

Valutazione della capacità di rigenerazione di aree incendiate attraverso indici di vegetazione ed analisi variografica.

Flavio LUPIA(*), Gianluigi ROSSI(*), Patrizia MENEGONI(*), Flavio BORFECCHIA(*)

(*) ENEA C.R. Casaccia, Via Anguillarese, 301, flavio.lupia@casaccia.enea.it, gianluigi.rossi@casaccia.enea.it, patrizia.menegoni@casaccia.enea.it, flavio.borfecchia@casaccia.enea.it

Nell'anno 2000 l'area di Monte Coppolo (Basilicata) è stata interessata da un incendio che si è esteso su una superficie di circa 170 ettari. Per valutare la capacità di rigenerazione della biomassa interessata dall'incendio è stata eseguita un'analisi attraverso l'utilizzo di immagini Landsat relative al periodo 2000-2004.

In particolare è stata valutata la variazione degli indici NDVI e GESAVI, nel periodo suddetto, per evidenziarne la diversa sensibilità alla rigenerazione di aree incendiate. Un'ulteriore analisi variografica è stata eseguita sull'indice NDVI per stimare la scala del processo di rigenerazione, individuare eventuali direzioni preferenziali e verificare l'adeguatezza della risoluzione del sensore utilizzato.

Abstract

In this work has been performed an analysis of a burned area: Monte Coppolo, Basilicata (Italy). The ability of biomass regeneration has been assessed by NDVI and GESAVI indexes on multitemporal Landsat TM images (years 2000 and 2004). The analysis shows the different sensibility of two indices on detecting the forest regeneration processes. In addition a variographic analysis has been carried out on NDVI index to find out hypothetical preferential directions, scale of regeneration processes and finally the sensor resolution adequacy.

1. Introduzione

L'utilizzo dei dati telerilevati è ormai da tempo considerata una metodologia economica ed immediata per l'acquisizione di informazioni sinottiche sul territorio e per lo studio evolutivo dei parametri ambientali. Gli indici vegetazionali NDVI (Rouse et al., 1974) e GESAVI (Gilabert et al., 2002) ricavati da immagini a bassa risoluzione (Landsat TM) sono largamente utilizzati in letteratura per la valutazione della biomassa vegetale presente in una data area; in particolare diversi studi hanno evidenziato che l'indice GESAVI ha prestazioni diverse rispetto all'indice NDVI nella valutazione dell'incremento di biomassa in aree percorse da incendi. Nel presente contributo un'area di studio, il Monte Coppolo, interessato da un incendio nell'anno 2000, è stata analizzata per evidenziare le differenti capacità da parte degli indici NDVI e GESAVI nel valutare la rigenerazione post incendio, nell'intervallo temporale compreso tra l'anno 2000 e l'anno 2004; l'attività è stata svolta all'interno del WP 2.4 del Progetto RIADE (Ricerca Integrata per l'Applicazione di tecnologie e processi innovativi per la lotta alla Desertificazione) che prevede la definizione degli indici di vegetazione ai fini della individuazione della dinamica temporale del fenomeno della desertificazione negli ultimi 25 anni.

Successivamente mediante analisi variografica, applicata all'immagine DeltaNDVI (relativa all'intervallo 2000-2004), sono state ricavate informazioni sulle direzioni preferenziali, sulla scala del processo di rigenerazione e sull'adeguatezza della risoluzione del sensore utilizzato.

Quanto dedotto dal presente studio non è sufficiente per interpretare completamente i fenomeni che condizionano i processi rigenerativi dell'area in esame, tuttavia permette di formulare alcune ipotesi sulla natura degli stessi.

2. Acquisizione e *pre-processing* dei dati

Le due immagini utilizzate appartengono alla serie Landsat TM: la prima è relativa al 3 agosto 2000, la seconda al 30 agosto 2004. Tutte le bande del sensore Thematic Mapper (TM) hanno una risoluzione di 30 metri.

Le immagini sono state sottoposte a ortocorrezione, ortorettifica e correzione atmosferica e topografica.

L'ortocorrezione è stata eseguita attraverso il modulo OrthoBase di ERDAS IMAGINE 8.5, con l'ausilio di un DEM interferometrico a 20 metri di risoluzione.

L'ortorettifica (proiezione UTM, sferoide WGS-84) è stata realizzata localizzando dei punti di controllo (*ground control point* o GCP) sulle ortofoto a colori presenti nel sito atlante italiano (www.atlanteitaliano.it).

La correzione atmosferica è uno dei problemi più critici del *pre-processing* delle immagini satellitari; infatti l'atmosfera influenza i dati telerilevati in due modi diversi: attenua la radiazione (fenomeno di assorbimento) e agisce come una sorgente fittizia (fenomeno di diffusione o *scattering*). Il metodo di correzione utilizzato si basa sulla formula di Chavez (1996); il modello di trasferimento radiativo applicato è il DOS (*Dark-Object Subtraction*).

La correzione topografica delle immagini è stata ottenuta con un modulo software sviluppato in ERDAS Imagine 8.5 denominato TOCA (*Topographic Correction Algorithm*), tale procedura è indispensabile per la corretta interpretazione degli indici NDVI e GESAVI.

3. Metodologia

3.1 Analisi mediante indici vegetazionali

Le prestazioni degli indici GESAVI ed NDVI sono state valutate nel periodo temporale compreso tra il 2000 ed il 2004, sull'area di studio localizzata con la carta dei cambiamenti della *Corine Land Cover* 1990-2000. L'area (*Figura 1*) è inserita nel perimetro del Parco Nazionale del Pollino e comprende 1,8 Km² di bosco del Monte Coppolo interessati da un incendio nell'estate del 2000.



Figura 1 – Area di studio

L'incremento medio di biomassa vegetale dell'area, è stato stimato attraverso la media degli indici ed è pari al 29% per il GESAVI e al 27% per l'NDVI (*Figura 2*).

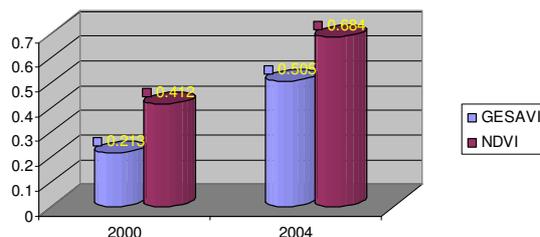


Figura 2 – Valore medio degli indici GESAVI ed NDVI nell'area incendiata.

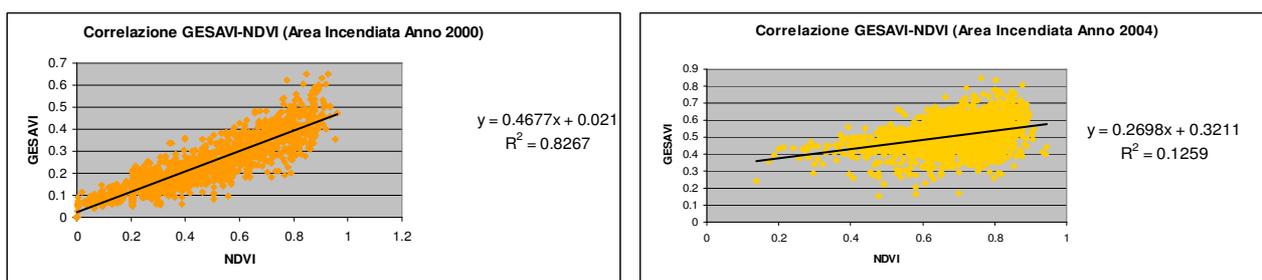


Figura 3 - Correlazione tra l'indice GESAVI e NDVI.

Successivamente si è valutato il grado di correlazione tra gli indici sull'area incendiata che per l'anno 2000 è 0.82 mentre per il 2004 è 0.12 (Figura 3). L'elevato grado di correlazione dell'anno 2000 dimostra che gli indici hanno il medesimo comportamento nei confronti della degenerazione della biomassa vegetale (incendio). Invece il basso valore di correlazione del 2004 suggerisce che la fase di rigenerazione viene riscontrata diversamente dai due indici. Infatti mentre l'NDVI è calcolato semplicemente come rapporto pesato tra bande, l'indice GESAVI, basandosi sulla linea del suolo, valuta il grado di ricrescita in funzione della variabilità spettrale della vegetazione di ogni *pixel*.

Per evidenziare il differente comportamento degli indici l'analisi è stata focalizzata su alcune aree campione equidimensionate, valutando per ognuna i Delta indici (differenza aritmetica tra i valori degli indici del 2000 e del 2004) normalizzati in una scala tra 0 a 1 (valore 0 forte perdita, valore 1 forte rigenerazione).

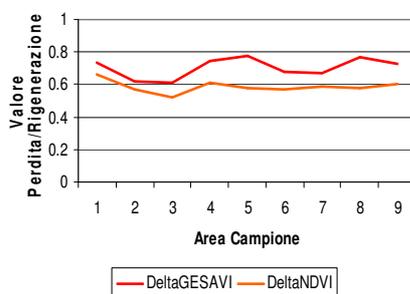


Figura 4 - Andamento dei valori di DeltaGESAVI e DeltaNDVI (perdita/rigenerazione) nelle aree campionate.

Dalla *Figura 4* si evince che sulle nove aree campione, entrambi i Delta indici, hanno rilevato una sostanziale ricrescita della biomassa vegetale ed in particolare i valori di DeltaGesavi sono superiori a quelli di DeltaNDVI indicando quindi una maggiore sensibilità alla rigenerazione.

Un altro risultato di notevole interesse è che il GESAVI, diversamente dall'NDVI, ha rilevato una zona, al centro dell'area del Monte Coppolo, in cui si ha una perdita di biomassa (*Figura 5*). L'osservazione delle immagini Landsat nella combinazione a falsi colori (4,3,2) confermano effettivamente una diminuzione di biomassa. Si può concludere pertanto che l'indice GESAVI, rispetto all'NDVI, ha un grado di sensibilità maggiore nell'individuare la perdita e/o la rigenerazione della biomassa vegetale.



Figura 5 – Immagine DeltaGESAVI e DeltaNDVI (bianco=rigenerazione, nero=perdita)

3.2 Analisi variografica

Per ricavare ulteriori informazioni sui cambiamenti del paesaggio (processi rigenerativi) avvenuti tra il 2000 ed il 2004 è stata effettuata un'analisi variografica per studiare la struttura spaziale dell'immagine DeltaNDVI. In particolare l'immagine DeltaNDVI è stata convertita in una nuvola di punti equispaziati concordemente alla risoluzione del sensore Landsat (30 m) per calcolare la funzione semivariogramma (SV).

Il SV (*Figura 6*) è ormai utilizzato da tempo nell'analisi dei dati telerilevati (Curran 1988, Woodcock et al. 1988a e b) e negli studi ecologici (Robertson 1987, Rossi et al. 1992). Nel presente studio è stata utilizzata la formula seguente per la stima del SV e l'estensione Geostatistical Analyst del software ESRI ArcGis 9.1:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} \{I(x_i) - I(x_i + h)\}^2 \quad [1]$$

con $n(h)$ il numero di coppie di *pixel* separati dalla distanza h (*lag distance*).

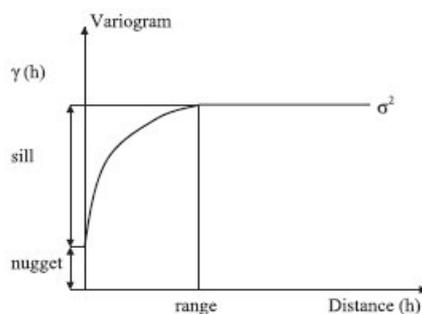


Figura 6 - La funzione semivariogramma ed i parametri relativi

L'analisi variografica è stata effettuata valutando i SV anisotropi per ogni direzione spaziale (0-360°) e focalizzando lo studio sui SV con andamento particolare. Il valore di *lag size* impostato è pari a 1 *pixel* (30 m) ed il numero di *lag* è pari a 30; è stato inoltre controllato che la distanza massima indagata non superasse la metà dell'ampiezza della area di studio.

Il calcolo dei SV è stato preceduto da una valutazione della normalità della distribuzione dei punti e dal controllo sulla presenza di *outlier*.

L'analisi della direzionalità del processo di rigenerazione mostra nello spazio caratteristiche comparabili con quelle della direzione 0° ad eccezione delle direzioni 45° e 320° (Figura 7). In tali direzioni si nota una forte eterogeneità dovuta all'incremento progressivo della varianza con la distanza; l'eterogeneità riscontrata è legata all'intensificazione del processo di rigenerazione. In tutte le altre direzioni il livello di varianza raggiunto è notevolmente inferiore (l'eterogeneità è bassa e di conseguenza esiste una invarianza della quantità di biomassa).

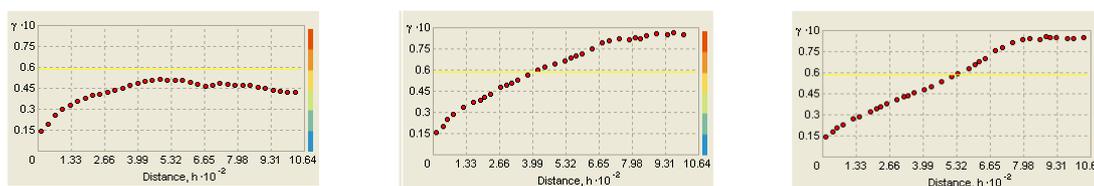


Figura 7 - SV anisotropi calcolati sull'immagine DeltaNDVI (da sinistra: direzione 0°, 45° e 320°).

La quantificazione delle caratteristiche del processo rigenerativo è stata valutata mediante il SV isotropo ed in particolare attraverso i valori di *range* e di *sella* ricavati dall'interpolazione del SV sperimentale con un modello sferico. I SV anisotropi non sono stati interpolati in quanto la loro funzione è dedicata solo alla individuazione di trend direzionali nei valori di DeltaNDVI.

Il *range* ricavato è pari a 700 m, la *sella* 0.66 ed il *nugget* 0.017. Il valore del *range* ricavato dà indicazioni sulla scala del cambiamento ed in questo caso definisce la dimensione media dei *patch* di bosco in rigenerazione. Il valore del *nugget* dà informazioni sull'adeguatezza del sensore utilizzato nella individuazione dei cambiamenti del territorio, esso è dovuto sia ad errori di misura sia alla varianza di processi che avvengono a scale inferiori a quelle risolubili dal sensore. Con i dati ricavati dal SV isotropo è possibile valutare il *nugget* relativo definito dal rapporto *Nugget/Sella*.

Il valore ottenuto dal rapporto è 0.25, ciò significa che il 25% della varianza spaziale non viene rilevata dal SV, per cui esiste un livello di eterogeneità a scale inferiori a 30 m.

Gli allineamenti preferenziali riscontrati nel processo rigenerativo per essere interpretati devono essere correlati con informazioni aggiuntive deducibili da campagne in situ e da analisi topografiche.

Una prima indagine qualitativa è stata eseguita con il DEM dell'area di studio. Dal DEM interferometrico, ricampionato a 30 m in accordo alla risoluzione del sensore Landsat, sono stati ricavati l'*Aspect* e lo *Slope* dell'aerea (Figura 8). Con i suddetti prodotti è possibile fare le seguenti considerazioni: la direzione 320° coincide con l'orientamento di due versanti paralleli con inclinazione media compresa tra 30 e 45° e con esposizione a NE; la direzione 45° individua alcune strutture topografiche mediamente estese e pianeggianti con orientazione S-SO.

Tuttavia per completare lo studio sui fenomeni alla base del processo rigenerativo occorrerà correlare le informazioni topografiche e variografiche dedotte con dati di carattere climatico (venti predominanti, umidità e precipitazioni) e rilievi in situ; infatti alcune ipotesi sulla orientazione e localizzazione preferenziale del processo rigenerativo possono essere fatte considerando effetti microclimatici e di ritenzione idrica dei suoli

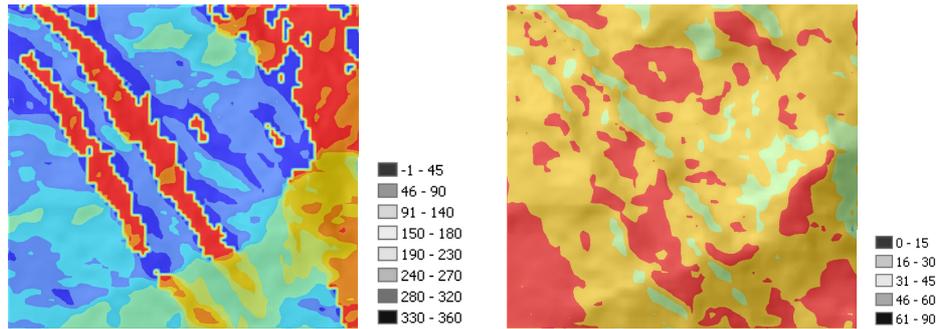


Figura 8 – Aspect e Slope ottenuti dall'elaborazione del DEM (cell size 30 m) dell'area di studio, i valori riportati sono in gradi.

4. Conclusioni

L'analisi effettuata ha permesso di evidenziare l'esistenza di una differente sensibilità dell'indice GESAVI, rispetto all'indice NDVI, nella valutazione del processo rigenerativo di aree percorse da incendi.

L'elaborazione geostatistica dell'indice NDVI ha inoltre fornito informazioni aggiuntive ed interessanti per la caratterizzazione dei processi rigenerativi. Tuttavia, con i dati a disposizione, non è possibile effettuare uno studio esaustivo dei fenomeni che condizionano il processo di rigenerazione, sarà pertanto necessario acquisire ulteriori informazioni da correlare con quanto dedotto finora.

5. Bibliografia

- Chavez P.S. Jr., "Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62(9): 1025-1036, 1996.
- Curran P.J. (1988), "The semivariogram in Remote Sensing: an introduction", *Remote Sens. Environ.*, 24: 493-507.
- Gilabert M.A., González J.-Piqueras, García F.J.-Haro, Melià J. (2002), "A generalized soil adjustment vegetation index", *Remote Sensing of Environment*, 82 303-310
- Martínez B., Melià J., San-Miguel J.-Ayanz, Barbosa P.(2002), "An optimized burned area detection method based on the Gesavi", *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety*, Viegas (ed.) 82 303-310
- Robertson G.P. (1987), "Geostatistics in ecology: interpolating with known variance", *Ecology*, 68: 744-748.
- Rondeaux, G., Steven M., and Baret, F.(1996), "Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices", *Remote Sensing of the Environment*, 55, 95-107
- Rossi, R.E., D.J. Mulla, A.G. Journel and E.H. Franz (1992), "Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence", *Ecol. Monog.*, 62: 277-314.
- Rouse J.W., Haas R.H., Shell J.A., Deering D.W., Harlan J.C., (1974), "Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation", *Final Report, Type III, NASA/GSFC, Greenbelt, MD*, 371 pp.
- Smith J. A., Lin, T. L. and Ranson, K. J.(1980), "The Lambertian Assumption and Landsat Data", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46(9), pp. 1183-1189
- Woodcock, C.E., A.H. Strahler and D.L.B. Jupp. (1988a), "The use of variograms in Remote Sensing: I. Scene models and simulated images", *Remote Sens. Environ.*, 25: 323-348.
- Woodcock, C.E., A.H. Strahler and D.L.B. Jupp. (1988b), "The use of variograms in Remote Sensing: II. Real digital images", *Remote Sens. Environ.*, 25: 349-379.