendio in prateria (composizione di bande RGB – TM 453). Si noti l'effetto margine nell'individuazione dei pixel percorsi dal fuoco, presente specialmente nella porzione inferiore dell'immagine.

Per esemplificare questo problema, si è fatto ricorso a due banche dati, entrambe riferite al Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano. La prima comprendente 1291 incendi registrati nell'intervallo temporale 1975- 1999 nei comuni a clima prevalentemente termomediterraneo di Agropoli, Laureana, Lustra, Montecorice, Ogliastro, Omignano, Perdifumo, Pollica, Prignano, Rutino, S. Mauro, Serramezzana, Sessa, Stella e Torchiara. La seconda banca dati comprende 215 incendi avvenuti nel periodo 1980-2002 nei comuni dei Monti Alburni, a clima prevalentemente temperato, di Corleto Monforte, Ottati e S. Angelo a Fasanella.

I risultati del confronto tra gli eventi verificatisi nei comuni a clima termomediterraneo con quelli delle zone a clima più spiccatamente temperato sono riportati nel grafico di seguito allegato che mostra il numero di incendi (espressi come valore percentuale) di dimensioni inferiori o uguali ad un dato valore soglia in funzione dello stesso valore soglia.

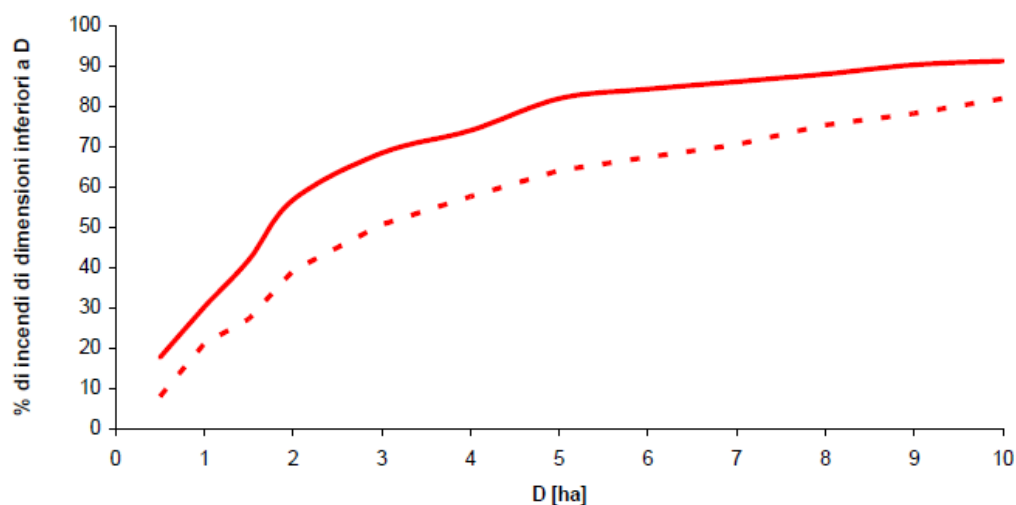


Fig. 2: Confronto della frequenza di incendio tra comuni a clima termomediterraneo o temperato.

Il grafico della fig. 34 descrive l'andamento del numero di incendi (espresso come valore percentuale) nei comuni a clima termomediterraneo (linea tratteggiata) o temperato (linea continua).

Esso mostra come, volendo stabilire una soglia minima di un ettaro al disotto della quale la cartografia satellitare degli incendi risulti impraticabile, semplicemente per problemi di effetto margine (fatti salvi tutti i problemi di effettivo posizionamento catastale delle superfici percorse dal fuoco ampiamente discusse nei paragrafi precedenti), il 21% degli incendi realmente avvenuti ricada al disotto di questa soglia. Volendo poi aumentare questa soglia a due ettari, la percentuale di incendi non cartografabili sale repentinamente al 39% del totale. Tale fenomeno è ancora più incisivo nei comuni montani riportati per i quali, stabilita una soglia minima prudenziale pari a due ettari, la percentuale di incendi non cartografabili risulta addirittura del 56%.

Risoluzione temporale

Nel caso specifico della creazione di un catasto degli incendi, la ripetitività delle riprese assume una importanza particolare. Infatti, la risposta spettrale propria degli incendi tende ad attenuarsi con l'asportazione del materiale carbonizzato e con l'avanzare della ricolonizzazione vegetale a scapito della corretta valutazione dell'area realmente percorsa dal fuoco.

Per quanto riguarda la risoluzione temporale dei satelliti a media risoluzione, il Landsat, grazie al maggior campo visivo, pari a 185 km, è caratterizzato da una risoluzione temporale di 16 giorni, a fronte dello Spot, che ha un campo visivo di "soli" 60 km (limitando notevolmente la porzione di territorio contenuta in una singola immagine) ed una risoluzione temporale di 26 giorni.

Seppure caratterizzati da una risoluzione spaziale meno scadente dei satelliti Landsat, la limitata risoluzione temporale dei satelliti Spot male si concilia con l'esigenza di ottenere un numero di

immagini sufficientemente elevato da poter individuare tutti (o anche solo gran parte) degli incendi segnalati dalle squadre di intervento. Infatti, specialmente nella stagione tardo-invernale e primaverile nella quale il numero di incendi segnalati per le regioni mediterranee, ed in particolare per la regione Cilentana, pur non essendo paragonabile al numero di incendi estivi, è comunque non trascurabile, una ripetitività di 26 giorni appare del tutto insufficiente. Bastano infatti pochi giorni con copertura nuvolosa elevata per pregiudicare la reale possibilità di ottenere un'immagine processabile, compromettendo l'individuazione di gran parte degli incendi dalla firma spettrale più "effimera".

Satelliti ad elevata risoluzione spaziale

Accanto ai satelliti tradizionali, quali Landsat o Spot, negli ultimi anni sono stati messi in orbita alcuni satelliti ad elevata o elevatissima risoluzione spaziale. Tra questi Ikonos, caratterizzato da quattro bande multispettrali con risoluzione di 4 m ed una banda pancromatica con 1 m di risoluzione, o Quickbird, la cui risoluzione è pari a 2,4 m nel multispettrale e 0,6 m nel pancromatico. Questo ultimo satellite è inoltre dotato di una risoluzione spettrale di qualità nettamente superiore ai precedenti, rendendo il prodotto per risoluzione spettrale e spaziale paragonabile (se non superiore) alle tradizionali riprese aerofotografiche.

Le immagini satellitari ad alta risoluzione, una volta georiferite con la necessaria accuratezza, potrebbero in principio essere sovrapposte ad una cartografia catastale digitale per dar vita ad un catasto degli incendi con le necessarie caratteristiche di accuratezza cartografica. Tuttavia l'impiego dei satelliti ad alta risoluzione per la cartografia delle aree incendiate presenta alcune notevoli controindicazioni, specialmente di carattere economico ma anche di tipo tecnico.

Data l'elevata risoluzione spaziale, la georeferenziazione delle immagini richiede l'impiego di tecniche particolarmente sofisticate e, oltre ad un modello digitale del terreno (DTM) ad elevatissima risoluzione, necessita della conoscenza dei parametri orbitali del satellite.

A parte i costi, il principale svantaggio legato all'impiego di immagini ad alta risoluzione, consiste nelle modalità di fornitura delle immagini stesse. In primo luogo, data l'enorme mole di dati tele-rilevati dai satelliti ad alta risoluzione (come termine di riferimento, si pensi che la superficie coperta da un pixel Landsat multispettrale corrisponde a 900 pixel Ikonos pancromatici), le immagini ad alta risoluzione coprono porzioni di territorio molto più ridotte rispetto alle immagini a media risoluzione. Di conseguenza per poter coprire regioni estese, come ad esempio il territorio del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, è necessario acquistare, ortorettificare e mosaicare tra loro un cospicuo numero di immagini.

Inoltre, come già detto, per la creazione di un catasto degli incendi, la ripetitività delle riprese assume una importanza particolare. Di conseguenza, la risoluzione temporale del satellite dovrebbe essere tale da garantire la copertura del maggior numero possibile di incendi, compresi quelli di minori dimensioni caratterizzati da una firma spettrale più effimera.

Tuttavia, sempre a causa dell'elevata mole di dati necessari a coprire limitate porzioni di territorio, i satelliti ad alta risoluzione non riprendono il territorio in continuo come avviene per i satelliti a media risoluzione, ma vengono "accesi" e puntati sull'area da rilevare solo "su richiesta". Questo tipo di fornitura delle immagini prevede quindi che, a meno di avere in archivio delle immagini recenti dell'area di interesse a seguito di un precedente ordine di altri clienti interessati alla stessa regione, le immagini vengano fornite entro un arco di tempo variabile che dipende sia dal tempo necessario al satellite per passare sull'area richiesta, sia dalle condizioni meteorologiche e di visibilità al momento del passaggio del satellite. Tuttavia, oltre a queste due prime condizioni, che sono proprie di tutti i sistemi di ripresa satellitari e che accomunano le piattaforme ad alta risoluzione ai satelliti a media risoluzione, un altro importante vincolo rispetto ai tempi di fornitura delle immagini su richiesta è imposto dal tempo di attesa dovuto al numero di ordini in coda. Questi tempi di attesa sono assai variabili e possono raggiungere anche alcune settimane nel caso di grandi ordini da parte di soggetti "istituzionali" che monopolizzino le riprese per il monitoraggio di eventi ad elevata priorità (es. monitoraggio di alluvioni o terremoti, o in caso di eventi bellici). Questa mancanza di certezza nei tempi di fornitura delle immagini telerilevate può ripercuotersi negativamente in fase di progettazione dei tempi di acquisizione ottimali o sub-ottimali per la realizzazione di un catasto degli incendi. Nella fig. 3, di seguito allegata, vengono messe a confronto una ripresa Landsat TM5 (RGB – TM 453) ed una Ikonos (dati panfusi pancromatico – multispettrale) dell'incendio di Castelfusano (Roma) del 4/7/2000. La superficie dell'area percorsa dal fuoco è pari a circa 260 ha.

Valutazione dei costi

Il servizio di ortorettificazione su DTM delle immagini Quickbird è offerto dal distributore italiano ad un prezzo aggiuntivo di circa 12 Euro a km² (IVA esclusa, fonte Eurimage, prezzi primavera 2003). Il prezzo non contempla ovviamente la fornitura da parte del cliente del DTM e l'acquisto delle immagini il cui prezzo si attesta sui 30 \$ a km² (a differenza dei costi di procesamiento, espressi in Euro in quanto il servizio è effettuato in Italia, il prezzo di acquisto delle immagini è espresso in US\$, in quanto la compagnia che commercializza il satellite ha sede negli Stati Uniti. Volendo tradurre queste cifre in un esempio pratico, l'acquisizione di un fotomosaico Quickbird ortorettificato del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano avrebbe un prezzo di

circa 64.000 Euro. Il prezzo non comprende ovviamente il costo del DTM necessario per l'ortorettificazione delle immagini satellitari. Considerando che per dare vita ad un catasto incendi affidabile sono necessari almeno due riprese satellitari all'anno (ma la stima è estremamente ottimistica), la cifra da considerare risulterebbe largamente superiore all'intera dotazione di bilancio dell'Ente Parco assegnata alla lotta antincendio.

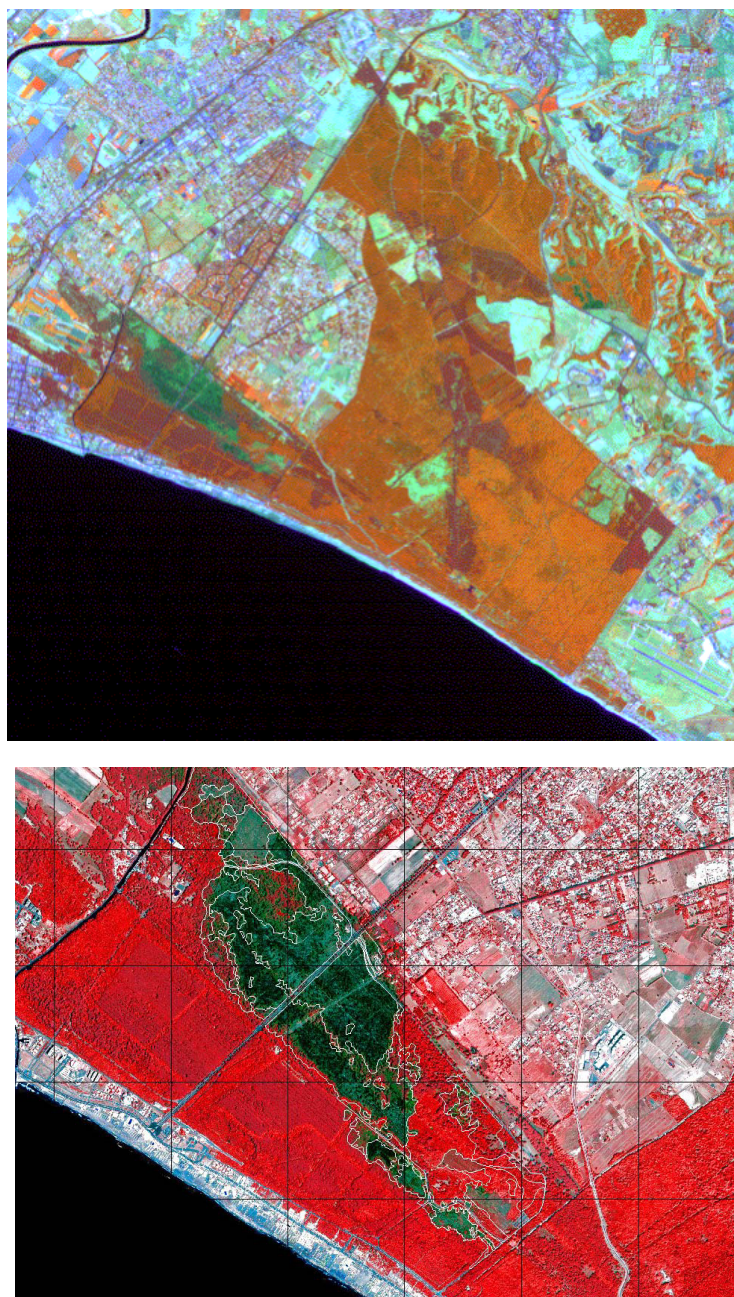


Fig. 3: Confronto tra immagini satellitari a diversa risoluzione

Perimetrazione delle superfici bruciate mediante GPS

Metodologia

L'uso di immagini satellitari nell'individuazione delle superfici percorse dal fuoco è stato ampiamente trattato nella bibliografia internazionale. Tuttavia essa presenta una serie di limitazioni nella cartografia a grande scala soprattutto in ambienti frammentati ed eterogenei tipici dell'Italia e più in generale del bacino del Mediterraneo. Tale tecnica è certamente idonea per cartografare ampie superfici bruciate ma presenta errori di accuratezza con il diminuire della superficie bruciata; inoltre nel caso di incendi che non abbiano interessato le chiome (incendi radenti) risulta difficile evidenziare le aree bruciate in immagini che abbiano una risoluzione inferiore ad un metro. Altresì i costi per l'utilizzazione delle immagini satellitari e delle ortofoto possono risultare proibitivi in quanto, a differenza del monitoraggio di discariche e siti minerari, nel caso degli incendi occorre un'acquisizione ripetuta nel tempo e per vaste aree di territorio.

L'uso dei Sistemi di Posizionamento Globale (GPS) presenta, invece, una serie di vantaggi. Essi rappresentano una tecnologia che fin dalla sua comparsa è stata sempre caratterizzata da un elevato grado di accuratezza. I GPS, infatti, sono stati utilizzati primariamente per scopi militari al fine di conoscere con precisione l'ubicazione di obiettivi militari o per la determinazione della posizione di navi ed aerei in missione e/o in avaria. Successivamente la loro applicazione fu estesa ad uso civile per la localizzazione di navi ed aerei, costituendo un sistema efficace nel garantire la sicurezza dei trasporti pubblici.

Oggi tale tecnologia è disponibile anche ad uso privato e strumenti GPS sono disponibili a costi molto contenuti, paragonabili a quelli di un normale telefono cellulare.

Per la sua accuratezza i GPS risultano la tecnologia ideale per la realizzazione di un catasto forestale delle aree percorse dal fuoco, sia nella mappatura dei principi di incendio sia nella perimetrazione di ampie superfici bruciate.

Biasini et al. (1996) hanno pubblicato un interessante lavoro volto al miglioramento della raccolta e gestione dei dati dell'Inventario Forestale della Regione Emilia Romagna. Essi hanno verificato le potenzialità dell'uso di GPS differenziali nella perimetrazione di superfici bruciate.

Di seguito viene riportata una sintesi di un possibile protocollo utilizzabile nella perimetrazione di superfici bruciate:

- Inizio missione:
 - Individuazione dell'area e pianificazione dei percorsi
 - Verifica delle attrezzature
- Operazioni di rilievo

- Rilievo con GPS differenziale a piedi

Tale operazione può essere eseguita da due unità operative: una impegnata nel rilevamento ed una da appoggio e guida.

- Elaborazione:

- Trasferimento dei dati dal GPS al computer
- Correzione differenziale dei dati in postprocessing

Alcuni GPS sono in grado di operare una correzione già nella fase di acquisizione del dato (operazione necessaria nelle misure volte a determinare movimenti dei fronti di frana o sollevamenti del suolo in aree vulcaniche), tuttavia nel caso delle superfici bruciate non occorre una correzione immediata e questa può essere effettuata successivamente con un notevole abbattimento dei tempi di raccolta dei dati e nei costi delle strumentazioni.

- Cartografia:

1.I dati rielaborati vengono trasferiti in un Sistema Informativo Geografico per la rappresentazione cartografica.

Questa operazione può richiedere l'applicazione di algoritmi di calcolo per il cambiamento dei sistemi di coordinate, ad esempio nel caso dell'Overlay alle superfici catastali, risulta necessario una conversione dai sistemi WSG84 o ED50 (usati nel GPS) alla proiezione Cassini-Soldner delle particelle catastali.

I risultati riportati da Biasini evidenziano che tale procedura richiede dei tempi ridotti, un'accurata misurazione delle superfici bruciate anche in condizioni di forte pendenza e pongono come limiti quelli dei consueti rilievi a terra.

Attualmente sono disponibili strumenti per la raccolta di informazioni georiferite estremamente semplici, agevoli e soprattutto precisi. L'attuale tecnologia rende possibile l'utilizzo di piccoli computer portatili (pad) in cui è possibile visualizzare cartografia raster e vettoriale direttamente in campo. Tali strumenti possono essere collegati ad un GPS così da visualizzare in tempo reale la propria posizione e quindi verificare la qualità delle operazione che si stanno svolgendo (ad esempio di perimetrazione di una superficie bruciata). L'uso di questi dispositivi non richiede complesse conoscenze tecniche, mentre una preparazione di base è necessaria per l'archiviazione e l'elaborazione presso gli archivi centrali.

- La figura 4 riportata di seguito schematizza le problematiche analizzate in questo capitolo. Nel primo esempio viene raffigurata l'esatta superficie bruciata nell'ambito di alcune particelle catastali e quindi la corretta applicazione dei vincoli alle particelle stesse. Nel secondo caso viene presentato un esempio di superficie bruciata individuata attraverso

un dato telerilevato (es. immagini Landsat o Spot) dove l'errore di perimetrazione può determinare l'applicazione di vincoli a particelle non percorse dal fuoco. Nell'esempio 3 la superficie viene determinata attraverso immagini ad alta risoluzione, tuttavia gli errori nella ortorettificazione possono determinare come prima un'attribuzione di vincolo a particelle catastali non interessate dal fuoco. L'esempio 4 riporta invece la perimetrazione della superficie percorsa dal fuoco attraverso un GPS. In questo ultimo caso la superficie è simile a quella reale e l'attribuzione dei vincoli risulta corretta (cfr. caso 1).

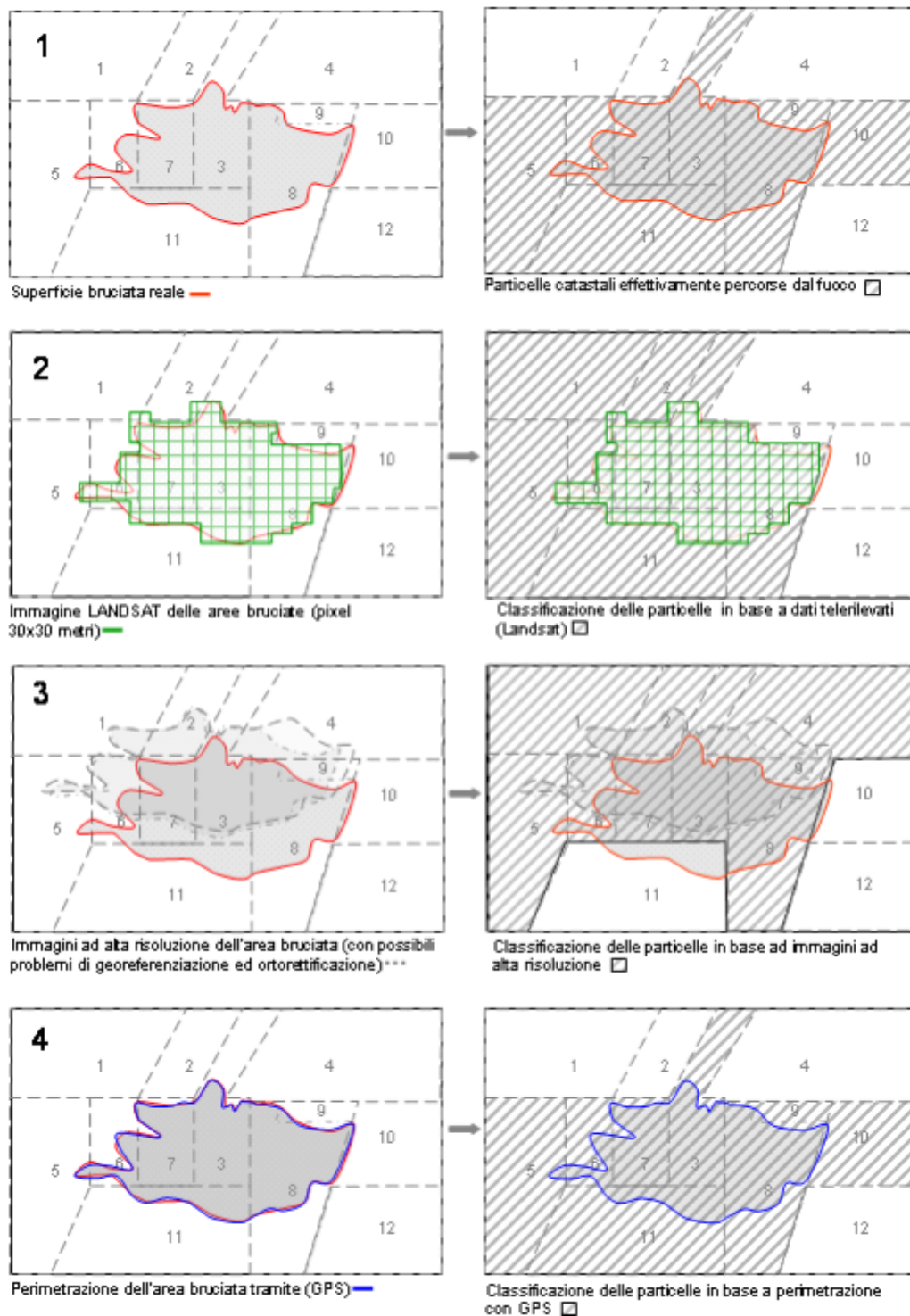


Fig. 4: Confronto tra metodi diversi per la perimetrazione delle aree percorse dal fuoco