

MAPPATURA AREE COLPITE DA INCENDI E DELLA SEVERITA'

NEL PARCO NAZIONALE DEL VESUVIO

Corrado Luini^(a), Daniela Stroppiana^(b), Lupo Albertarelli^(c), Pietro Alessandro Brivio^(d), Davide Ascoli^(e), Enrico Borgogno Mondino^(f)

^(a)CNR IREA, via Bassini 15, 20133, Milano (MI), ^(b)CNR IREA, via Bassini 15, 20133, Milano (MI), ^(c) CNR IREA, via Bassini 15, 20133, Milano (MI) eDipartimento di scienze agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Largo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO), ^(d) CNR IREA, via Bassini 15, 20133, Milano (MI), ^(e) Dipartimento di scienze agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Largo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO), ^(f)Dipartimento di scienze agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino, Largo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO)

Abstract

Negli ultimi anni la gestione delle criticità antecedenti e successive ad un incendio sono divenute cruciali sia da un punto di vista economico che ambientale. In particolare, la sfida verte non solo sulla perimetrazione dell'area bruciata, ma anche sull'identificazione di zone a diversi gradi di severità. A questo proposito il telerilevamento ricopre potenzialmente un ruolo importante, grazie al buon rapporto costi/benefici. È quindi essenziale verificare l'efficacia dei metodi utilizzati per raggiungere tale scopo.

Introduzione

Nel corso dell'estate 2017 l'area del Parco Nazionale del Vesuvio è stata colpita da un incendio di vastissime proporzioni che ha prodotto ingenti danni al patrimonio forestale su tutti i versanti del vulcano. Inoltre, grandi quantità di ceneri derivanti dalla combustione di decine d'ettari di macchia mediterranea sono state disperse nell'ambiente. I rilievi mostrano come il 2017 sia stato un anno fortemente soggetto a fenomeni di incendio, dove Italia e Portogallo sono state le nazioni dell'Unione Europea (UE) più colpite, rispettivamente per numero di eventi e superficie bruciata.

Lo scopo principale dell'attività di ricerca consiste nello studio della risposta di indici spettrali sulla serie temporale di immagini multispettrali Sentinel2 nei confini dell'area del Parco Nazionale del Vesuvio per l'identificazione e la

perimetrazione della “fire severity”. L’analisi è stata condotta per diverse classi di fire severity individuate dai prodotti del servizio EMS Copernicus; per aree campione delle diverse classi di severity e per la classe di non bruciato individuate all’interno del perimetro del parco, è stata condotta un’analisi di separabilità.

Queste analisi sono volte anche alla rimodulazione dell’algoritmo fuzzy di mappatura delle aree bruciate calibrato sui dati Landsat (Stroppiana et al., 2012). L’algoritmo si basa su un approccio di convergenza delle evidenze basato sulla teoria degli insiemi *fuzzy*. In particolare, l’analisi porrà le basi non solo per la rimodulazione delle funzioni di membership per gli indici già utilizzati nell’algoritmo *fuzzy* per i dati S2 ma anche per l’eventuale introduzione di nuovi indici nell’algoritmo.

Dataset

Dati satellitari

Nell’ambito di questa ricerca sono stati utilizzati prevalentemente dati di Osservazione della terra (OT) acquisiti nell’ambito del programma europeo per l’osservazione della Terra Copernicus. In particolare, sono stati acquisiti ed elaborati i dati acquisiti dal sensore multi-spettrale (MSI) Sentinel-2 montato sui satelliti Sentinel-2 A&B. Per il periodo aprile 2017 – luglio 2018. La serie temporale è composta da un totale di 60 immagini multispettrali (13 bande da VIS-NIR a SWIR, con risoluzione spaziale da 10 m a 60m).

La serie temporale S2 è stata processata con il tool Sen2R (Ranghetti and Busetto, 2019) sviluppato in R (<https://github.com/ranghetti/sen2r>, Ottobre 2019). Il tool permette di eseguire download, correzione atmosferica, mascheratura nuvole e calcolo indici spettrali del dato S2. Sono stati calcolati i seguenti indici spettrali: NDSI, NBR, SBL e SCI a partire dal dato multi spettrale S2 e secondo le formule riportate in Figura 1.

Figura 1. Indici spettrali calcolati a partire dalle bande del sensore multi spettrale S2.

Nome	Formula	Riferimento
Normalized Difference Salinity Index	$NDSI = \frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2} [1]$	Al-Khaier, 2003

Normalized Burn Index	$NBR = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2} [2]$	Key and Benson, 1999
Soil Background Line	$SBL = \frac{NIR - 2.4 * RED}{NIR} [3]$	Richardson et al. 1977
Soil Composition Index	$SCI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR} [4]$	Al-Khaier, 2003

NDSI, SBL e SCI sono indici di suolo relativi rispettivamente alla capacità di evidenziare presenza di salinità, suolo nudo e nitrati/ossidi di ferro.

Dati Copernicus

Per gli incendi del Parco Nazionale del Vesuvio del 2017, sono stati utilizzati dati vettoriali forniti dal servizio Copernicus Emergency Management Service (ESMR213: Forest Fire in Southern Italy) sia per la perimetrazione delle aree bruciate che per la stima del loro grado di *severity*. Lo shapefile era classificato su 3 livelli: "Completely Destroyed", "Highly Damaged", "Low/Slightly Damaged", come illustrato in Figura 2.

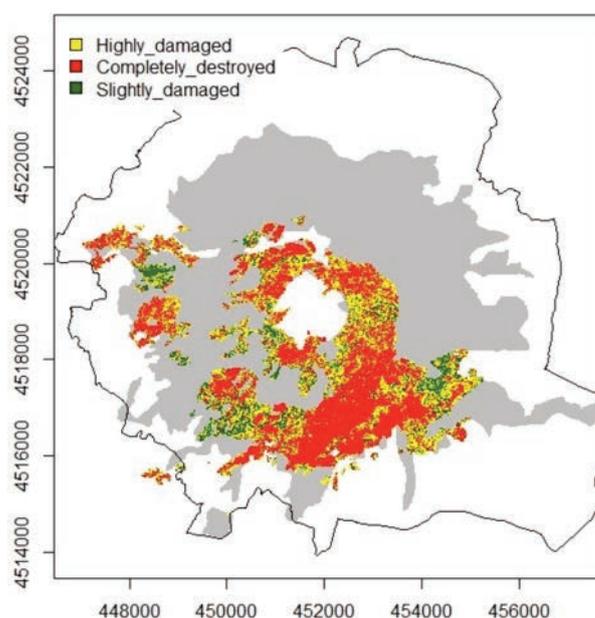


Figura 2. Il prodotto "Fire Damage" di Copernicus per le aree bruciate del Parco Nazionale del Vesuvio.

Mappa dei tipi forestali

La mappa dei tipi forestali del Parco Nazionale del Vesuvio (Cona e Di Pasquale, 2007) rappresenta, in formato ESRI shapefile, le classi di tipo forestale all'interno del parco. Nel file le classi sono aggregate per macro-categorie al fine di semplificare l'estrazione e l'analisi delle risposte degli indici sulla serie temporale di S2.

Metodi

Analisi separabilità indici spettrali

Le classi di severità, fornite dal prodotto Copernicus, sono state utilizzate come categorie per l'analisi della serie temporale di indici spettrali S2. Lo *shapefile* contenente le tre classi di *severity* è stato rielaborato attraverso il software QGIS, filtrando poligoni duplicati e ridondanti, implementando le aree non bruciate del parco e sovrapponendo il *layer* della mappa dei tipi forestali. È stato quindi scritto uno script in linguaggio R al fine di estrarre le informazioni relative agli indici NDSI, SBL e SCI per l'area considerata sulla serie temporale. Per ogni indice spettrale è stata valutata la separabilità per ciascun indice tra le diverse classi di *severity* e la classe "unburned" (*Unburnt, Negligible to slightly damaged, highly damaged e Completely destroyed*) attraverso la metrica di separabilità M (Kaufman et al. 1994):

$$M = \frac{|\frac{\mu_b - \mu_{ub}}{\sigma_b + \sigma_{ub}}|}{\frac{\mu_b - \mu_{ub}}{\sigma_b + \sigma_{ub}}} \quad [5]$$

Dove μ_b e μ_{ub} sono rispettivamente la medie dei valori di bruciato e non bruciato (nelle diverse classi di severità), mentre σ_b e σ_{ub} sono le corrispondenti deviazioni standard. I valori di M superiori a 1, indicano una buona separabilità delle classi. La metrica M permette di quantificare la separabilità tra due classi per volta ed è stata calcolata per ogni data della serie temporale S-2.

A causa della ridondanza delle informazioni dovuta all'elevato numero di tipi forestali, una specifica area di studio è stata individuata a seguito di un sopralluogo nel Parco Nazionale del Vesuvio condotto a novembre 2018. Questa area è di particolare interesse perché si trova su una parte del parco che è stata colpita dagli incendi in modo significativo (altissima severità del fuoco) e successivamente tagliata (~ marzo/aprile 2018). Inoltre essa è caratterizzata da

un'unica tipologia vegetale (e.g. pineta). La successiva analisi ha quindi previsto l'estrazione dei dati relativi agli indici NDSI, SBL e SCI.

Analisi Δ NBR

Al fine di stimare la capacità di NBR di discernere aree bruciate e non, a diverso grado di *severity*, è stato eseguito un confronto tra le classi di severità definite da Copernicus e la severità classificata sulla base di Δ NBR (*preFireNBR* – *postFireNBR*). In riferimento ai valori di Δ NBR, sono state impostate 5 classi di severità sulla base di valori forniti in letteratura (<https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/multispectral-remote-sensing-modis/normalized-burn-index-dnbr/>):

- *Unburned*: da -0.1 a 0.1;
- *Low severity burn*: da 0.1 a 0.27;
- *Moderate-Low severity burn*: da 0.27 a 0.44;
- *Moderate-High severity burn*: da 0.44 a 0.66;
- *High severity burn*: >0.66;

Sono state selezionate quindi cinque coppie di immagini (pre-fire, post-fire), da cui sono state derivate per differenza altrettante immagini relative a Δ NBR:

- Pre-fire NBR: 27 giugno 2017
- Post-fire NBR: 1, 6, 16, 26, 31 Agosto 2017

La successiva vettorializzazione delle immagini ha consentito la sovrapposizione e il confronto delle aree stimate da Copernicus con quelle da Δ NBR.

Risultati

Analisi separabilità

L'andamento nella serie temporale della separabilità degli indici per le diverse classi di severity quantificata dalla metrica di separabilità M. NDSI, SBL e SCI riescono a differenziare bene le aree ad altissima severità (CD) dalle altre (HD, NSD e NB). Si evidenzia tuttavia una flessione delle prestazioni nel discernere aree con severità che spazia da alta a bassa.

Analisi ΔNBR

La Figura 5 mostra i *density* plot relativi alla distribuzione delle aree derivate da ΔNBR in quelle definite da Copernicus per tutte le coppie di date.

Da quanto emerge dall'analisi dei grafici è possibile intuire come l'utilizzo di ΔNBR come metodo per la perimetrazione e individuazione di aree bruciate a diversa severità produca risultati sostanzialmente diversi dall'approccio di Copernicus. In particolare è possibile osservare come i due metodi divergano nella stima in corrispondenza delle classi di *severity* più elevate, mentre sembrano produrre risultati analoghi nelle classi non o poco danneggiate.

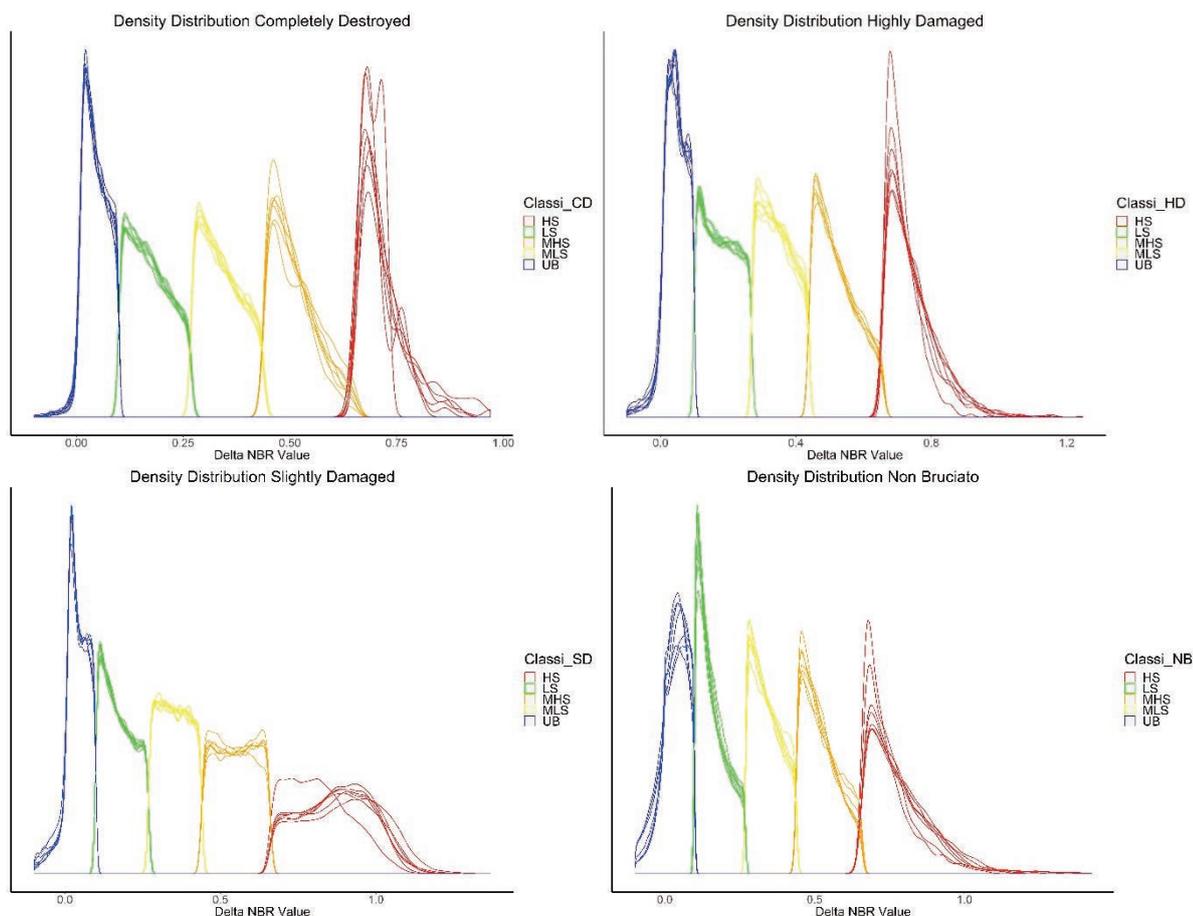


Figura 5. Density plot relativi alla distribuzione delle aree derivate da Δ NBR in quelle derivate da Copernicus per tutte le date.

Conclusioni

Nel lavoro in oggetto sono stati esposti due studi per l'area del Parco Nazionale del Vesuvio riguardanti la capacità per indici di suolo (NDSI, SBL e SCI) di discernere aree a diverso grado di *severity* e il confronto tra la stima delle zone bruciate operata da Copernicus e quella da Δ NBR. I risultati hanno messo in luce come nel primo caso le risposte degli indici non siano in grado di dare una completa e precisa rappresentazione dello stato del sito in esame. L'evidente capacità tuttavia di distinguere con buona precisione le aree soggette ad un elevato grado di *severity* può essere utile nell'ottica di una loro implementazione nell'algoritmo *fuzzy* per la perimetrazione delle aree colpite da incendio (Stroppiana et al., 2012). Inoltre è stata evidenziata la differenza tra l'approccio Δ NBR e Copernicus.

Queste considerazioni suggeriscono quanto siano necessarie in futuro nuove sperimentazioni di questi indici su aree differenti dal Parco Nazionale del Vesuvio, possibilmente su tipi di suolo e vegetazione differenti, al fine di confermare la loro utilità e possibilità di implementazione.

Bibliografia

Kaufman Y.J., Remer L.A.,(1994), *Detection of Forests Using Mid-IR Reflectance: An Application for Aerosol Studies*, IEEE transactions on geoscience and remote sensing, vol. 32, N. 3.

Ranghetti, L. and Busetto, L. (2019). *sen2r: Find, Download and Process Sentinel-2 Data*, R package version 1.1.0.

Stroppiana D., Bordogna G., Carrara P., Boschetti M., Brivio P.A., (2012), *A method for extracting burned areas from Landsat TM/ETM+ images by soft aggregation of multiple spectral indices and a region growing algorithm*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 69, 88-102.