

Integrazione di dati telerilevati per il monitoraggio della vegetazione forestale in Regione Liguria

A.De Felici, G. Rocca*; M.A.. Gomasasca**; R.Barichello, S. Federici.***;

(*) DATASIEL, Via XX Settenbre, 42 -16100 Genova, g.rocce@datasiel.net, a.defelici@datasiel.net

(**)CNR-IREA Via Bassini, 15 • 20133 Milano gomasasca.m@irea.cnr.it

(***)CAAR-Regione Liguria, Loc. Pallodola, 19038 Sarzana, simona.federici@regione.liguria.it

(****) SITAR - Sistemi Informativi Territoriali e Ambientali Regionali e il CAAR - Centro di Agrometeorologia Applicata Regionale.

Riassunto

Nell'ambito del Progetto Interreg Medocc IIIB Grinfomed + Medifire la Regione Liguria(****) con l'assistenza scientifica del Prof. Gomasasca ha messo a punto metodologie e procedure per la valutazione ed il controllo continuo di alcuni parametri vegetazionali.

Obiettivi primari del progetto erano quelli di studiare il comportamento della vegetazione in relazione alla fenologia o a particolari situazioni di stress quali un incendio. L'approccio adottato è stato di tipo multitemporale e multiscala.

Si sono utilizzate immagini MODIS, caratterizzate da elevata frequenza temporale, per l'analisi dello stato fisio-fenologico delle tipologie vegetazionali e immagini LANDSAT, caratterizzate da minore risoluzione temporale ma media risoluzione spettrale e spaziale, per lo studio del danno provocato dagli incendi e della ripresa vegetazionale. Questo approccio ha permesso di integrare le informazioni di sensori satellitari con caratteristiche di risoluzione spaziale, temporale e spettrale molto diversi tra di loro. L'incrocio delle informazioni telerilevate con quelle già residenti nel SIT regionale ha aiutato a comprendere le complesse dinamiche della vegetazione in situazioni morfologiche e climatologiche così eterogenee come quelle del territorio ligure.

L'esperienza maturata ci ha dimostrato come la scelta più indicata sia quella di utilizzare la combinazione dei sensori satellitari a diversa risoluzione, spaziale e temporale, in modo da ottimizzarne i risultati.

Abstract

In the carrying out of the project named Interreg Medocc IIIB Grinfomed + Medifire, the Ligurian Region (****) with the scientific assistance of professor Gomasasca worked out some methods and procedures which are very useful in the continuous evaluation of a few vegetation parameters.

The main objective of the project was the study of the vegetation behaviour in relation to phenology or particular stress situations like a forest fire.

The approach adopted, was a multitemporal and multiscale one. We used MODIS images which are characterized by high temporal resolution in order to analyze the phisio-phenologic state of vegetation typologies. Landsat images, which are characterized by a poorer temporal resolution but better spatial and spectral resolution, were used in order to study the damage caused by forest fires and the vegetation regrowth. This approach let us to integrate data coming from satellite sensors with spatial, temporal and spectral resolutions which are very different to each other. The topologic overlay of these remote sensing collected data with the ones already owned by the SITAR was very useful in understanding the complex dynamics of vegetation in the ligurian territory which is very heterogeneous. This experience showed us that the best choice is to combine satellite sensors characterised by different resolutions, both spatial and temporal, in order to optimize the results obtained.

SCOPI DEL LAVORO

Gli obiettivi del progetto sono stati essenzialmente due.

Il primo ha riguardato lo studio del comportamento della vegetazione in relazione alle caratteristiche meteo-climatiche liguri essenzialmente dal punto di vista ambientale e fenologico.

Il secondo obiettivo ha riguardato l'analisi delle aree incendiate ed in particolare si è focalizzato sul monitoraggio dei danni provocati dagli incendi e sullo studio della ripresa vegetativa negli anni successivi all'evento distruttivo.

COMPORTAMENTO DELLA VEGETAZIONE IN RELAZIONE ALLE CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE LIGURI

L'esigenza di realizzare un monitoraggio costante della vegetazione ha orientato la scelta verso un sensore satellitare che avesse un'elevata frequenza temporale, a scapito di una minore risoluzione spaziale: il MODIS-Terra. Si è preso in considerazione il dato preelaborato MOD13, che fornisce, su periodi di 16gg, i valori degli indici NDVI e EVI con risoluzione spaziale di 250m.

L'indice di vegetazione che abbiamo utilizzato per il raggiungimento dei nostri scopi è l'NDVI.

Sono stati scaricati dal sito USGS-NASA i dati dal 2000 al 2006, per un totale di circa 160 immagini (una ogni 16gg).

Per ogni anno sono state create immagini multibanda in cui ad ognuna corrisponde l'NDVI di un periodo diverso. A tale elaborato è stato sovrapposto un insieme di poligoni preselezionati dal CAAR per il monitoraggio, cioè una serie di zone campione individuate sulla Carta Forestale Regionale (1:25000). I criteri di scelta dei poligoni sono stati: dimensione sufficientemente elevata (sopra i 100ha) e forma abbastanza regolare, compatibilmente con le dimensioni del pixel del MODIS, nonché copertura del maggior numero possibile di tipologie vegetazionali. Il risultato è stato un gruppo di 137 aree.

A questo punto è stata lanciata la procedura di calcolo automatico dell'NDVI medio all'interno di ogni poligono e per ogni banda. Sulla base di tali valori sono stati analizzati gli andamenti temporali dell'NDVI dei singoli poligoni nei vari anni. Sono stati quindi confrontati fra loro quelli appartenenti alla stessa tipologia vegetazionale (Fig.1). Le informazioni derivanti dagli andamenti dell'NDVI sono state correlate ai parametri meteorologici registrati dalle stazioni di misura meteo più vicine nel periodo 2000-2006. Sono stati presi in considerazione principalmente i valori di temperatura, precipitazioni ed intensità della radiazione solare, poiché reputati i fattori che maggiormente influenzano lo sviluppo fenologico delle piante.

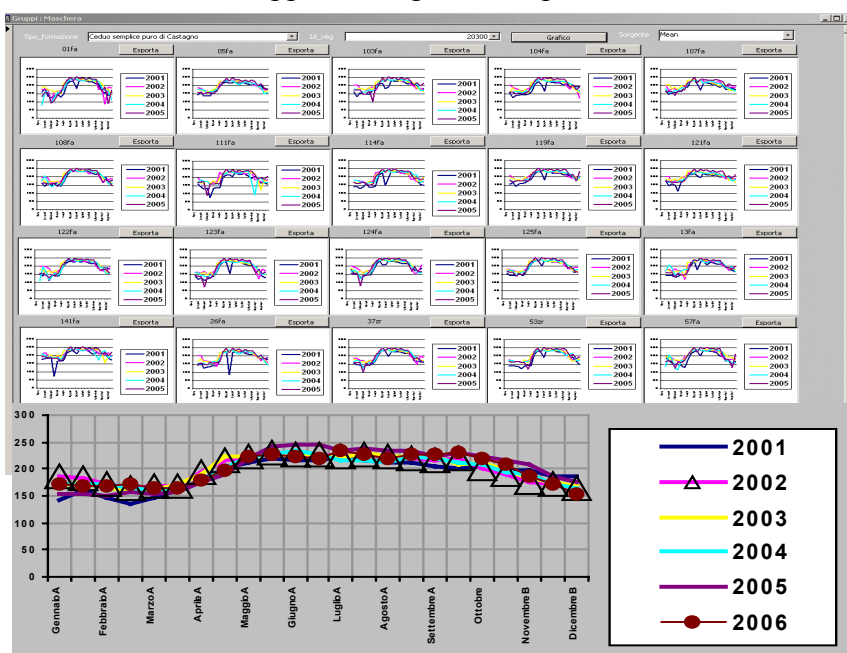


Fig.:1 Andamento medio mensile dell'NDVI nei vari anni

MONITORAGGIO DEI DANNI PROVOCATI DAGLI INCENDI E DELLA RIPRESA VEGETATIVA NELLE AREE PERCORSE DAL FUOCO.

La ripresa della vegetazione in un'area percorsa da incendio dipende da vari fattori: tipologia di vegetazione presente, entità del danno subito, tipo di riproduzione successiva al passaggio del fuoco, caratteristiche del substrato pedologico, andamento meteo-climatico della stazione.

Per monitorare questo fenomeno sono state individuate sul territorio ligure 4 aree campione percorse da vasti incendi negli ultimi anni, delle quali si

disponeva di perimetrazione su GIS (Fonte CFS Liguria) (Fig. 2):

- Sestri Levante (GE), Loc. Villa Rocca-Fondeghino, 16 ottobre 2003 - 178 ha (Aree 1-6)
- Finale L. (SV), Loc. Le Manie-Terre Rosse, 3 settembre 2003 - 176 ha (Area 7)
- Varazze (SV), Loc. Ramognina-Costata Ponte d'Invrea, 9 settembre 2001 - 800 ha (Area 8)
- Ventimiglia (IM), Loc. Monte Pozzo, 4 settembre 2001 - 318 ha (Area 9).

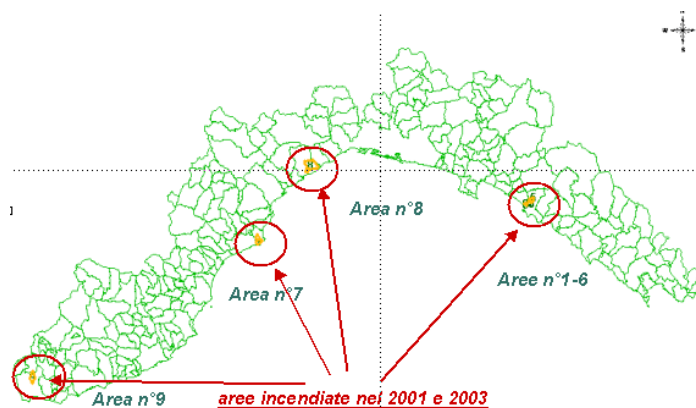


Fig.:2 Le aree studiate

ANALISI COMPARATA DEI DATI TELERILEVATI CON I PARAMETRI RILEVATI A TERRA

La metodologia adottata nello studio del danno provocato degli incendi e della ricostituzione vegetale in tali aree è rappresentata da un approccio integrato, che utilizza immagini satellitari a media risoluzione (LANDSAT 30 m) combinati con dati rilevati a terra.

Il ricorso alle immagini Landsat è dovuto alla constatazione che la bassa risoluzione spaziale delle immagini MODIS (250 m), in casi di aree che possono essere inferiori ai 250 ha, non è in grado di fornire indicazioni sufficientemente dettagliate del fenomeno.

Lo studio è stato condotto su 11 immagini relative a tre periodi temporali diversi rispetto alle date degli incendi: prima dell'incendio (2000), subito dopo l'incendio (2004), e qualche anno dopo l'incendio (2006), denominati nel lavoro come "momenti tipici".

Per poter discriminare le diverse tipologie vegetali interessate dalla ripresa, per il 2006 sono state studiate le immagini di tre stagioni diverse: primavera, estate ed autunno.

Composizioni multibanda relative al contenuto di biomassa vegetale (NDVI)

Analogamente a quanto fatto per le immagini MODIS anche per le immagini Landsat si è creata un'immagine multibanda in cui ogni banda corrisponde al NDVI di un periodo diverso. Le bande, ordinate cronologicamente, indicano l'evoluzione della biomassa vegetale nei periodi di studio.

Su questa immagine multitemporale sono state sviluppate le analisi comparate descritte di seguito.

Analisi statistica dei valori dell'indice di vegetazione NDVI.

E' stata sviluppata nei tre momenti tipici indicati sopra rispetto all'evento e tra loro confrontabili in quanto relativi allo stesso periodo dell'anno: estate prima dell'incendio, estate subito dopo ed estate 3-5 anni dopo l'incendio.

In questo modo è stato possibile valutare l'entità media del danno causato dall'incendio e l'andamento medio della ripresa per ogni singola area.

Analisi rgb delle immagini relative agli indici di vegetazione NDVI per determinare la velocità di ripresa della vegetazione

E' stata creata una composizione rgb in cui sono state inserite nelle componenti del rosso, verde e blu rispettivamente le immagini relative agli indici di vegetazione NDVI dei tre momenti tipici.

Di conseguenza i colori risultanti hanno indicativamente i seguenti significati:

I colori puri sono solo da intendersi come casi limite di tendenza, ma sono difficilmente verificabili nella realtà; mentre i colori intermedi sono molto frequenti nei casi reali analizzati (Fig.3).

•aree rosse-> vegetazione che stenta a riprendersi.

•aree verdi-> vegetazione nata solo l'anno successivo all'incendio. Caso di evento precedente alla data della prima immagine.

- aree blu->vegetazione nata solo qualche anno dopo l'incendio. Anche in questo caso si può trattare di un incendio precedente al 2000.
- aree bianche->vegetazione che ha subito poco l'effetto dell'incendio.
- aree gialle-> ripresa rapida.
- aree magenta-> ripresa più lenta.
- aree ciano-> vegetazione assente prima dell'incendio che si sviluppa con gradualità dopo l'incendio; è il caso di un evento distruttivo precedente alla data della prima immagine.

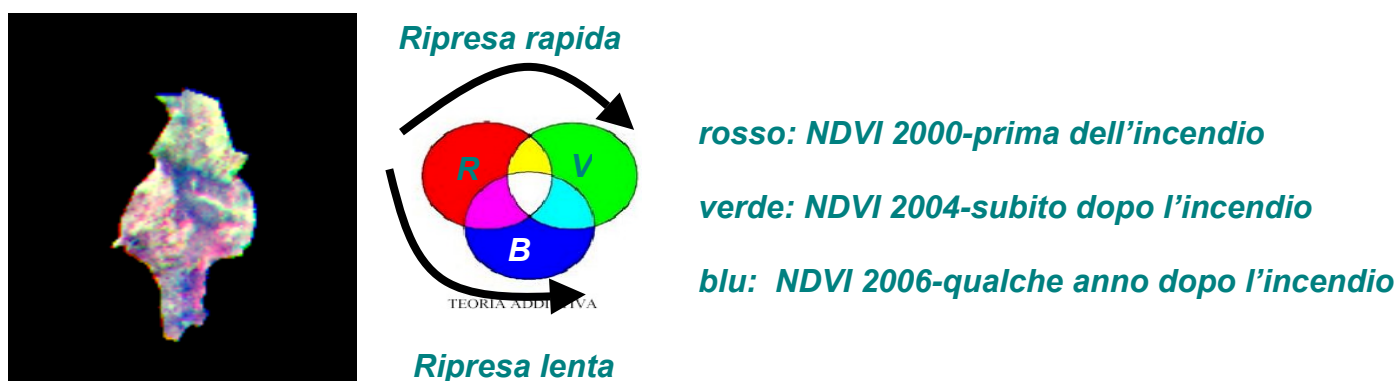


Fig.:3 composizione rgb degli NDVI dei momenti topici.

Questa tecnica di visualizzazione ha consentito di valutare la velocità della ripresa della vegetazione all'interno di ogni area.

Monitoraggio dell'evoluzione della biomassa vegetale nelle diverse stagioni del 2006.

Questa analisi ha permesso di discriminare la tipologia vegetale (erbacea o arborea) interessata dalla ripresa a qualche anno dall'episodio.

Determinazione delle variazioni di biomassa vegetale, incroci con altri livelli informativi e confronti i con i dati raccolti a terra.

All'interno di ogni singola area si sono valutate le variazioni relative di biomassa vegetale tramite differenze matriciali dell'indice di vegetazione calcolato in anni diversi.

Questa ultima procedura è formata dalle seguenti fasi:

- Δ NDVI dal 2000 al 2004 per individuare le zone maggiormente colpite dall'incendio;
- Δ NDVI dal 2004 al 2006 per individuare le zone maggiormente interessate dalla ripresa.

Elaborazioni successive sulle immagini raffiguranti le variazioni relative di NDVI hanno prodotto livelli informativi vettoriali interrogabili in ambiente SIT.

L'incrocio topologico tra gli strati informativi ottenuti con altri livelli informativi del SIT regionale (carta forestale) ha permesso di comprendere quali sono le essenze arboree interessate dalle variazioni di biomassa.

Considerazioni su ogni singola area

Prendiamo in esame molto sinteticamente le situazioni più significative riscontrate:

(IM), Loc. Monte Pozzo, 4 settembre 2001 - 318ha (Area 9).

La zona maggiormente danneggiata dall'incendio è quella più a sud.

In essa si registra comunque una buona ripresa vegetativa negli ultimi anni. Il rilievo in campo effettuato nel 2006 ha rivelato la presenza una copertura arborea associata a specie arbustive ed erbacee.

(SV), Loc. Le Manie - Terre Rosse, 3 settembre 2003 - 279ha (Area 7).

L'area dal 2000 al 2004 denota una diminuzione di biomassa vegetale diffusa.

Sia il dato telerilevato che il rilievo a terra effettuato nel 2006 hanno evidenziato nella parte settentrionale dell'area una rinaturalizzazione più stentata che in quella meridionale (Fig.4).

La causa è da attribuirsi principalmente al tipo di substrato litologico, costituito da quarziti e breccie (con pH acido) nel primo caso e da dolomie (basiche) nel secondo.

Le quarziti e breccie sono state colonizzate da una formazione forestale acidofila, costituita da specie arbustive e specie erbacee. E' ancora elevata l'incidenza di suolo nudo a distanza di 3 anni dall'incendio.

Su dolomie, invece, si è ricostituita una formazione forestale di tipo basifilo con predominante strato arbustivo, strato erbaceo scarso e strato arboreo che rappresenta per il 30%.

Il suolo nudo quindi rappresenta solo il 5% della copertura.

Danno dell'incendio del 2003 - Ripresa della vegetazione

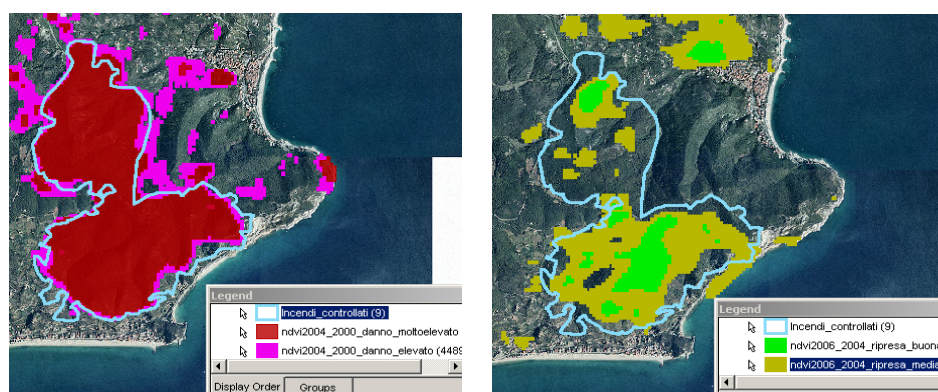


Fig.:4 danno dell'incendio e ripresa tramite Δ NDVI.

(SV), Loc. Ramognina-Cost. Ponte d'Invrea, 9 settembre 2001 - 800ha (Area 8).

L'area è stata attraversata parzialmente dal fuoco diverse volte (1971, 1981, 1988) e ciò ha portato la progressiva eliminazione dello strato arboreo anche prima dell'ultimo incendio.

A distanza di 5 anni dall'incendio dal telerilevamento appare evidente una ripresa eterogenea della copertura vegetale.

Il rilievo eseguito nel 2006 ha rivelato la presenza di almeno due tipologie vegetazionali:

I versanti a Nord sono caratterizzati da specie erbacee - arbustive e l'incidenza del suolo nudo è sostanzialmente bassa;

i versanti a Sud sono stati colonizzati da popolamenti a "macchia di leopardo" costituiti da macchia mediterranea e gariga scarso strato erbaceo e maggiore incidenza di suolo nudo.

(GE), Loc. Villa Rocca-Fondeghino, 16 ottobre 2003 - 178ha (Area 1-6)

Dagli incroci con la carta forestale risulta che l'incendio ha distrutto una superficie vegetale piuttosto eterogenea, comprendente: fustaia di pino marittimo, colture agrarie, oliveti, incolti.

L'area è costituita in realtà da una serie di sub-aree che a causa delle dimensioni troppo limitate non sono adatte ad essere studiate tramite immagini Landsat ma richiederebbero l'alta risoluzione spaziale.

CONSIDERAZIONI FINALI, LIMITI E SVILUPPI FUTURI

Sia la procedura relativa al “Comportamento della vegetazione in relazione alle caratteristiche meteo-climatiche liguri” che quella sul “Monitoraggio delle aree incendiate” si sono dimostrate efficaci e abbastanza precise.

Grazie all'elevata risoluzione temporale del MODIS è stato possibile studiare valori di NDVI con una buona frequenza. Questo aspetto del monitoraggio ha permesso di derivare i parametri delle fasi fenologiche delle principali coperture vegetali. Tali dati, correlati ai parametri meteo-climatici registrati e incrociati con le rilevazioni fenologiche in situ, hanno contribuito alla costruzione del modello della dinamica del combustibile vivo, realizzato in seno al Progetto Grinfomed+Medifire e implementato nel Servizio Previsione Incendi Regione Liguria (SPIRL).

Per quanto riguarda le aree incendiate le diverse tecniche sperimentate hanno messo in luce le caratteristiche del fenomeno di ripresa post-incendio.

L'analisi statistica dell'indice di vegetazione ha specificato il comportamento medio di ogni area, quella sulle componenti rgb ha messo in evidenza la velocità della ripresa, le variazioni relative di biomassa vegetale hanno infine evidenziato le zone maggiormente colpite dall'incendio e quelle maggiormente interessate dal recupero della vegetazione.

Il confronto degli NDVI nelle diverse stagioni del 2006 è servito a capire la dinamica del recupero delle aree incendiate in relazione ai diversi equilibri geomorfologici e vegetazionali.

Gli sviluppi futuri possono riguardare l'aspetto quantitativo del danno provocato dal fuoco in termini di calcolo di biomassa vegetale.

I principali limiti riscontrati in questo studio sono rappresentati dalla dimensione delle aree. Quelle minori di 4 ha non risultano analizzabili in modo significativo con le immagini Landsat e richiederebbero l'ausilio dell'alta risoluzione spaziale.

Per quanto riguarda la scelta dei sensori satellitari l'esperienza maturata ci ha dimostrato come la scelta migliore sia, a seconda degli aspetti che si vogliono mettere in luce, la combinazione dei diversi sensori MODIS, Landsat e Quick Bird.

Bibliografia

- Annoni A., Cumer A. (1995), *“Il progetto Corine Land Cover: le mappe delle regioni italiane”*.
- Gomarasca M.A. (1995), *“Valutazioni ambientali con tecniche di Telerilevamento e Gis”*.
- Bertolucci P., Landrini C. (1999), *“Cartografia pre post evento per fini di protezione civile”*.
- Brundu G., Coscia L., D'Alessandro C., Giacosa A., Maniago M., Pennacino L., Rocca G., Schenone L., Striglioni F., Tomei F., Scampuddu A., Gomarasca M.A. (1995), *“Applicazioni di telerilevamento e Gis per il monitoraggio dello stato dell'ambiente in Sardegna e nel bacino del torrente Liscia”*.
- Minciotti N.A., Brivio P.A., Figlioli E. (1995), *“Uso integrato di immagini telerilevate per l'analisi geomorfologica di una pianura alluvionale delle Alpi Centrali lombarde”*.
- Alloisio A. & Ali (2000), *“Centro servizi regionale SITAR: sistema informativo territoriale ambientale della Regione Liguria”*.
- Brandolini P., Canepa G., Martinelli R., Rocca G., Sbardella P., Terranova R. (1998), *“Bathymetric variations Studied with the Aid of 3-D Seabottom Modelling in G.I.S. Environment”*.
- Petitcolin, F. and E. Vermote. (2002) *“Land surface reflectance, emissivity and temperature from MODIS middle and thermal infrared data”*. Remote Sensing of Environment vol. 83, 112–134, 2002.
- C.O. Justice, et al., (1998) *“The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land Remote Sensing for Global Change Reserach.”* IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 36, no.4, July 1998.