

## UTILIZZO DI TECNICHE OBJECT ORIENTED PER LA CARTA DEI TIPI FORESTALI DEL COMUNE DI ANTRODOCO (RI)

Walter MATTIOLI\*, Diego GIULIARELLI\*, Cesare CARLONI\*, Andrea LAMONACA\*

(\*) Dipartimento di Scienze dell' Ambiente Forestale e delle sue Risorse (DISAFRI), Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis snc, 01100 Viterbo, tel. +39 0761 357417, fax +39 0761 357389, email: [walter.mattioli@unitus.it](mailto:walter.mattioli@unitus.it); [dgiuliarelli@unitus.it](mailto:dgiuliarelli@unitus.it); [info@forestrees.com](mailto:info@forestrees.com); [alamo.sisfor@unitus.it](mailto:alamo.sisfor@unitus.it)

### Riassunto

La tipologia forestale è un sistema di classificazione dei soprassuoli boschivi che, associando le informazioni da differenti basi conoscitive, produce un'insieme di unità floristico-ecologico-selviculturali su cui è possibile basare la pianificazione forestale e territoriale. Le cartografie dei tipi forestali hanno valenza operativa nelle scelte di gestione e pianificazione forestale. Obiettivo del presente contributo è testare una metodologia basata su tecniche *object oriented* applicate a un'immagine telerilevata ad alta risoluzione per la realizzazione della cartografia dei tipi forestali nell'ambito del Comune di Antrodoco (Rieti, Lazio). Sulla base di studi di tipologia forestale in Abruzzo e con il supporto di contributi alla tipologia forestale realizzati per il Lazio è stato messo a punto il sistema di nomenclatura dei tipi forestali per il caso di studio.

Il processo di segmentazione applicato a un'immagine multispettrale ad alta risoluzione QuickBird ha consentito di ottenere poligoni caratterizzati da coerenza spettrale e geometrica. Tramite interpretazione a video dell'immagine QuickBird e con il supporto di ortofoto a colori, ogni poligono ottenuto dalla segmentazione è stato classificato, in via preliminare, per tipo forestale, forma di governo e struttura, grado di copertura del soprassuolo arboreo e successivamente verificato a terra tramite rilievo speditivo.

La metodologia testata ha fornito indicazioni positive nell'utilizzo delle tecniche *object oriented* a supporto della perimetrazione dei tipi forestali. La Carta dei Tipi Forestali del Comune di Antrodoco ha permesso di "fotografare" la situazione delle formazioni forestali analizzate, evidenziando i rapporti dinamici tra i tipi forestali e le loro peculiarità intrinseche e di ottenere indicazioni orientative di massima di gestione selvicolturale.

### Abstract

The forest types are a classification system of the forest stands that, associating information from different multiple information sources, supports the delineation of floristic-ecological-silvicultural units, on which is possible to base the forest management and the territorial planning. Aim of this work is to test a methodology, based on *object oriented* techniques applied to a remotely sensed very high resolution image, to produce the forest type map of the Antrodoco Municipality (Rieti, central Italy). The multiresolution segmentation technique applied to a Quickbird multispectral image allowed to obtain polygons characterized by spectral and geometric homogeneity. Through a on screen interpretation of the VHR image and with the support of orthophotos, each polygon was classified by forest type, silvicultural system, stand coverage level, and afterwards checked by field survey.

The produced forest types map of Antrodoco highlights the dynamic relationships among the forest types and their intrinsic characteristics, and general forest management indications.

## 1. Introduzione

Le immagini ad alta risoluzione (*Very High Resolution*) sono divenute negli ultimi anni un valido strumento di supporto nel monitoraggio delle risorse ambientali, perché consentono di eseguire oggettive analisi degli eventi occorsi e permettono di ottenere dati quantitativi e qualitativi sufficientemente affidabili su ampie superfici a costi relativamente contenuti. L'utilizzo di questo tipo di immagini associato con tecniche di classificazione *object-oriented* (Baatz et al., 2004) è di grande utilità soprattutto nel monitoraggio dei soprassuoli forestali (Chirici et al., 2006; Lamonaca, 2006) e come supporto per una gestione forestale sostenibile basata su informazioni tipologiche.

In Italia le prime applicazioni di tipologia forestale risalgono agli anni novanta (Del Favero et al., 1990), quando venne data la seguente definizione: “... *sistemi di classificazione delle aree forestali che, pur partendo da basi dottrinali spesso diverse, forniscono un'insieme di unità floristico-ecologico-selvicolturali sulle quali è possibile basare la pianificazione forestale o, più in generale, la pianificazione territoriale. Si tratta, quindi, di schemi di classificazione con evidente significato applicativo e perciò, da una parte, essi risultano semplificati rispetto a quelli predisposti con finalità di carattere più strettamente scientifico e, dall'altra, prevedono, per ogni unità evidenziata, la formulazione di indicazioni tecnico-selvicolturali*”. Con il passare degli anni, venne formulato un “*sistema di classificazione delle formazioni forestali cui affiancare specifici modelli colturali, sistema che si configurava come una tipologia forestale*” (Del Favero, 2004). Nei lavori di tipologia forestale è comunemente adottata una struttura gerarchica delle unità tipologiche: l'unità di riferimento è il *tipo*, all'interno del quale possono essere differenziati i *sottotipi* e/o delle *varianti*; l'insieme di più tipi costituisce un'unità d'ordine superiore, la *categoria* o in alcuni casi la *sottocategoria*.

A partire da queste considerazioni preliminari, il presente lavoro si è prefissato come obiettivo quello di testare una metodologia basata sulla segmentazione multirisoluzione applicata a un'immagine ad alta risoluzione QuickBird, per la realizzazione della cartografia dei tipi forestali nell'ambito del Comune di Antrodoco (Rieti, Lazio).

## 2. Area di studio

L'area di studio è il territorio del Comune di Antrodoco con un'estensione complessiva di circa 6520 ha. Sulla base della cartografia Corine Land Cover 2000, all'interno di una matrice composta essenzialmente da territori boscati e ambienti seminaturali (88%) si rinvenivano anche alcune superfici agricole (11%) e aree urbanizzate (1%).

## 3. Metodologia

Il sistema di nomenclatura della “Carta dei tipi forestali del Comune di Antrodoco” è stato realizzato sulla base delle tipologie forestali della Regione Abruzzo (Pignatti e Ettore, 2004), per le affinità floristiche e geografiche tra l'area del reatino e la Regione Abruzzo, in particolare con la Provincia de L'Aquila, e con il supporto di contributi preliminari sulle tipologie forestali per il Lazio (Cerulli, 1999; Leccese, 1999). Il sistema nomenclaturale adottato prevede 11 categorie e 21 tipi (Tabella 1). Il tipo forestale è l'unità minima cartografabile.

I dati ancillari utilizzati sono stati: ortofoto a colori del volo IT2000 con risoluzione nominale di 1 m; Carta Tecnica Regionale; DEM costruito localmente per l'area di studio; limiti comunali e particellare catastale.

Le fasi della metodologia utilizzata sono sintetizzate in Figura 1.

L'immagine satellitare multispettrale ad alta risoluzione QuickBird è stata acquisita il 01.08.2004, ortocorretta e coregistrata sulla base delle ortofoto digitali a colori. Questa immagine è stata sottoposta ad un processo di segmentazione multirisoluzione, utilizzando tutte e quattro le bande spettrali (blu, verde, rosso e vicino infrarosso). Il processo di segmentazione permette la generazione automatica di poligoni vettoriali caratterizzati da un certo grado di omogeneità spettrale.

La procedura di segmentazione si basa sull'utilizzo dell'algoritmo implementato nel software eCognition (Benz et al., 2004) di tipo *bottom-up*: i *pixel* dell'immagine originaria vengono aggregati in una serie di passaggi successivi fino a quando i poligoni creati non hanno caratteristiche corrispondenti a quelle definite dall'operatore. Sono stati creati 3 livelli di segmentazione con fattore di scala decrescente, pari a 100, poi a 50 e infine a 40, utilizzando i seguenti parametri: *Shape Factor* = 0,6, *Compactness* = 0,9. La copertura vettoriale realizzata con il fattore di scala più piccolo (fattore di scala pari a 40) è stata utilizzata per la successiva fase di definizione dei poligoni di bosco.

Categorie	Tipi
A. Leccete	1. Lecceta rupicola
B. Querceti a roverella	2. Querceto di roverella pioniero
	3. Querceto di roverella mesoxerofilo
C. Cerrete	4. Cerreta submontana
	5. Cerreta mesofila
	6. Ostrio-cerreta
D. Orno-ostrieti	7. Orno-ostrieto pioniero
	8. Ostrieto submontano
	9. Ostrieto mesofilo
E. Castagneti	10. Castagneto da frutto
	11. Castagneto neutrofilo
	12. Castagneto acidofilo
F. Faggete	13. Faggeta altomontana
	14. Faggeta submontana
	15. Faggeta montana
G. Formazioni riparie	16. Pioppeto-saliceto
H. Robinieto-ailanteti	17. Robinieto-ailanteto
I. Rimboschimenti di pino nero	18. Rimboschimento di pino nero
L. Rimboschimenti di altre conifere	19. Rimboschimento di altre conifere
M. Arbusteti	20. Arbusteto a ginestre
	21. Arbusteto a ginepri

Tabella 1 – Le classi del sistema di nomenclatura adottato

La maschera “bosco - non bosco” è stata realizzata con riferimento alla definizione di bosco adottata dal Forest Resources Assessment 2000 (Un-Ece/Fao Paper GE.97-2223I, 1997), con unità minima cartografabile pari a 0,5 ha.

Gli oggetti vettoriali generati sono stati sottoposti a una procedura di classificazione sulla base dei valori di NDVI calcolati sui valori dei *digital numbers* per ogni poligono generato e successiva validazione a video con il supporto dell'immagine QuickBird e delle ortofoto. Per maggiori dettagli sulla procedura applicata si veda Chirici, Corona (2006).

I poligoni identificati come bosco (11269 poligoni) sono stati, laddove possibile, preliminarmente classificati secondo tre attributi peculiari dei soprassuoli boscati:

1. *tipo forestale*, sulla base della nomenclatura riportata in tabella 1;
2. *grado di copertura* della proiezione delle chiome a terra, utilizzando tre classi di copertura (classe 1 = 10-20%; classe 2 = 20-50%; classe 3 = 50-100%);
3. *struttura* del bosco, tramite l'indicazione di fustaia, ceduo o popolamenti infraperti.

In questa fase a supporto sono state utilizzate l'immagine ad alta risoluzione QuickBird, le ortofoto digitali a colori e il DEM costruito localmente.

Tutti i poligoni classificati a video sono stati successivamente validati tramite una estensiva campagna di rilievi a terra con l'ausilio di un GPS a precisione submetrica. La classificazione prodotta è stata successivamente sottoposta a una procedura di generalizzazione in ambito GIS

tramite dissolvenza con i poligoni vicini per produrre la “Carta dei tipi forestali del Comune di Antrodoco”.

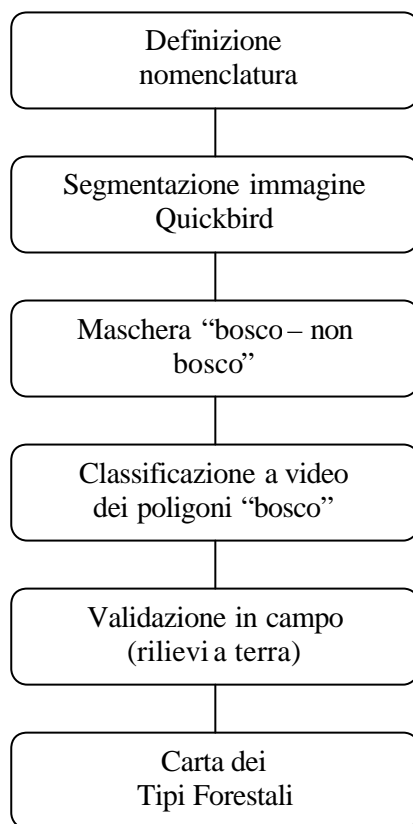


Figura 1 – Fasi della metodologia utilizzata per la realizzazione della “Carta dei Tipi Forestali”

#### 4. Risultati

Solamente lo 0,5% dei poligoni generati dalla segmentazione multirisoluzione dell’immagine ad alta risoluzione QuickBird sono stati modificati geometricamente perché non delimitavano in maniera appropriata gli attributi forestali proposti, in tutti gli altri casi, invece, è stato possibile assegnare l’attributo in modo univoco.

La “Carta dei tipi forestali del Comune di Antrodoco” è riportata in Figura 2. Analizzando il prodotto finale è stato possibile appurare che il Comune di Antrodoco vanta una superficie boscata di 4309,3 ha, pari al 66,1% dell’intero territorio comunale. Su questa superficie insistono i ventuno tipi forestali e le undici categorie come già indicato in Tabella 1.

Le tipologie più diffuse sono l’ostrieto mesofilo, con 974 ha (22,6%), la faggeta submontana, con 786 ha (18,24%) e il querceto di roverella pioniero, con 487 ha (11,29%), mentre le meno diffuse risultano essere il pioppeto-saliceto, il robinieto-ailanteto e l’arbusteto a ginepri, che insieme coprono meno dello 0,3% del territorio (Tabella 2). Per quanto riguarda le categorie forestali, le faggete coprono il 34,9% del territorio, gli orno-ostrieti il 28,3% e i boschi di roverella il 17,4%, con superfici rispettivamente pari a 1505 ha, 1222 ha e 750 ha.

La forma di governo prevalente risulta il bosco ceduo, che, con 3815 ha di estensione, rappresenta l’88,5% del territorio boscato totale, mentre la fustaia è meno rappresentata, con una superficie pari a 405 ha (9,4% del territorio boscato); si rinvengono anche circa 90 ha di popolamenti infraperti, costituiti quasi esclusivamente da querceto di roverella mesoxerofilo.

I valori del grado di copertura delle chiome sono elevati: su 3880 ha essa supera il 50% di copertura (90% del territorio boscato), per 390 ha risulta compresa tra il 20% e il 50% (9% del territorio boscato) mentre resta compresa tra il 10% e il 20% solo per i rimanenti 40 ha (1% del territorio boscato).

<i>Tipo</i>	<i>Superficie [ha]</i>	<i>Tipo</i>	<i>Superficie [ha]</i>
Lecceta rupicola	29,87	Faggeta altomontana	316,34
Querceto di roverella pioniero	486,63	Faggeta submontana	786,16
Querceto di roverella mesoxerofilo	264,04	Faggeta montana	402,51
Cerreta submontana	58,83	Pioppeto-saliceto	3,74
Cerreta mesofila	156,37	Robinetto-ailanteto	3,72
Ostrio-cerreta	194,44	Rimboschimento di pino nero	91,31
Orno-ostrieto pioniero	56,61	Rimboschimento di altre conifere	42,47
Ostrieto submontano	190,38	Arbusteto a ginestre	13,54
Ostrieto mesofilo	974,29	Arbusteto a ginepri	3,81
Castagneto da frutto	102,47		
Castagneto neutrofilo	92,13		
Castagneto acidofilo	39,66		

Tabella 2 - Ripartizione della superficie forestale nei vari tipi considerati

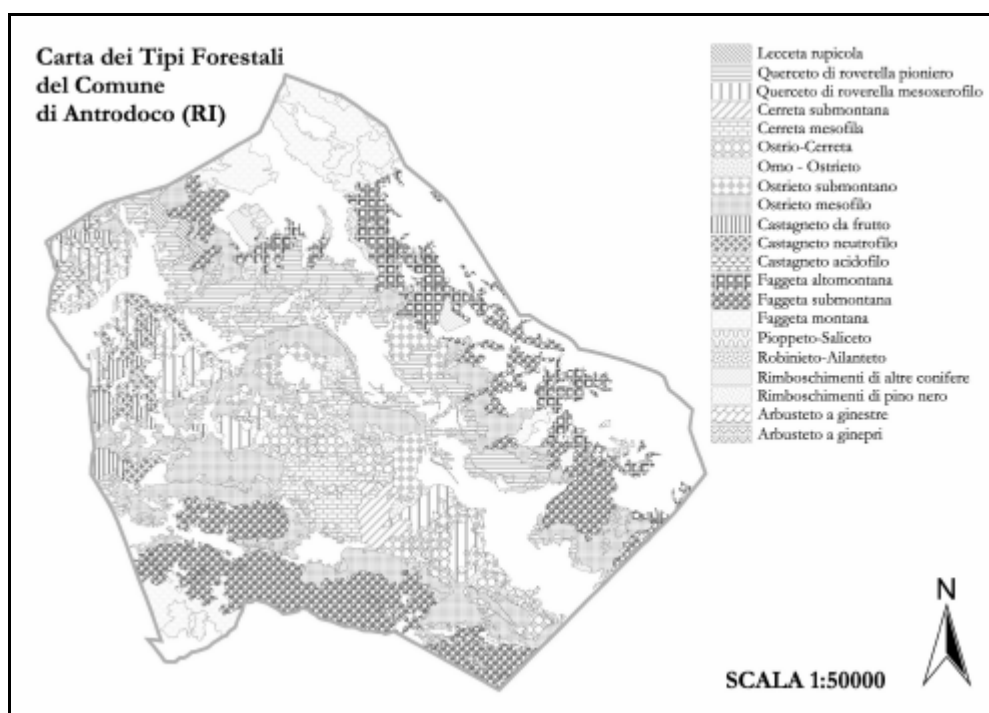


Figura 2 – La Carta dei Tipi Forestali del Comune di Antrodoco (RI)

## 5. Conclusioni

Le tecniche di segmentazione multirisoluzione applicate a un'immagine ad alta risoluzione QuickBird hanno permesso la delimitazione dei tipi forestali in maniera oggettiva e replicabile all'interno di un territorio caratterizzato principalmente da superfici boscate. Il 99,5% dei poligoni generati tramite processo di segmentazione dell'immagine QuickBird ha delimitato correttamente aree omogenee al loro interno per quanto riguarda i tre attributi forestali censiti. L'elevato fattore di scala applicato su tutta l'immagine durante il processo di segmentazione ha consentito l'individuazione di poligoni con caratteristiche differenti di superficie prossima all'unità minima

cartografabile (0,5 ha). A esempio è stato possibile individuare nella faggeta montana dei nuclei di fustaia all'interno di una matrice diffusa formata da popolamenti di faggio governati a ceduo. Il vantaggio più evidente della segmentazione rimane la velocità di esecuzione di tale operazione rispetto alla tradizionale digitalizzazione a video dei poligoni.

La metodologia proposta permette inoltre la creazione di mappe degli altri attributi censiti nel presente studio, come la carta del grado di copertura dei boschi e la carta della struttura e della forma di governo dei boschi. Sulla base di tali indicazioni e di osservazioni analitiche condotte durante la fase di rilievo a terra è stato possibile redarre alcune indicazioni orientative di massima per la gestione selvicolturale del territorio. Da un punto di vista operativo, la carta dei tipi forestali è inoltre un valido strumento di pianificazione forestale, in quanto base idonea per la redazione di piani di attuazione quale, a esempio, il piano di assestamento forestale.

La metodologia testata è da considerare come propedeutica per la cartografia di tipologie forestali partendo da differenti fonti informative, basate su immagini VHR e dati ancillari, quali studi sulla vegetazione forestale, inventari forestali regionali, DEM.

I risultati incoraggianti ottenuti, soprattutto per quanto riguarda i tempi operativi di applicazione, auspicano uno sviluppo in campo operativo delle tecniche di classificazione automatica *object-oriented* come supporto alla realizzazione delle tipologie forestali anche su scala provinciale e regionale, utilizzando immagini satellitari anche a minor risoluzione geometrica, ma con costi più contenuti rispetto al satellite QuickBird, quali, a esempio, lo Spot 5.

### **Riferimenti bibliografici**

- Baatz M., Benz U., Dehghani S., Heynen M., Holtje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G. (2004), *eCognition Professional. User Guide 4*. Definiens Imaging, Munchen, Germany.
- Benz U.C., Hofmann P., Willhauck G., Lingenfelder I., Heynen M. (2004), *Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information*. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 58: 239-258.
- Cerulli A. (1999), *I tipi forestali del Lazio dalla fascia costiera alla montano mediterranea*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università degli Studi della Tuscia – Viterbo.
- Chirici G., Barbati A., Corona P., Lamonaca A., Marchetti M., Travaglini D. (2006), *Segmentazione di immagini telerilevate multirisoluzione per la derivazione di cartografie di uso/copertura del suolo multiscala*. Rivista Italiana di Telerilevamento, 37: 113-136.
- Chirici G., Corona P. (2006), *Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali*. Aracne Editrice, Roma.
- Del Favero R., Andrich O., De Mas G., Lasen C., Poldini L. (1990), *La vegetazione forestale del Veneto. Prodromi di tipologia forestale*. Regione Veneto, Dipartimento Foreste, Mestre-Venezia, 177 pp.
- Del Favero R. (2004), *I boschi delle regioni alpine italiane. Tipologia, funzionamento, selvicoltura*. CLEUP, Padova, 600 pp.
- Lamonaca A. (2006), *Utilizzo di immagini QuickBird per il monitoraggio annuale della superficie forestale*. L'Italia Forestale e Montana, 61(2): 119-132.
- Leccese A. (1999), *Prodromi di tipologia forestale per le fasce montana e submontana del Lazio*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse, Università degli Studi della Tuscia – Viterbo.
- Pignatti G., Ettore M. (2004), *Procedure e definizioni per la classificazione dei tipi forestali*. In: Fattorini L., De Natale F., Gasparini P., Bertani R., Scrinzi G., Floris A., Pignatti G., Ettore M. (2004). *Inventario Forestale della Regione Abruzzo*. Documenti di progetto. Regione Abruzzo, ISAFSA, pp. 1-578.