

ANALISI DEI CAMBIAMENTI DI UN'AREA AD ELEVATO INTERESSE NATURALISTICO: BORDANO, IL PAESE DELLE FARFALLE

Alfredo Altobelli^(*), Enrico Bressan^(*) e Rossella Napolitano^(*)

(*) Dipartimento di Biologia – Università degli Studi di Trieste – Via Weiss, 2 – 34127 Trieste
Tel. 040-5582080, Fax. 040-5582011, e-mail: altobell@units.it, ebressan@units.it, napolita@units.it

Riassunto

Il monte San Simeone è situato, nella parte settentrionale del Friuli, nell'ambito geografico delle Prealpi Carniche. La sua posizione isolata fra il letto del Tagliamento e la depressione del lago di Cavazzo lo rende diverso da tutte le montagne circostanti. Data la sua posizione ottimale per l'insolazione e il repentino sbalzo altimetrico, nonostante la modesta altitudine (1250 m), presenta una singolare combinazione di microclimi tale da rappresentare una sintesi quasi completa della realtà ambientale e vegetale delle Prealpi friulane. L'area considerata, viste le sue particolari caratteristiche microclimatiche, vegetazionali e floristiche, è popolata da 650 specie di lepidotteri (550 notturne e 100 diurne) e il paese di Bordano, alle pendice del monte San Simeone, è conosciuto a livello nazionale come il paese delle farfalle. Quest'ultime provengono da regioni biogeografiche diverse: alpina, eurosibirica e mediterranea.

Studi effettuati dagli entomologi rafforzano l'ipotesi che nel corso degli ultimi vent'anni ci sia stato un impoverimento delle specie eliofile-prative a vantaggio di quelle silvicole. Ciò sarebbe dovuto all'abbandono delle pratiche selvicolturali e dello sfalcio.

L'obiettivo di questo lavoro è di analizzare attraverso le immagini satellitari le modificazioni della copertura vegetazionale avvenute nel tempo. Per tale motivo sono state utilizzate una immagine Landsat1 MSS del 6 agosto 1973 e una più recente del Landsat5 TM del 26 luglio 2001.

Abstract

Mount San Simeone is situated, in northern Friuli, in the geographical area of Carnian Prealps. Its position between the Tagliamento river and the lake of Cavazzo make it different from all of the surrounding mountains. Due to its sunny position and its steep sided form, despite its modest altitude (1250) it presents a unique combination of microclimates such as to represent an almost complete synthesis of the environment and vegetation of the Friulan Prealps. The study area, given its particular characteristics of microclimate and vegetation, is populated by 650 species of lepidoter (550 moths and 100 butterflies) and the village of Bordano, at the foot of Mount San Simeone, is known nationally as the village of the butterflies. These come from different biogeographical regions: alpine, eurosibiric and mediterranean.

Research carried out by entomologists supports the hypothesis that over the last 20 years there has been a reduction of the heliophilous-pasture species and an increase in the forest species. This could be due to the lack of forestry management and mowing of pasture.

The aim of this work is to analyse by means of satellite images the modifications of vegetational cover over the years. For this reason a Landsat1 MSS on 6 August and a more recent image of Landsat5 Tm on 26 July 2001 were used.

Keywords: Analisi degli habitat, Correzione radiometrica, GRASS, NDVI.

1. INTRODUZIONE

Come qualsiasi altro organismo, le farfalle sono strettamente dipendenti dall'ambiente in cui vivono. Durante i vari stadi del ciclo biologico, esse sono sottoposte all'influenza del clima e degli altri fattori chimico-fisici che nel loro insieme costituiscono l'habitat. Oltre a questi fattori ambientali, la loro distribuzione è regolata dalla presenza di vegetali specifici ossia le piante nutrici, piante utilizzate per la nutrizione larvale. Presupposto indispensabile per la sopravvivenza di una farfalla è la presenza del suo habitat naturale; risulta quindi di primaria importanza mantenere intatto il suo ambiente. Studi effettuati dagli entomologi rafforzano l'ipotesi che nel corso degli ultimi vent'anni, nell'area di studio, ci sia stato un

impoverimento delle specie eliofilo-prative a vantaggio di quelle silvicole; ciò sarebbe dovuto all'abbandono delle pratiche selvicolturali e dello sfalcio.

Per confermare tali ipotesi è quindi necessario studiare le modificazioni della copertura vegetazionale sul territorio avvenute nel tempo. Per quest'analisi si è scelto di utilizzare delle immagini satellitari della serie Landsat, di esaminare l'indice di vegetazione spettrale NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) da esse ricavato e poi confrontarlo con le fotografie aeree degli stessi periodi. Inoltre, per poter confrontare correttamente le immagini da satellite acquisite in anni diversi (1973 e 2001) con sensori diversi (MSS e TM) è stata applicata una correzione radiometrica alle bande del sensore Landsat1-MSS del 1973.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio è il Monte San Simeone che si trova nella parte settentrionale del Friuli Venezia Giulia, nell'ambito geografico delle Prealpi Carniche

La sua posizione isolata (Fig. 1) fra il letto del Tagliamento e la depressione del lago di Cavazzo lo rende diverso da tutte le montagne circostanti. Data la sua posizione ottimale per l'insolazione e il repentino sbalzo altimetrico, nonostante la modesta altitudine

(1250 m), presenta una singolare combinazione di microclimi tale da rappresentare una sintesi quasi completa della realtà ambientale e vegetale delle Prealpi friulane.

L'area considerata, viste le sue particolari caratteristiche microclimatiche, vegetazionali e floristiche, è popolata da 650 specie di lepidotteri (550 notturne e 100 diurne) e il paese di Bordano, alle pendici del monte San Simeone, è conosciuto a livello nazionale come il "Paese delle Farfalle".

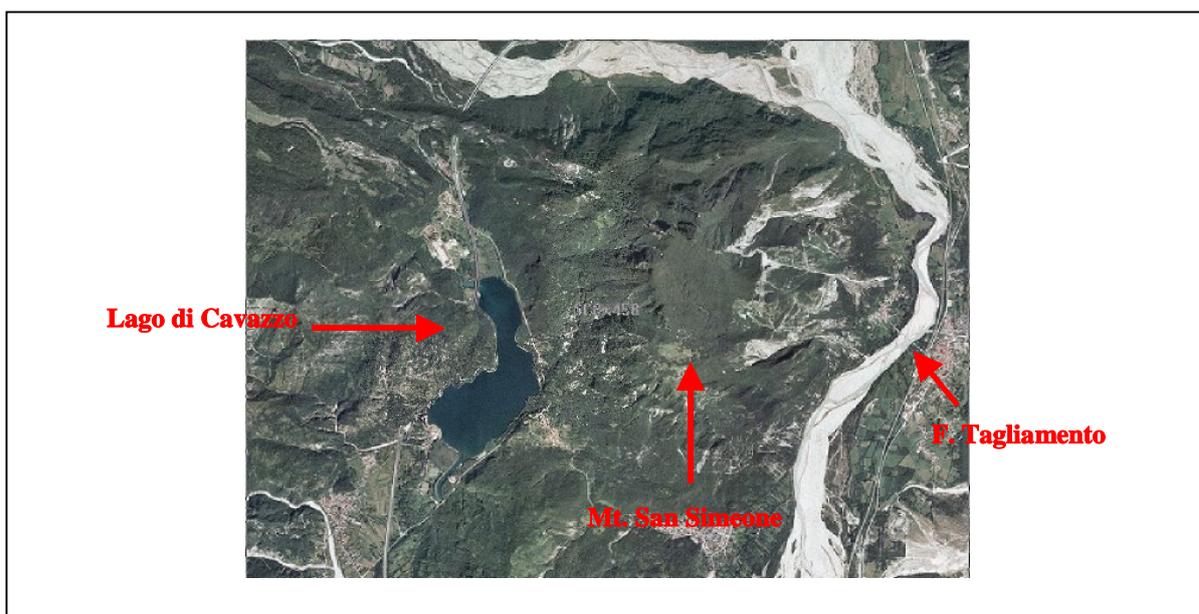


Fig. 1 – Area di studio.

3. MATERIALI E METODI

Nel presente studio sono state utilizzate 2 diverse immagini da satellite della serie Landsat: la prima immagine (Fig. 2a) è relativa al 6 agosto 1973 (Landsat1-MSS) e la seconda (Fig. 2b) è del 26 luglio 2001 (Landsat5-TM).

Il sensore *Multispectral Scanner* (MSS) acquisisce in 4 bande dello spettro elettromagnetico ad una risoluzione di 80 metri, mentre il sensore *Thematic Mapper* (TM)

acquisisce in 7 bande con una risoluzione spaziale di 30 metri, eccetto la banda del termico (banda 6) che ha una risoluzione di 120 metri (Tab. 1).

Sono state inoltre impiegate delle fotografie aeree del 1976, le ortofoto del 1998 ed una carta delle tipologie forestali del Friuli Venezia Giulia (AA.VV., 1998).

I dati meteorologici utilizzati nel presente lavoro sono stati forniti dall'OSMER – Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA FVG.

		Landsat 1 – MSS	Landsat 5 – TM
	Risoluzione	80 x 80 metri	30 x 30 metri
Bande	Blu		1 (0.45 - 0.52 μm)
	Verde	4 (0.50 - 0.60 μm)	2 (0.52 - 0.60 μm)
	Rosso	5 (0.60 - 0.70 μm)	3 (0.63 - 0.69 μm)
	NIR	6 (0.70 - 0.80 μm)	4 (0.75 - 0.90 μm)
	MIR	7 (0.80 - 1.10 μm)	5 (1.55 - 1.75 μm)
	TIR		6 (10.40 - 12.50 μm)
	MIR		7 (2.08 - 2.35 μm)

Tab. 1 – Confronto delle caratteristiche dei sensori MSS e TM del satellite Landsat.

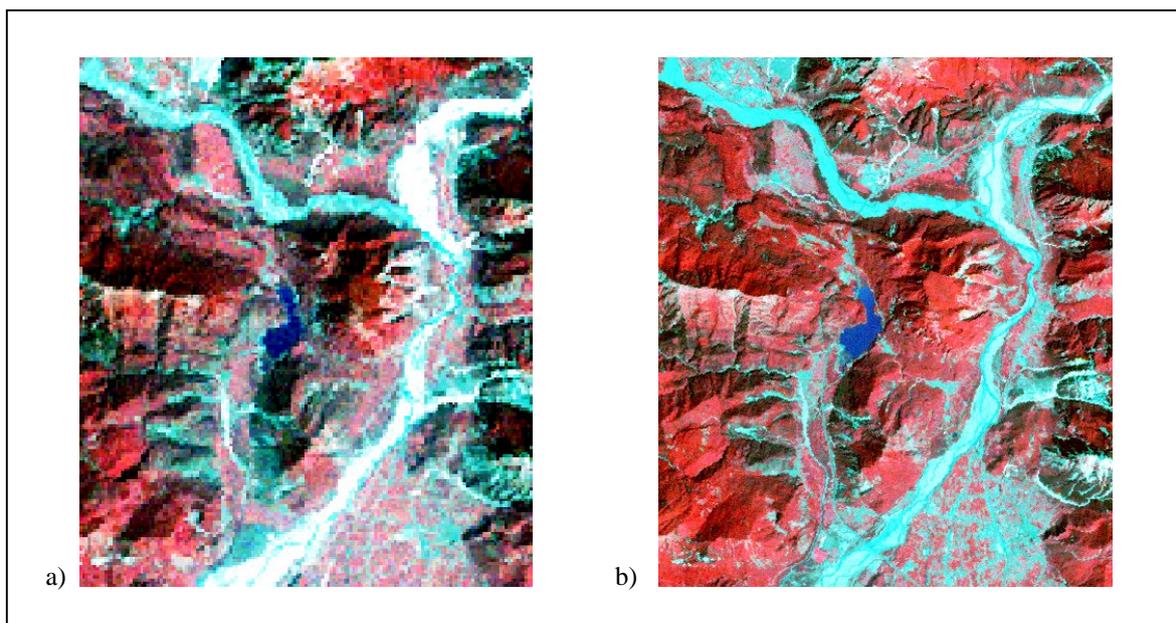


Fig. 2 – Immagini satellitari utilizzate:

- a) *Color Composite* a falsi colori (654) del Landsat 1-MSS del 6 agosto 1973 ore 9:27:01;
 b) *Color Composite* a falsi colori (432) del Landsat 5-TM del 26 luglio 2001 ore 9:23:29.

3.1 Software utilizzato

Il presente lavoro è stato svolto utilizzando il software GRASS-GIS nella versione 5.0.2 per Windows.

3.2 La calibrazione radiometrica

La correzione atmosferica è uno dei problemi più critici del pre-processamento delle immagini satellitari. L'atmosfera influenza i dati telerilevati in due modi diversi: smorza la radiazione (assorbimento) e agisce come una sorgente fittizia (fenomeno di diffusione, *scattering*). Infatti, una parte della radiazione che viene diffusa, chiamata radiazione di percorso (*path radiance*), viene deviata dall'atmosfera direttamente al sensore senza fornire informazioni sugli oggetti al suolo. L'interferenza dipende dalla lunghezza d'onda della radiazione e causa un effetto foschia sull'immagine (Altobelli *et al.*, 2004).

Per poter confrontare correttamente le immagini si rende quindi necessaria una calibrazione radiometrica delle stesse.

Per realizzare questo tipo di correzione esistono due possibilità:

1. **Correzione assoluta (correzione atmosferica):** sono necessarie informazioni dei vari parametri atmosferici durante l'acquisizione dell'immagine, quali il contenuto in aerosol e il vapor acqueo, oltre ai parametri sulla posizione del Sole (Altobelli *et al.*, 2004; Chander e Markham, 2003; Tso e Mather, 2001; Vermote *et al.*, 1997; Chavez, 1996).
2. **Correzione relativa (normalizzazione radiometrica):** non necessita di informazioni aggiuntive visto che i valori digitali vengono

corretti rispetto ad una immagine di riferimento (Jensen *et al.*, 1995; Hall *et al.*, 1991; Eckhardt *et al.*, 1990).

Non disponendo di dati atmosferici al momento dell'acquisizione dell'immagine meno recente (1973) si è effettuata la correzione relativa delle diverse immagini. La tecnica di normalizzazione radiometrica che è stata utilizzata si basa sull'uso di strutture pseudoinvarianti (*PseudoInvariant Features*, PIF), la cui radianza si suppone non sia variata nel periodo che comprende le diverse immagini da comparare (Hall *et al.*, 1991; Hill e Sturm, 1991; Caselles e Garcia, 1989; Schott *et al.*, 1988).

La normalizzazione dell'immagine è stata quindi effettuata applicando all'immagine MSS del 1973, l'equazione della regressione dei valori dei PIF. Tale retta predice quali sarebbero stati i valori dei DN se l'immagine fosse stata acquisita nelle stesse condizioni del 2001, anno dell'immagine TM di riferimento.

3.3 Calcolo dell'indice di verde (NDVI)

Gli indici di vegetazione permettono di enfatizzare le componenti caratteristiche della risposta spettrale della vegetazione.

Tra i diversi indici presenti in letteratura, è stato scelto il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Rouse *et al.*, 1974); esso è calcolato dal rapporto tra la banda del rosso (correlata con l'assorbimento della luce da parte della clorofilla) e la banda dell'infrarosso vicino (con un alto valore di riflettanza, legata alla densità della vegetazione verde) (Altobelli *et al.*, 2004).

Per l'analisi dei cambiamenti avvenuti nel tempo nell'area di studio è stato quindi calcolato questo indice

per entrambi gli anni (1973 e 2001) con il programma *r.mapcalc* attraverso le formule:

$$NDVI_{mss} = \frac{DN_{banda6} - DN_{banda5}}{DN_{banda6} + DN_{banda5}}$$

$$NDVI_{tm} = \frac{DN_{banda4} - DN_{banda3}}{DN_{banda4} + DN_{banda3}}$$

dove:

DN = valore digitale (*digital number*) del pixel

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Tutte le immagini satellitari sono state georiferite al sistema di riferimento nazionale Gauss-Boaga, con un errore (*Root Mean Square Error*, RMSE) di circa 10 metri attraverso i comandi *i.points*, *i.target* e *i.rectify*. Successivamente è stata applicata a tutte le bande del 1973 la correzione radiometrica, individuando sul territorio 6 oggetti pseudoinvarianti (PIF) così distribuiti: 3 punti sulla superficie del Lago di Cavazzo, 2 punti sui greto dei fiumi Fella e Tagliamento e 1 punto sulla roccia nuda dei monti presenti nell'area di studio (Fig. 3).

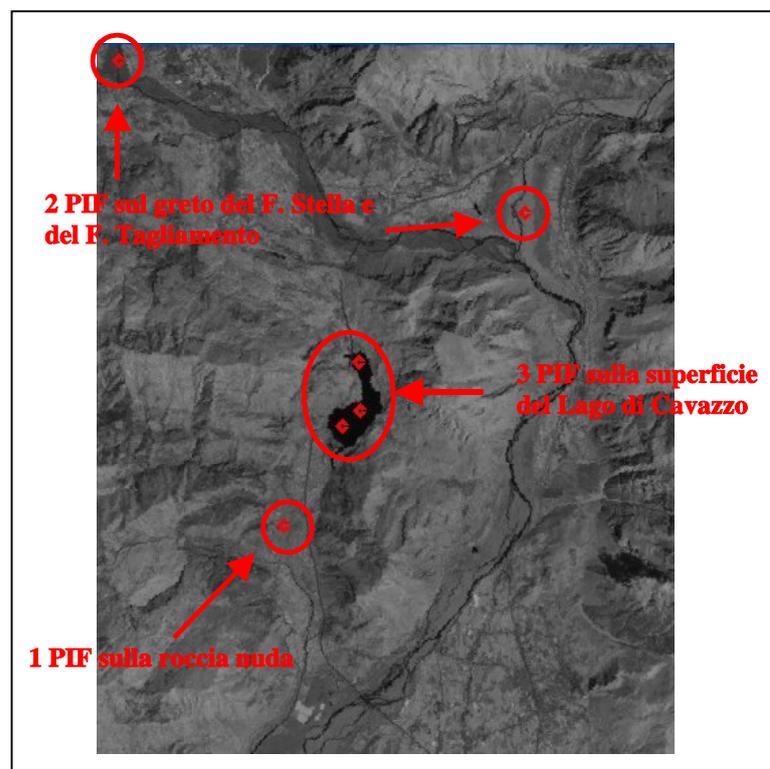


Fig. 3 – Immagine da satellite dell'area di studio con i 6 PIF utilizzati per la correzione radiometrica.

Per ciascun PIF sono stati estratti, con il comando *r.what.rast*, i valori dei *digital number* per tutte le bande del sensore MSS e le corrispondenti bande del

sensore TM e sono state analizzate le rette di regressione così ottenute (Fig. 4 e Tab. 2).

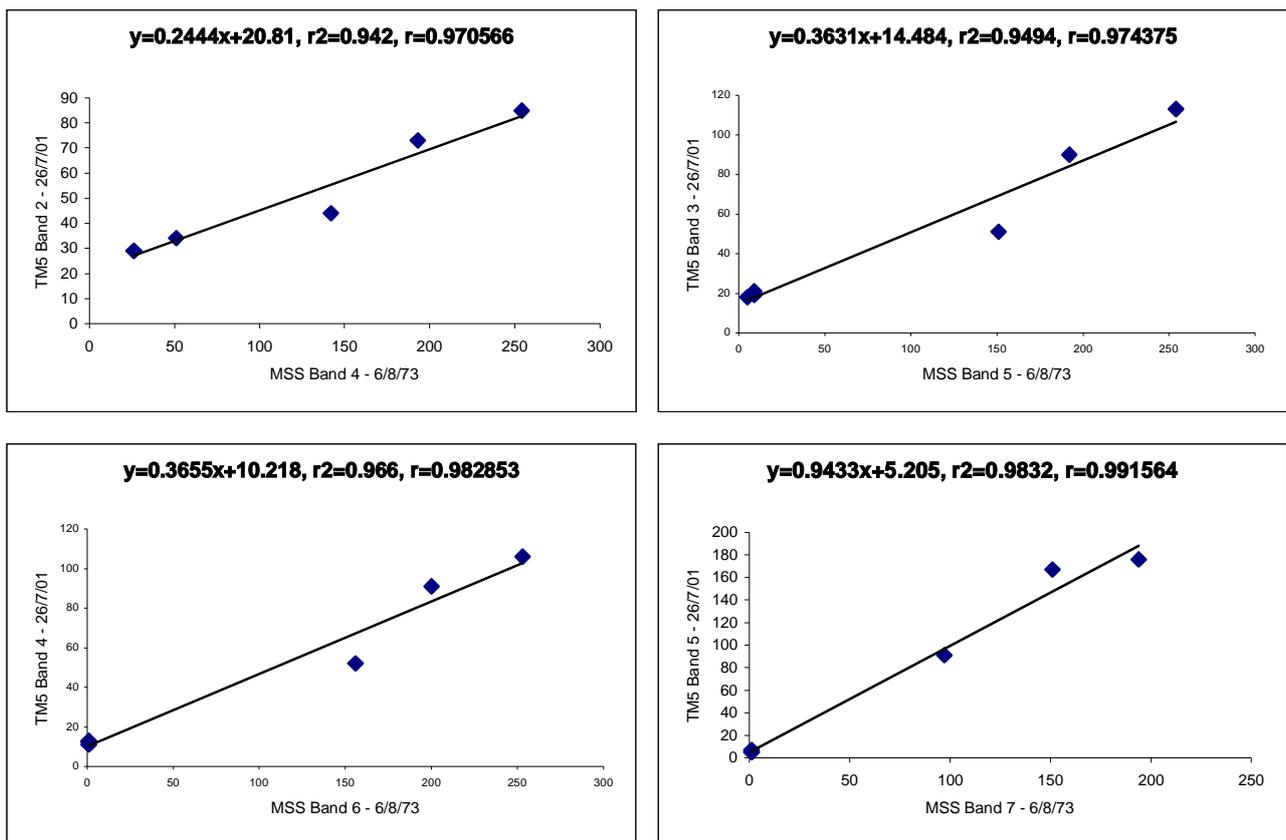


Fig. 4 – Rette di regressione tra i PIF delle bande verde (a), rosso (b), infrarosso vicino (c) e medio (d). Tutte le regressioni sono significative al livello di 0.001.

Banda	Slope	Gain (intercetta)	r^2	r
MSS 4	0.2444	20.810	0.942	0.971
MSS 5	0.3631	14.484	0.949	0.974
MSS 6	0.3655	10.218	0.966	0.983
MSS 7	0.9433	5.205	0.983	0.992

Tab. 2 – Valori delle rette di regressione utilizzati per la normalizzazione radiometrica dell'immagine Landsat1-MSS del 6 agosto 1973.

In Fig. 5 viene riportata la banda MSS 4 del 1973 ed i relativi istogrammi prima e dopo il procedimento di normalizzazione radiometrica. Appare evidente l'eliminazione dell'effetto additivo dovuto all'atmosfera e dell'effetto dovuto alla diversa calibrazione del sensore, che comporta uno spostamento del *range* dell'istogramma. L'applicazione dei fattori di correzione è stata fatta utilizzando il modulo *r.mapcalc* di GRASS.

Sono stati calcolati, quindi, gli indici di verde (NDVI) sia per l'immagine del 1973 che per quella del 2001 (Fig. 6). Dall'analisi di tali indici è emerso che nel trentennio tra il 1973 e il 2001 l'NDVI è aumentato

sensibilmente. Per essere sicuri che l'aumento di NDVI rispetto al 1973 era dovuto realmente all'aumento della biomassa fotosinteticamente attiva e non era legato a fenomeni atmosferici intensi avvenuti nel 2001, sono stati verificati i dati delle precipitazioni forniti dal servizio meteorologico regionale dell'OSMER (Tab. 3). Ciò ha permesso di dimostrare che l'aumento di NDVI nel trentennio che separa le due immagini non è legato a precipitazioni maggiori avvenute nei mesi di giugno-luglio 2001 rispetto agli stessi mesi del 1973, ma è legato, bensì, ad un effettivo aumento della biomassa fotosinteticamente attiva.

Mese	1973	2001
Giugno	258.2 mm	69.2 mm
Luglio	183.6 mm	327.8 mm
TOTALE	441.8 mm	397.0 mm

Tab. 3 – Precipitazioni rilevate dalla Stazione Meteorologica di Gemona (fonte: OSMER-ARPA FVG).

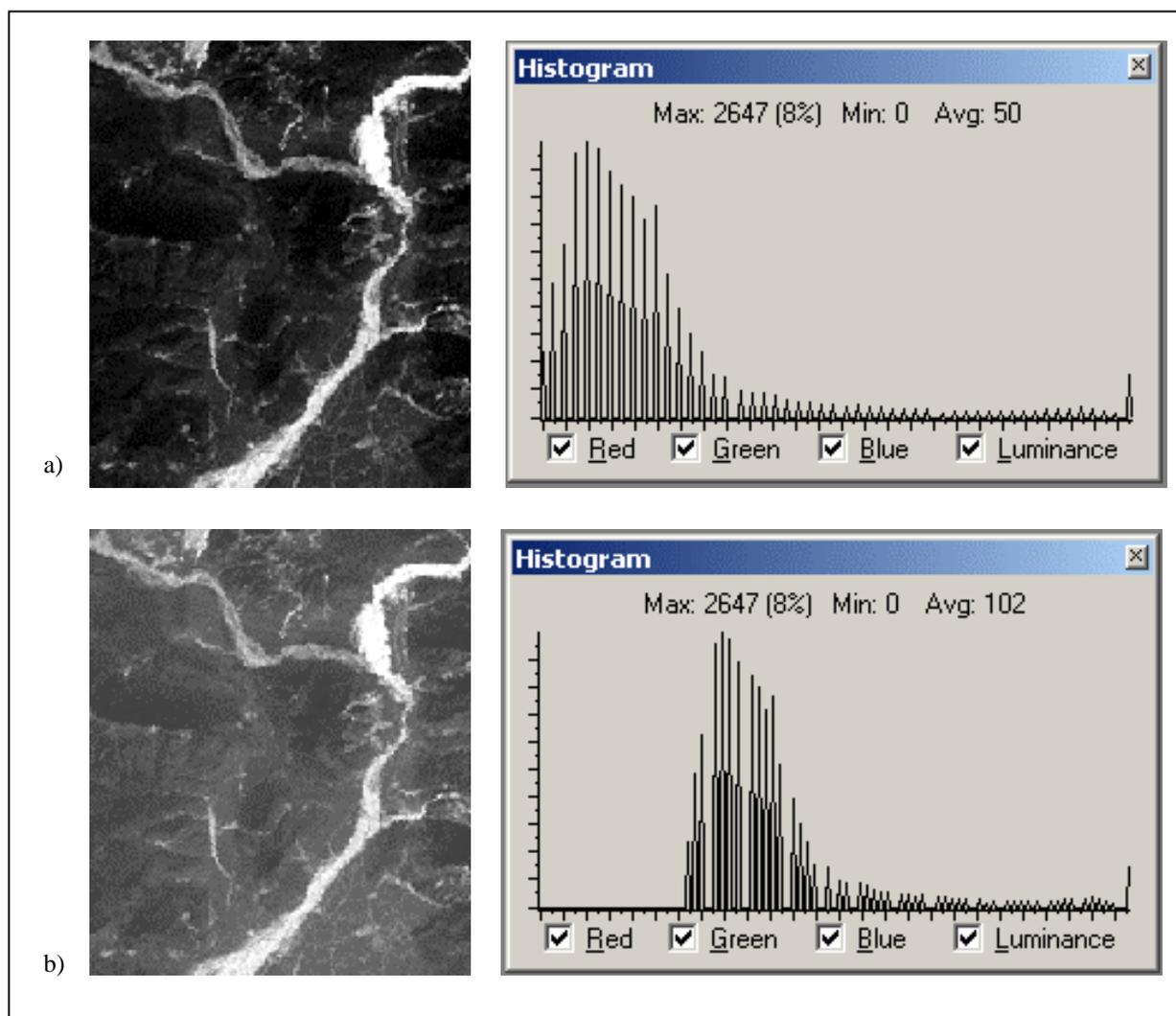


Fig. 5 – Banda 4 del sensore MSS e relativo istogramma prima (a) e dopo (b) la correzione radiometrica.

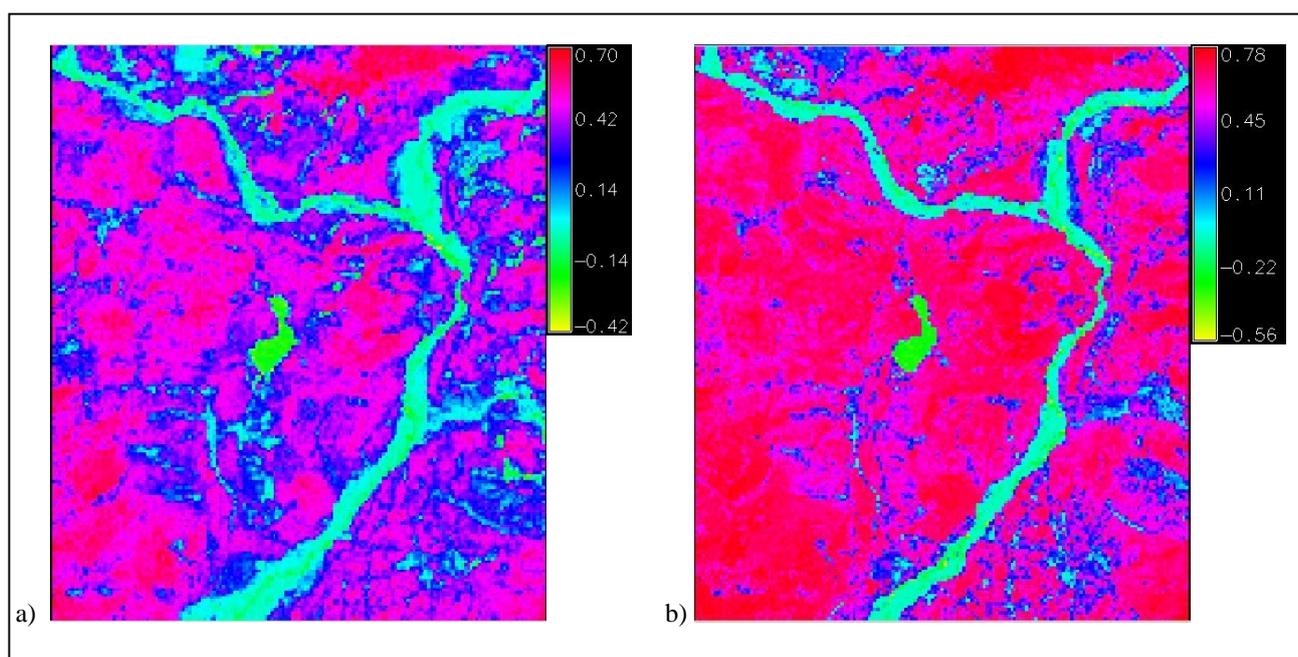


Fig. 6 – NDVI calcolato per l'immagine MSS del 1973 (a) e per l'immagine TM del 2001 (b).

Confrontando le mappe di NDVI con le fotografie aeree del 1976 e le ortofoto del 1998 è stato verificato come nell'area di studio ci sia stato un aumento generale della biomassa verde, legato sostanzialmente a fenomeni di incespugliamento avvenuti sul territorio esaminato a seguito dell'abbandono delle pratiche selvicolturali e dello sfalcio dei prati. Alcuni esempi di

tale fenomeno sono riportati nella Fig. 7, nella quale si vede come sul Monte San Simeone c'è stato un aumento della biomassa fotosinteticamente attiva, e nelle Fig. 8 e 9, nelle quali si vede il fenomeno dell'incespugliamento alle falde del versante est e sul versante ovest del monte stesso.

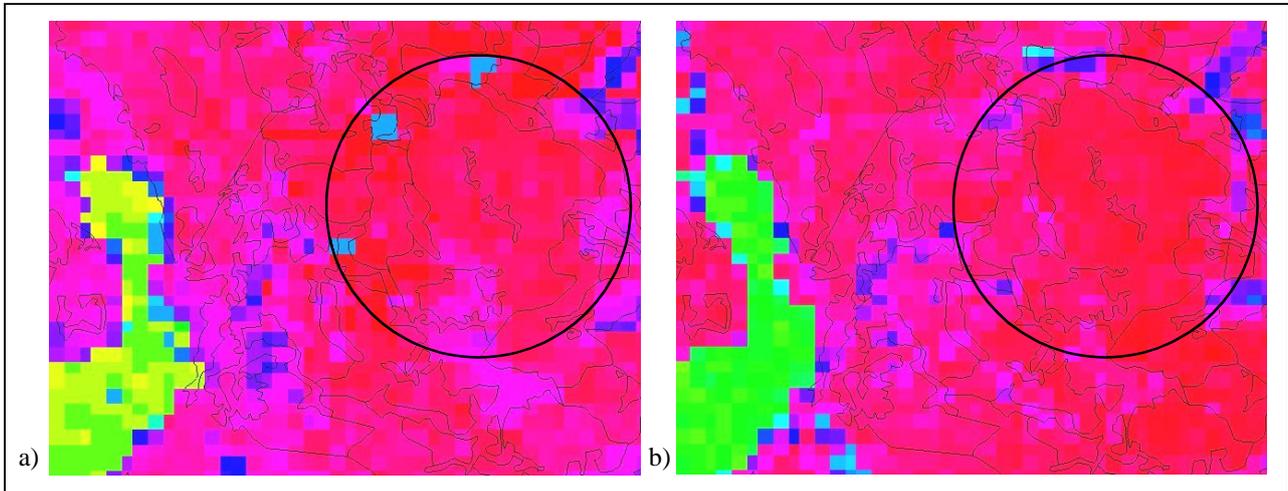


Fig. 7 – Aumento dell'NDVI sul Monte San Simeone (cerchiato).

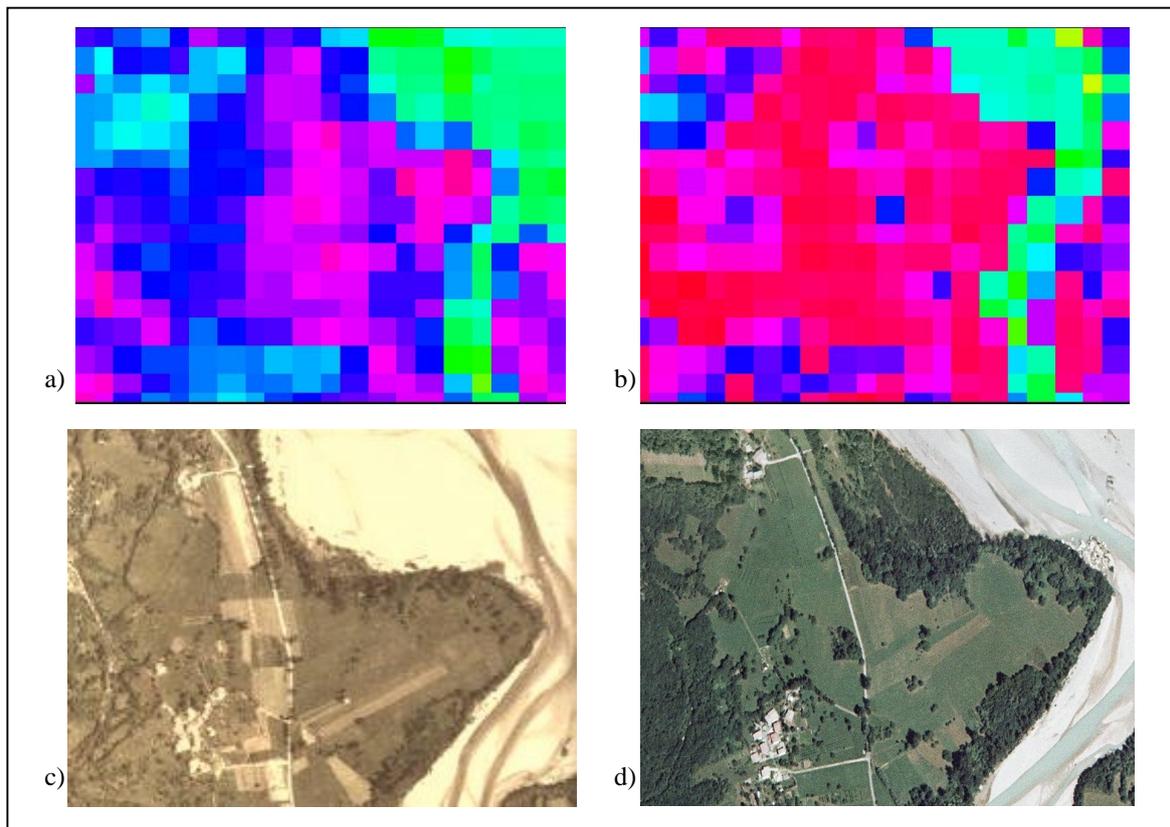


Fig. 8 – Variazione dei cambiamenti in una zona alle falde del versante est del Monte San Simeone: aumento dell'NDVI dal 1973 (a) al 2001 (b) che corrisponde all'incespugliamento della zona e che risulta ben visibile confrontando la foto aerea del 1976 (c) e l'ortofoto del 1998 (d).

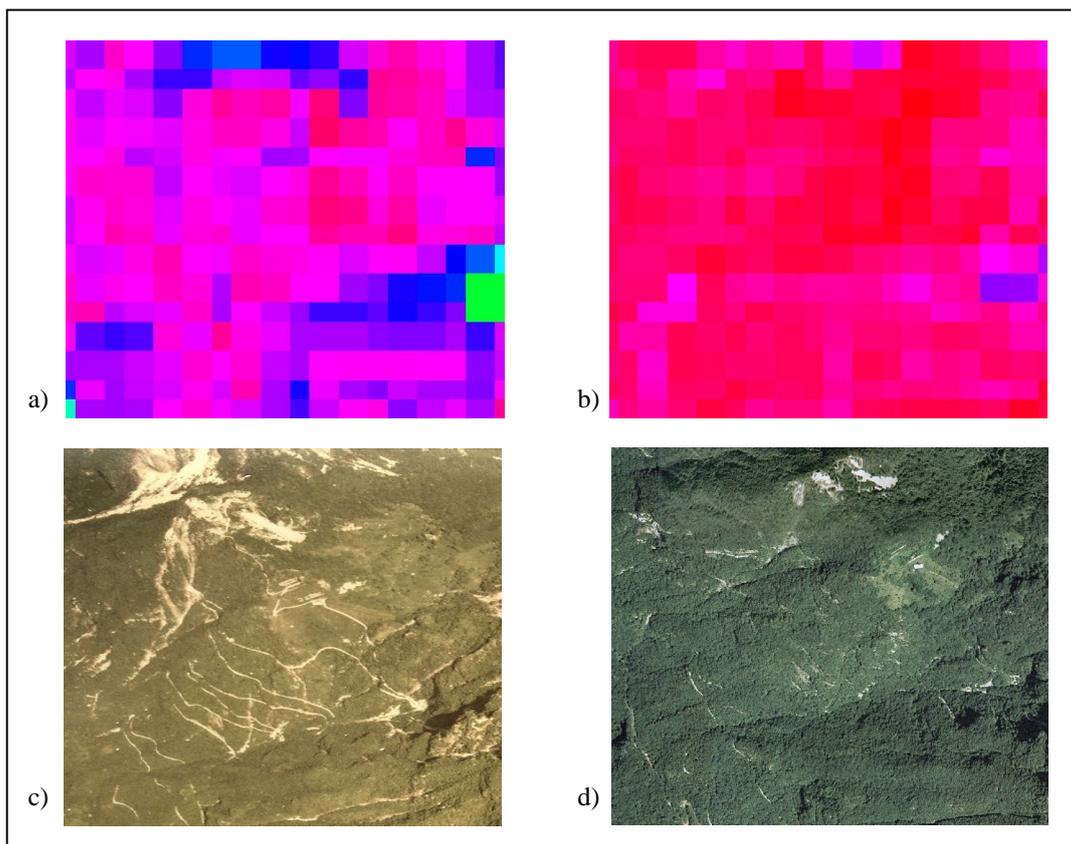


Fig. 8 – Variazione dei cambiamenti in una zona del versante ovest del Monte San Simeone: aumento dell'NDVI dal 1973 (a) al 2001 (b) che corrisponde all'incespugliamento della zona e che risulta ben visibile confrontando la foto aerea del 1976 (c) e l'ortofoto del 1998 (d) dove si nota la copertura dei sentieri da parte delle chiome degli alberi.

5. CONCLUSIONI

Attraverso una serie temporale di immagini da satellite Landsat è possibile analizzare le modificazioni che avvengono sul territorio con il trascorrere del tempo. In particolare, l'indice di verde NDVI permette di individuare sul territorio l'evoluzione della quantità di biomassa fotosinteticamente attiva.

Di fondamentale importanza per un'analisi temporale di immagini satellitari risulta essere il pre-processamento delle stesse, attraverso procedimenti di correzione radiometrica indispensabili per rendere confrontabili tra loro i dati telerilevati (Altobelli *et al.*, 2004).

Nell'area di studio, attraverso la comparazione tra l'indice NDVI e foto aeree della zona, si è dimostrato che l'aumento di biomassa verde è direttamente collegato con fenomeni di incespugliamento dovuti principalmente all'abbandono delle pratiche selvicolturali e dello sfalcio.

Questo lavoro vuole essere infine il punto di partenza per correlare i cambiamenti avvenuti nella zona del Monte San Simeone con dati entomologici relativi alla distribuzione dei lepidotteri, per poter poi attuare un piano gestionale del territorio che permetta di preservare degli habitat peculiari al fine di evitare la scomparsa di alcune specie di farfalle che attualmente risultano in pericolo.

6. BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 1998. *La Vegetazione forestale e la selvicoltura nella regione Friuli-Venezia Giulia*. Regione autonoma Friuli-Venezia Giulia – Direzione Regionale delle Foreste – Servizio della Selvicoltura, Udine.

Altobelli A., Napolitano R, Bressan E., Ganis P. e Feoli E., 2004. *Analisi dell'informazione spettrale della vegetazione tramite l'impiego di indici ottenuti da immagini satellitari Landsat*. In: Casagrandi, R. & Melià, P. (Eds.) *Ecologia*. Atti del XIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia (Como, 8-10 settembre 2003). Aracne, Roma. [on-line] URL: <http://www.xiiicongresso.societaitalianaecologia.org/articles/Altobelli-72.pdf>

Caselles V. e Garcia M. J. L., 1989. *An alternative simple approach to estimate atmospheric correction in multitemporal studies*. *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6): 1127-1134.

Chander G. e Markhan B., 2003. *Revised Landsat 5 TM radiometric Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges*.

Chavez P.S. Jr., 1996. *Image-Based Atmospheric Corrections - Revisited and Improved*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 62 (9): 1025-1036.

Eckhardt D. W., Verdin J. P. e Lyford G. R., 1990. *Automated update of an Irrigated Lands GIS using SPOT HRV imagery*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 56 (11): 1515-1522.

Hall G.G., Strebel D.E., Nickeson J.E. e Goetz S.J., 1991. *Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 57: 11-27.

Hill J. e Sturm B., 1991. *Radiometric correction of multitemporal Thematic Mapper data for use in agricultural land-cover classification and vegetation monitoring*. International Journal of Remote Sensing, 12 (7): 1471-1491.

Jensen J. R., Rutchey K., Koch M. S. e Narumalani S., 1995. *Inland wetland change detection*

in the Everglades Water Conservation Area 2A using a time series of normalized remotely sensed data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 61 (2): 199-209.

Rouse J.W., Haas R.H., Shell J.A., Deering D.W. e Harlan J.C., 1974. *Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation*. Final Report, Type III, NASA/GSFC, Greenbelt, MD.

Schott J. R., Salvaggio C. e Volchok W. J., 1988. *Radiometric scene normalization using pseudoinvariant features*. Remote Sensing of Environment, 26: 1-16.

Tso B. e Mather P.M., 2001. *Classification methods for remotely sensed data*. Taylor & Francis.

Vermote E.F., Tanré D., Deuzé J.L., Herman M. e Morcrette J.J., 1997. *Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6S: An Overview*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 35(3): 675-686.