

# **DEFINIZIONE DI UN METODO INTEGRATO PER L'ANALISI DELLE DINAMICHE STRUTTURALI IN AMBITO FORESTALE**

Luca GIRARDI, Raffaele LAFORTEZZA, Giovanni SANESI, Giuseppe COLANGELO

greenLab - Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Università degli Studi di Bari  
Via Amendola 165/A - 70126 Bari – Tel. 080 5443023 – Fax – 080 5442976 - [www.greenlab.uniba.it](http://www.greenlab.uniba.it)

## **RIASSUNTO**

In questo studio si propone una metodologia di analisi, basata su tecniche GIS, a supporto dei processi di pianificazione e gestione sostenibile delle risorse forestali. Il metodo in questione integra fonti informative di varia natura e riferite a più epoche temporali, al fine di valutare l'entità dei cambiamenti strutturali aventi luogo in ambiti forestali di limitate dimensioni (scale comunale). Nella fattispecie, il metodo proposto è stato sviluppato con riferimento al comprensorio boschivo comunale "Difesa Grande" ubicato nel territorio di "Gravina in Puglia", provincia di Bari. Il metodo ha previsto lo svolgimento di sei fasi tra loro in successione nel corso delle quali sono state analizzate ed integrate, in un unico sistema di riferimento, fonti informative quali: cartografie storiche (carta IGM del 1874, rilievi topografici del 1897, 1896, 1914, 1958, ecc.), cartografie tematiche (carta della vegetazione 1995) e fotogrammi di volo relativi agli anni 1955, 1973 e 2003. I risultati ottenuti attraverso l'analisi multitemporale (elaborata in ambiente GIS) hanno permesso di evidenziare come l'attuale assetto strutturale del bosco comunale "Difesa Grande" sia oramai fortemente compromesso dal protrarsi di tagli irrazionali, pascolo intensivo, fenomeni incendiari e, soprattutto, dall'assenza di un piano di gestione. Appare, pertanto evidente la necessità di predisporre un piano di gestione basato sui criteri fondamentali della sostenibilità e multifunzionalità delle risorse forestali al fine di preservarne la valenza ambientale ed il valore storico.

## **ABSTRACT**

Managing forest resources is a complex process of balancing human activities with conservation strategies based on sustainable principles. In this study, we propose an integrative method as a way to support the process of planning and managing forest ecosystems in highly fragmented and human-dominated environments, like the Mediterranean landscapes. Such method integrates historical, cultural, and environmental data, thus detecting structural changes occurring within forest ecosystems over time. The method has been applied to the "Difesa Grande" forest located in the municipality of "Gravina in Puglia", Apulia region, Southern Italy. For this area we collected historical data (1874, 1897, 1896, 1914, 1958, 1977, 1990), thematic maps (e.g., vegetation map 1995), and aerial photographs (1955, 1973, 2003). Such data have been digitized and geocoded in a unique reference system, using GIS technologies. Data have been then interpreted, thus deriving forest maps for the following years: 1955, 1973 and 2003. Results show how the current structural pattern of this forest area has been mainly determined by anthropogenic factors (e.g., coppicing, forest fires, overgrazing, etc.) which have simplified the inherent diversity of the forest. As a consequence, it is critical to define strategies for the sustainable and multi-functional management in order to preserve the environmental and historical values of this forest area.

## INTRODUZIONE

L'evoluzione del paesaggio forestale, così come si presenta alla nostra osservazione, è la diretta conseguenza di una serie di fattori (biotici, abiotici e antropici) che agiscono sulle componenti ecosistemiche elementari del paesaggio stesso (i.e., tessere, corridoi e matrice). I mutamenti socio-economici degli ultimi decenni hanno comportato cambiamenti radicali nei metodi di gestione dei sistemi forestali, determinando dinamiche strutturali, più o meno accentuate, quali ad esempio perdita di vegetazione, fenomeni di desertificazione e semplificazione dei mosaici ambientali (Regione Sicilia, 2003). In continuità con lavori analoghi condotti a livello internazionale (Takeuchi et al., 2003) e nazionale (Agnoletti, 2002), in tale lavoro si propone un metodo integrato quale strumento di analisi dei cambiamenti aventi luogo in ambiti forestali di limitate dimensioni (scale comunale). Nella fattispecie, le finalità dello studio sono state le seguenti: (1) ottenere uno strumento in grado di analizzare l'evoluzione dei paesaggi forestali; (2) valutare i fattori principali alla base di tali cambiamenti; (3) fornire criteri per la conservazione e gestione quale supporto all'attività di pianificazione forestale. Il metodo in questione è stato sviluppato con riferimento ad un particolare caso di studio rappresentato dal comprensorio boschivo comunale "Difesa Grande" ubicato nel territorio di "Gravina in Puglia", provincia di Bari. Il metodo ha previsto lo svolgimento di una serie di fasi tra loro in successione nel corso delle quali sono state prodotte cartografie tematiche (carte delle vegetazione) riferite agli anni 1955, 1973 e 2003. L'analisi congiunta dei diversi tematismi ha permesso di quantificare l'entità dei cambiamenti strutturali avvenuti nell'ambito considerato e di mettere in relazione tali cambiamenti con le vicende storiche documentate nel materiale raccolto.

## METODOLOGIA

Il metodo in questione è stato sviluppato con riferimento all'area boschiva comunale "Difesa Grande" (2000 ha circa), "Gravina in Puglia". Si tratta di un complesso boscato tra i più rilevanti dell'intera regione per l'origine quasi completamente spontanea e per la notevole diversità floristica presente (a prevalenza di roverella, *Q. pubescens* Willd., cerro, *Q. cerris* L. e farnetto, *Q. frainetto* Ten.). L'analisi di tale contesto ha previsto una fase preliminare di raccolta delle fonti informative rappresentate da cartografie di base, foto aeree ed ortofoto (Tab.1).

Tabella 1 – Dati di partenza

TIPOLOGIA	ANNO	PROVENIENZA
Cartografia	1874	A.S. BARI-UTE cartone III cassetiera C/3
	1896	Arc.Com., Cat.XI, busta 2, fascicolo 52
	1897	Arc.Com., Cat.XI, busta 2, fascicolo 10
	1914	Arc.Com., Cat.IX, busta 2, fascicolo 52
	1932	Arc.Com., Cat.IX, busta 7, fascicolo 42
	1938	Milizia Forestale
	1949	Arc.Com., Cat.IX, busta 9, fascicolo 27
	1958	Arc.Com., Cat.IX, busta 5, fascicolo 28
	1977	Comune di Gravina
	1990	Privati cittadini
	1995	Università di Bari (Forte, 1995)
Foto aeree	1955	IGM
	1973	IGM
	2003	IGM
Ortofoto	1997	AIMA
	2001	AGEA

Qui di seguito si riportano le fasi fondamentali in cui si è articolata la metodologia:

### **Step1: Omogeneizzazione dati**

I dati cartografici sono stati convertiti in formato digitale per poi essere geocodificati nel sistema di riferimento (Gauss-Boaga/Roma40). Nel caso delle cartografie storiche (carta IGM del 1874, rilievi topografici del 1897, 1896, 1914, 1958 ecc.), tale operazione non è stata esente da problematiche connesse alla scarsa risoluzione geometrica dei dati e alla non perfetta leggibilità di alcuni dei tematismi riportati in legenda.

### **Step 2: Fotointerpretazione**

La sovrapposizione dei diversi *layers* ha permesso l'identificazione delle tipologie vegetazionali presenti nell'area e la loro successiva classificazione nelle seguenti macro-tipologie: 1) querceto, comprensivo delle tre specie viste in precedenza; 2) rimboschimento, costituito in prevalenza da pino d'Aleppo (*Pinus halepensis* Miller); 3) pascolo erboso rappresentato da vegetazione per la maggior parte erbacea; 4) pascolo cespugliato, ossia "pascoli costellati da arbusti o piccoli alberi sparsi" (Forte, Vita, 1997); 5) formazioni riparie, a cui sono associati arbusteti con elementi igrofilo lungo il fondo di una lama; 6) chiarie e/o aree percorse da incendi, caratterizzate dalla quasi totale assenza di vegetazione.

Nel caso dell'anno 2003 (dato più recente a disposizione), il riconoscimento delle tipologie è stato coadiuvato da rilievi in campo condotti a più riprese nella primavera del 2004 e per mezzo delle informazioni riportate in una carta della vegetazione (scala 1: 10.000) realizzata nel 1995 (Forte, 1995). Una semplice fotointerpretazione a video (condotta da personale esperto) è stata invece effettuata per i dati riferiti agli anni 1955 e 1973. I dati vettoriali così prodotti sono stati, di seguito, convertiti in formato *grid* (cella=3m).

### **Step 3: Individuazione delle classi di variazione**

In questa fase, sono stati eseguiti una serie di *combine* tra le carte della vegetazione relative agli anni 1955, 1973 e 2003 ottenute in fase 2. La "combinazione spaziale" delle tre carte ha consentito di stimare i cambiamenti avvenuti a livello di ciascuna (macro)tipologia vegetazionale nel periodo considerato. Le classi di cambiamento considerate sono state le seguenti: 1) riduzione del querceto, "RQ"; 2) contatto del querceto con il rimboschimento, "QP"; 3) aumento del querceto, "AQ"; 4) rimboschimento, "RIMBO"; 5) variazioni non significative, "NS"; 6) *no-change*, "NC".

### **Step 4: Realizzazione del DTM**

L'identificazione dei cambiamenti a livello di tipologie vegetazionali è stata seguita dalla realizzazione di un modello digitale del terreno (DEM, *Digital Elevation Model*) per l'area di studio (Fig.1). Come dati di partenza per la costruzione del DEM sono state utilizzate le curve di livello estratte, mediante digitalizzazione a video, dalle carte tecniche. Il DEM è stato di seguito utilizzato per derivare le cosiddette mappe di *slope* e *aspect* che rappresentano rispettivamente l'andamento delle pendenze (15 classi) e le esposizioni (9 classi) dei versanti nell'area esaminata.

### **Step 5: Integrazione dati di vegetazione, pendenza ed esposizione**

Questa fase della metodologia ha previsto l'analisi spaziale dei *layers* relativi ai cambiamenti delle tipologie vegetazionali (anni: 2003-1973 e 1973-1955) in rapporto ai dati di pendenza ed esposizione. I dati spaziali derivanti dall'integrazione dei diversi strati informativi sono stati quindi oggetto di analisi statistica volta a determinare la significatività dei cambiamenti nelle diverse tipologie vegetazionali (dinamiche compositive-strutturali) in riferimento alle classi di pendenza ed esposizioni in precedenza identificate.

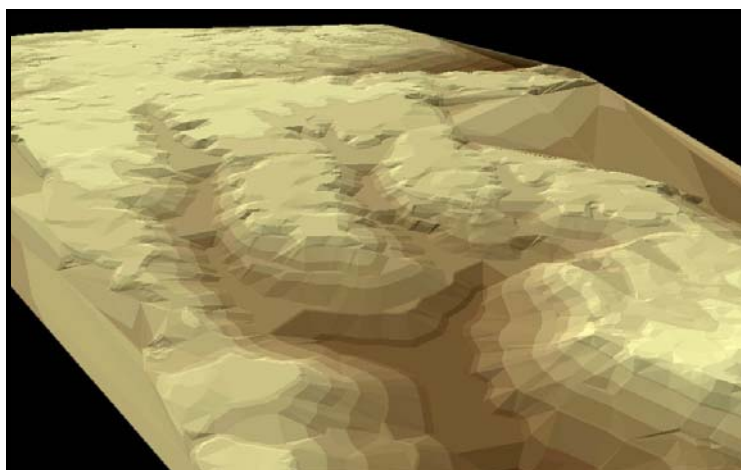


Figura 1: Modello digitale del terreno dell'area di studio, vista SE

### Step 6: Analisi della significatività dei cambiamenti

In questa fase si è proceduto alla valutazione della significatività dei cambiamenti a livello di tipologie vegetazionali ed in rapporto ai parametri di pendenza ed esposizione. A tale proposito, sono state formulate le seguenti ipotesi nulle:

1. **Ipotesi  $H_0$ :** la struttura delle tipologie forestali non è varia in maniera significativa al variare della sequenza temporale considerata.
2. **Ipotesi  $H_0$ :** la distribuzione delle tipologie forestali nell'area di studio per sequenza temporale considerata non è influenzata in maniera significativa dalla pendenza e dall'esposizione dei versanti.

### **RISULTATI**

Per confermare o rigettare l'**ipotesi 1** sono state calcolate le frequenze di occorrenza (numero di pixel) di ciascuna tipologia vegetazionale per i tre anni considerati (Tab.2). Le frequenze sono state quindi oggetto di analisi statistica mediante determinazione del valore del chi-quadro (Tab.3).

Tabella 2 - Frequenze delle tipologie forestali espresse come numero di pixel (C0: assenza di vegetazione; C1: pascolo erboso; C2: pascolo cespugliato; C3: querceto; C4: formazioni riparie; C8: rimboschimento)

Classe	Tempo		
	1955	1973	2003
C0	5770	11494	36022
C1	149288	86586	172495
C2	896493	405006	173033
C3	1050981	1442235	1317222
C4	5701	5784	8508
C8	0	157128	400953
<b>Tot</b>	<b>2108233</b>	<b>2108233</b>	<b>2108233</b>

Tabella 3 - Valori del chi-quadro e relativa significatività

Classe	$\chi^2$	P
C0	29327,34	< 0,0001
C0 (T1-T2)	1904,97	< 0,0001
C0 (T2-T3)	12804,74	< 0,0001
C1	31022,01	< 0,0001
C1 (T1-T2)	17655,08	< 0,0001
C1 (T2-T3)	1811,82	< 0,0001
C2	724083,09	< 0,0001
C2 (T1-T2)	268468,55	< 0,0001
C2 (T2-T3)	107881,99	< 0,0001
C3	158171,16	< 0,0001
C3 (T1-T2)	150229,69	< 0,0001
C3 (T2-T3)	16389,52	< 0,0001
C4	768,01	< 0,0001
<b>C4 (T1-T2)</b>	<b>0,59</b>	<b>0,4436</b>
C4 (T2-T3)	520,57	< 0,0001
C8	481299,94	< 0,0001
C8 (T1-T2)	163208,00	< 0,0001
C8 (T2-T3)	122776,39	< 0,0001

Dalla analisi dei dati in tabella 3, si evidenzia come sia possibile rigettare l'ipotesi 1 (i.e., il cambiamento della tipologia vegetazionale considerata è stato significativo) in tutti i casi ( $p < 0,0001$ ) tranne che per quello relativo alle formazioni riparie (C4) per le quali non si evidenziano variazioni strutturali significative nel periodo 1955-1973. Anche nel caso dell'**ipotesi 2** sono state calcolate le frequenze di occorrenza delle tipologie forestali per ciascuna classe di pendenza ed esposizione. In tabella 4, si riportano i valori del chi-quadro e la relativa significatività con riferimento al parametro esposizione. L'ipotesi 2 può essere rigettata ( $p < 0,0001$ ) per tutte le classi di esposizione considerate. Questo risultato è stato ottenuto anche nel caso del parametro pendenza.

Tabella 4 - Valori del chi-quadro e relativa significatività (parametro esposizione)

	1955		1973		2003	
	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P	$\chi^2$	P
<b>C1</b>	93247,93	0.001	38503,78	0.001	55224,05	0.001
<b>C2</b>	88665,59	0.001	56796,29	0.001	42177,60	0.001
<b>C3</b>	164685,47	0.001	115452,39	0.001	179140,83	0.001
<b>C4</b>	3705,75	0.001	3739,19	0.001	9327,76	0.001
<b>C0</b>	1097,22	0.001	2275,77	0.001	3676,81	0.001
<b>C6</b>	-	-	221247,84	0.001	166322,54	0.001

## **DISCUSSIONE**

Questo lavoro si è posto l'obiettivo di sviluppare ed applicare un metodo integrato per l'analisi delle componenti strutturali e dei cambiamenti aventi luogo in ambiti forestali di valenza locale. I risultati ottenuti dimostrano come la struttura delle tipologie vegetazionali nel comprensorio boschivo siano variate in modo significativo negli ultimi cinquantenni. Di particolare interesse, risulta il fenomeno di incremento della copertura quercina prevalentemente su superfici esposte ad Est e a Nord-Est e, in misura inferiore, da Sud-Ovest a Sud-Est, giustificabile con la scelta di un'unica classe "querceto" contenente sia i "querceti submesofili" sia quelli "xerofili e termoxerofili" le cui specificità sinecologiche e corologiche si sono probabilmente mediate e compensate. Inoltre, la riduzione del querceto con relativa degenerazione a favore della vegetazione pascoliva, si è verificata su territori esposti in prevalenza a Sud, Sud-Est; mentre il pascolo cespugliato si è rinvenuto omogeneamente distribuito, a testimonianza della presenza indisturbata di bestiame su tutto il comprensorio. Il lavoro proposto consente, tra l'altro, di testare la validità della metodologia di indagine in vista di un possibile utilizzo della medesima anche in altri contesti.

## **CONCLUSIONI**

Negli ultimi anni, la visione delle risorse forestali è cambiata profondamente ponendo sempre più l'attenzione ad una gestione orientata alla promozione e salvaguardia delle funzioni ecologico-ambientali e turistico-ricreative del "sistema bosco". In quest'ottica, il governo delle risorse forestali non può prescindere da una corretta pianificazione al fine di coniugare produttività, conservazione e sostenibilità degli interventi (Regione Toscana, 2000). Il lavoro svolto nell'ambito del comprensorio comunale "Difesa Grande" ha evidenziato come la struttura del bosco sia cambiata in modo significativo negli ultimi 50 anni in ragione di fattori di ordine naturale (es. successioni secondarie) ma soprattutto sociale e culturale (come evidenziato dalle fonti informative consultate): sovrapascolamento, incendi, irrazionale sfruttamento delle produzioni legnose e il conseguente innesco di processi degradativi, quale ad esempio il diffuso fenomeno di deperimento delle specie quercine. Tutto questo ha determinato e sta determinando una diminuzione della copertura forestale ed una semplificazione ecologico-strutturale e compositiva del paesaggio forestale. L'analisi di queste dinamiche condotta con il largo impiego di tecniche e tecnologie GIS è il presupposto fondamentale per regolamentare le attività forestali attraverso il miglioramento dei boschi esistenti, l'ampliamento dell'attuale superficie boschiva, la razionale utilizzazione dei boschi e dei pascoli, la valorizzazione economica e l'ottimizzazione dell'impatto sociale.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- Regione Toscana (2000), "Direttive per la redazione del piano di gestione (art. 30, L.R. 39/2000), Sistema Informativo (SIPAFOR) e Monitoraggio". <http://www.rete.toscana.it>
- Regione Sicilia. (2003), "Piano forestale regionale. Linee guida". <http://www.regione.sicilia.it>
- Agnolotti M. (2002), Il paesaggio agro-forestale toscano, ARSIA, Regione Toscana.
- Forte L. (1995), "Flora e vegetazione". In: Lombardi V., Romano G., Semerari P. Quadro conoscitivo del Bosco Comunale "Difesa Grande". Comune di Gravina in Puglia.
- Forte L., Vita F. (1997), "Contributo alla conoscenza della vegetazione erbacea del bosco comunale Difesa Grande (Gravina in Puglia)", *Monti e Boschi* 4: 29-38, Edagricole, Bologna.
- Takeuchi K., Brown R.D., Washitani I., Tsunekawa A., Yokohari M., (2003), *Satoyama, the traditional rural landscape of Japan*. Springer, Tokyo.