

Analisi dei cambiamenti dell'uso del suolo attraverso l'utilizzo di immagini iperspettrali

Fabio Cipolletti (*), Maria Rosaria Della Rocca (**), Alessandro Mei (*),
Rosamaria Salvatori (*), Alessia Allegrini (*)

(*) CNR-IIA, Via Salaria Km 29,300 C.P. 10 00015 Monterotondo, Roma
Tel. 06 90672636, cipolletti@iia.cnr.it, mei@iia.cnr.it, salvatori@iia.cnr.it, alessia.allegrini@iia.cnr.it
(**) ARPAC, Via Vicinale Santa Maria del Pianto, Centro Polifunzionale, Torre 1 80143 Napoli
Tel. 081 2326364, mr.dellarocca@arpacampania.it

Riassunto

Le trasformazioni del territorio, alle quali sono soggette la costa e l'entroterra *domitio* (Campania), da sempre sono materia di studio da parte dell'ARPAC (*Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Campania*). Il presente lavoro si basa sull'utilizzo di immagini acquisite dal sensore iperspettrale MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) relative a due diversi voli, il primo del luglio 2004 ed il secondo dell'ottobre 2009, ed elaborate dal CNR-Istituto sull'Inquinamento Atmosferico in sinergia con l'ARPAC. Sfruttando le proprietà iperspettrali delle immagini MIVIS, attraverso le tecniche di Change Detection, sono state analizzate le variazioni di uso del suolo, intercorse fra le due acquisizioni aeree. Il computo dell'NDVI sulle bande 13 e 20 dell'immagine MIVIS ha permesso di classificare in modo esaustivo le trasformazioni avvenute sul territorio di studio, siano esse legate alla vegetazione, ai suoli o ad altre matrici di natura antropica. I risultati saranno di utile supporto nella pianificazione delle attività di monitoraggio e controllo a cui l'ARPAC è preposta.

Abstract

The transformations of the land, which are subject the Domitian coast and inland (Campania), have always been a subject of study by ARPAC (Regional Agency for Environmental Protection of Campania). In this work two different images, acquired by the hyperspectral sensor MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) in July 2004 and in October 2009, were processed by the CNR-Institute of Atmospheric Pollution in synergy with ARPAC. Exploiting the properties of hyperspectral images MIVIS, through the techniques of change detection, was possible to analyze the land use variations occurred between the two flights. The NDVI computing on MIVIS band 13 and 20 allows to classify exhaustively the transformations that occurred in the area of study, either related to vegetation, soils or other matrices of anthropogenic nature. The results will be useful in planning support for monitoring and control to which the ARPAC is responsible.

Introduzione

Il controllo sui cambiamenti di uso del suolo richiede la conoscenza adeguata a scala spaziale e temporale delle caratteristiche dinamiche della superficie terrestre e dell'atmosfera. Da ciò nasce la necessità di utilizzare il telerilevamento come tecnica di supporto a quelle tradizionali. Tramite il telerilevamento, multi ed iperspettrale, integrato con le tecniche di indagine di campo, è possibile non solo rilevare ed elaborare i dati ambientali e territoriali, ma anche gestirli all'interno di un Sistema Informativo Geografico (GIS) o di un qualsiasi sistema di supporto alle decisioni.

L'utilizzo del telerilevamento per le attività di monitoraggio rappresenta quindi un valido supporto ai fini di una corretta gestione del territorio e di conseguenza, un'accurata analisi delle diverse

matrici ambientali, condotta attraverso analisi da remoto, può essere decisiva nel pianificare le attività di monitoraggio e controllo a cui è preposta un'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente.

Il telerilevamento iperspettrale

Nello studio che segue, per effettuare l'azione di monitoraggio è stato scelto il sensore iperspettrale MIVIS (*Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer*), un sistema a scansione che opera ad un'elevata risoluzione spaziale e spettrale facilmente adattabile a bordo di aerei e piattaforme volanti. Esso è costituito da quattro spettrometri in grado di misurare la radianza della radiazione elettromagnetica (emessa o riflessa dalla superficie terrestre) per un totale di 102 canali, nel campo del visibile, del vicino infrarosso, del medio infrarosso e dell'infrarosso termico. In questo studio sono state utilizzate le bande del Visibile e dell'Infrarosso Vicino (NIR), particolarmente adatte alla valutazione della presenza e dello stato della vegetazione e di conseguenza di notevole aiuto per rilevare cambiamenti di uso del suolo.

Il lavoro di seguito riportato descrive la metodologia utilizzata per analizzare le immagini MIVIS relative a due differenti voli, il primo del luglio 2004 ed il secondo dell'ottobre del 2009.

Area di studio

La provincia di Caserta è da sempre caratterizzata da diffusi fenomeni di inquinamento ambientale e da trasformazioni repentine del territorio, ed è quindi oggetto di particolare attenzione da parte dell'ARPAC. L'area oggetto dell'analisi è stata quindi quella della costa e dell'entroterra *domitio*(Fig.1).

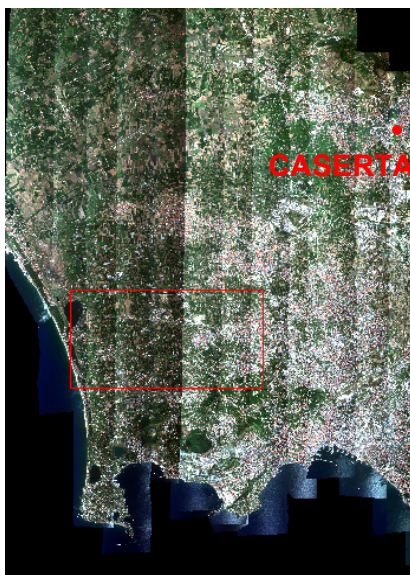


Figura 1 – Area di studio, Mosaico Immagini MIVIS 2004(Bande 3,7,13).

Analisi

Le immagini MIVIS utilizzate in questo lavoro, hanno una risoluzione a terra di 3 m/pixels per quanto riguarda le riprese dell'ottobre del 2009, mentre hanno una risoluzione di 5 m/pixels per quanto riguarda le riprese del luglio del 2004.

Per sopperire a questa differenza di risoluzione le immagini relative al volo del 2009 hanno subito un ricampionamento che le ha portate ad una risoluzione di 5m/pixels; questo ricampionamento,

effettuato attraverso il software ENVI, ha consentito una corretta comparazione fra le due immagini senza la perdita dell'informazione spettrale contenuta nelle stesse.

Come algoritmo per effettuare un lavoro di change detection sulla vasta area in esame s'è scelto di utilizzare l'NDVI, uno dei più comuni indici di vegetazione impiegati per investigare l'evoluzione a medio lungo termine dell'uso del suolo.

L'indice di vegetazione NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) rappresenta uno degli indici più utilizzati per l'analisi sulla presenza e sullo stato di salute della vegetazione. Esso si basa sulla differenza normalizzata dei valori di riflettività (ρ) nelle bande dell'Infrarosso Vicino e del Rosso, ed è definito come il rapporto tra la differenza e la somma di due bande, rispettivamente il Vicino Infrarosso (NIR) e il Rosso (R):

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R)$$

Questo rapporto normalizzato fornisce valori numerici adimensionali compresi tra -1 e +1. Questi valori sono in stretta relazione con la presenza, lo stato di salute della vegetazione, con la biomassa vegetale, con l'indice di area fogliare (*Leaf Area Index*) e con i processi biochimici vegetali. I valori negativi dell'indice corrispondono all'acqua, valori prossimi allo zero corrispondono ai suoli e valori da 0.3 a 0.6 indicano la presenza di superfici vegetate con massimi intorno a 0.8 nel caso di vegetazione molto densa.

Nel caso specifico delle immagini MIVIS, le bande utilizzate nell'algoritmo NDVI sono state la banda numero 13 ($\lambda=0,67-0,69\mu\text{m}$) per quanto riguarda il Rosso e la banda numero 20 ($\lambda=0,81-0,83\mu\text{m}$) per quanto concerne il Vicino Infrarosso.

L'obiettivo è stato quindi quello di cercare anomalie attraverso le difformità riscontrate fra i valori di NDVI relativi all'immagine del 2004 rispetto a quelli presenti sul dato del 2009; l'analisi è stata naturalmente di tipo qualitativo in quanto la differenza stagionale fra le due acquisizioni non permette un confronto diretto basato su un indice di vegetazione, che è fortemente influenzato dal periodo di acquisizione del dato.

Caso studio

La procedura utilizzata può essere sintetizzata in quattro fasi:

- 1) Visualizzazione delle immagini in colori reali (True Color Composite);
- 2) Applicazione dell'algoritmo NDVI alle due immagini (quella relativa al 2004 e quella relativa al 2009);
- 3) Individuazione delle anomale differenze nei valori di NDVI fra le due immagini; tramite il calcolo dell'immagine-differenza fra l'NDVI delle due acquisizioni e' possibile evidenziare i cambiamenti intercorsi fra il 2004 ed il 2009;
- 4) Interpretazione dei dati ottenuti, origine e natura dell'anomalia rilevata.

La prima fase è stata caratterizzata dalla fotointerpretazione con la visualizzazione dell'immagine nei colori reali, grazie alle bande del visibile (Fig.2), nello specifico le bande 3 ($\lambda=0,47-0,49\mu\text{m}$), 7 ($\lambda=0,55-0,57\mu\text{m}$) e 13($\lambda=0,67-0,69\mu\text{m}$).

Successivamente, per estrarre le informazioni, è stato applicato l'algoritmo NDVI alle due immagini ed è stata utilizzata la tecnica della "*density slicing*" ad entrambi i casi (Fig.3 e Fig.4). Questa tecnica ha permesso di enfatizzare le informazioni contenute nell'immagine, grazie alla differente scala di colori assegnata agli oggetti presenti nella scena (nello specifico una scala che va dal bianco per valori negativi al verde acceso per valori prossimi ad 1).



Figura 2 – Immagine MIVIS 2004.



Figura 3 – NDVI immagine MIVIS 2004.



Figura 4 – NDVI immagine MIVIS 2004.

Una volta applicato l'algoritmo alle due immagini si è passati alle fasi tre e quattro, nelle quali ci si è posti come obiettivo quello di individuare le singolari anomalie fra le due immagini e di ipotizzarne la natura; come si osserva dall'analisi multitemporale effettuata sulle immagini del 2004, del 2009 e sull'applicativo *Google Earth* (figure 5,6,7,8 e 9) nella zona evidenziata è avvenuto un cambiamento d'uso del suolo nel corso degli anni, che è stato possibile rilevare grazie alla marcata differenza nei valori di NDVI che troviamo nelle due immagini; l'operazione di sottrazione fra l'NDVI del 2009 e quello del 2004 ha prodotto una carta (Fig7), che attraverso una *density slice*, ha permesso di evidenziare le zone dove è presente un cambiamento: si è evidenziato in marrone le zone dove l'NDVI è sceso di almeno 0,2 , in bianco la zona dove è rimasto pressoché invariato (fra -0,2 e 0,2) ed infine in verde la zona dove i valori son aumentati di almeno 0,2.

La natura dei cambiamenti può essere individuata più facilmente attraverso una successiva fotointerpretazione; è comunque auspicabile, qualora vi siano gli estremi, un controllo sul campo da parte dell'Agenzia con il duplice obiettivo di effettuare un'azione di controllo ed allo stesso tempo di testare l'efficacia dell'analisi da remoto effettuata in laboratorio.

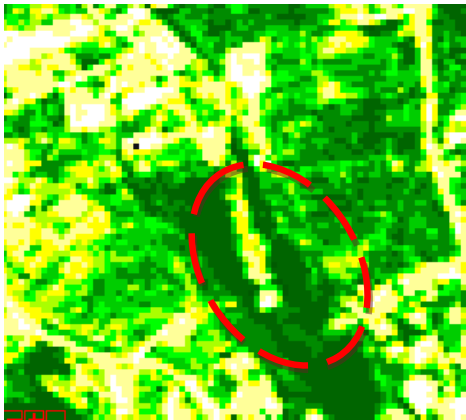


Figura 5 – Dettaglio NDVI 2004.

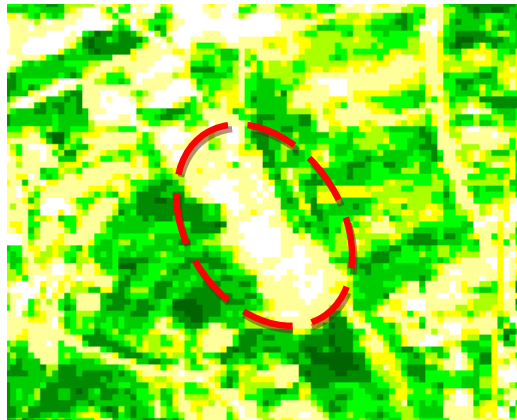


Figura 6 – Dettaglio NDVI 2009.



Figura 7 – Dettaglio immagine-differenza NDVI (NDVI 2009-NDVI 2004).



Figura 8 – Dettaglio Visibile MIVIS 2004.



Figura 9 – Dettaglio Google Earth 2009.

Conclusioni

I risultati ottenuti in questo studio attestano quanto sia innovativo ed efficace l'utilizzo dei dati iperspettrali per la ricerca dei cambiamenti di uso del suolo; se tale indagine verrà effettuata con sistematicità su tutta la regione, l'ARPAC avrà quindi la possibilità di realizzare un monitoraggio da remoto che le permetterà un più funzionale dispendio di risorse ed un più efficace controllo del territorio.

Bibliografia

- A.a. (2009), "Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Campania", ARPAC-Pubblicazioni;
- D'Ambra G., Ruberti D., Verde R., Vigliotti M., Roviello V. (2009), "*La Gestione integrata della fascia costiera: studio e correlazione di variabili a carattere biologico, ecologico, chimico e sedimentologico del Litorale Domitio, in Provincia di Caserta*", Atti della 13° Conferenza Nazionale ASITA, Bari 1-4/12/09;
- Della Rocca M.R., Onorati G., Oliviero C., Cipolletti F. (2009), "*Il telerilevamento di aree ad elevato rischio ambientale*", Atti della 13° Conferenza Nazionale ASITA, Bari 1-4/12/09;
- Galati G., Gilardini A. (2001), "*Tecniche e strumenti per il telerilevamento ambientale*", Editore CNR-Servizio Pubblicazioni;
- Gomasasca M.A.(2006), "Elementi di Geomatica", *Associazione Italiana di Telerilevamento*;
- Ricotta C., Avena G.C., Ferri F. (1996), "Analysis of human impact on a forested landscape of central Italy with a simplified NDVI texture descriptor". *Int. J. Remote Sensing*;
- Roettger S. (2007), "NDVI – Based Vegetation rendering", *Conference on Computer Graphics – www.stereofx.org*;
- Vito M. (2008) "*Siti Contaminati in Campania*", ARPAC- Pubblicazioni.