

# **UTILIZZO DI IMMAGINI VHR CON TECNICHE OBJECT ORIENTED PER IL MONITORAGGIO DELLA SUPERFICIE FORESTALE: IL CASO DEI MONTI CIMINI (VT)**

Diego GIULIARELLI (\*), Andrea LAMONACA (\*)

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

## **Riassunto**

Obiettivo del presente lavoro è valutare, sulla base di una coppia di immagini *QuickBird* riprese in due anni successivi, le potenzialità di procedure *object oriented* per la produzione di classificazioni di uso e copertura del suolo volte all’individuazione degli eventi verificatisi a carico del bosco su una superficie complessiva di oltre 2000 ha in provincia di Viterbo. Al fine di garantire una corretta delimitazione delle superfici analizzate, le due immagini sono state segmentate indipendentemente l’una dall’altra e successivamente classificate ricorrendo a funzioni di appartenenza e di *standard nearest neighbour*. Il sistema di nomenclatura prescelto per le classificazioni è concorde con lo standard *Corine Land Cover*, raggiungendo, per le superfici boscate, il 4° livello gerarchico. Sulla base delle classificazioni di uso e copertura del suolo è stata realizzata un’ulteriore classificazione relativa agli eventi occorsi al soprassuolo forestale nell’arco temporale di riferimento. I cambiamenti individuati sono stati verificati tramite rilievi a terra.

I risultati conseguiti mostrano l’efficacia della procedura proposta per la delimitazione degli eventi occorsi alla superficie forestale indagata. L’utilizzo di immagini VHR, associato con tecniche di analisi *object oriented*, si conferma di particolare utilità nel monitoraggio dei soprassuoli boschivi e di supporto alla gestione sostenibile delle risorse forestali.

## **Abstract**

Aim of this work is to test, for a pair of QuickBird images acquired in two successive years, the performance of object oriented techniques for land use / land cover mapping focused on forest change detection. The study is carried out in province of Viterbo, on about 2000 ha area. Segmentation of the two QuickBird images has been carried out independently. The objects generated by the segmentation are classified according to the Corine Land Cover nomenclature system using membership and standard nearest neighbour functions. Subsequently the classifications of the QuickBird images have been joined in a new image where the forest cover changes are highlighted. Identified changes are checked by field survey. The obtained results prove the effectiveness of the applied techniques in the examined identification of forest cover changes. Exploiting VHR images by the object oriented classification approach is useful for forest monitoring and supports the choices of sustainable forest management.

## **1. Introduzione**

Le immagini satellitari ad alta risoluzione (VHR) si propongono come strumento di supporto nel monitoraggio delle risorse forestali, consentendo di condurre oggettive analisi multitemporali degli eventi occorsi e presentando il dettaglio geometrico richiesto per una gestione forestale sostenibile. In particolare, in ambiente mediterraneo tramite immagini VHR sono state condotte sperimentazioni sulla mappatura degli incendi boschivi (Chirici et al., 2003a; Marchetti, Ricotta, 2004), dei tipi

forestali (Chirici et al., 2003b; Ongaro, Ramat, 2003) e sulle classificazioni di uso e copertura del suolo (Chirici et al., 2003c; Giannetti et al., 2004; Chirici et al., 2006). Tra le tecniche sperimentate per valorizzare il contenuto informativo di questo tipo di immagini emerge, in particolare, l'approccio *object oriented* (Baatz et al., 2004) che, spostando l'analisi dal singolo *pixel* a insiemi di *pixel* che assumono il significato di oggetti, consente di ampliare notevolmente il contenuto informativo estraibile in modo automatico o semiautomatico dall'unità elementare di classificazione.

Scopo del presente lavoro è di valutare, sulla base di una coppia multitemporale di immagini *QuickBird*, le potenzialità di procedure *object oriented* per la realizzazione di classificazioni automatiche di uso e copertura del suolo volte all'individuazione degli eventi occorsi alla superficie forestale. Le classificazioni, ottenute per mezzo di funzioni di appartenenza e di *Nearest Neighbours*, vengono comparate tra loro per la produzione di un elaborato cartografico di sintesi volto ad evidenziare i cambiamenti verificatisi a carico della copertura forestale nell'arco temporale esaminato.

## 2. Area di studio

La zona esaminata si estende su una superficie complessiva di circa 2215 ha nel comprensorio forestale dei Monti Cimini, nell'alto Lazio, in provincia di Viterbo. L'area risulta coperta per circa 80% da soprassuoli forestali, di cui oltre due terzi rappresentati da cedui semplici matricinati di castagno. La rimanente superficie boscata è costituita da cedui quercini di cerro e roverella e dalla fustaia di faggio che riveste la sommità del Monte Cimino.

## 3. Materiali e pre-elaborazioni

Lo studio ha per oggetto una coppia di immagini multitemporali telerilevate dal satellite *QuickBird* rispettivamente il 24 giugno 2003 e il 29 settembre 2004. Per la stessa area sono stati utilizzati come dati ancillari la copertura ortofotografica digitale a colori IT2000 con risoluzione geometrica nominale di 1 m e un modello digitale del terreno (DEM – *Digital Elevation Model*) con passo di 20 m. Il dato grezzo *QuickBird* è stato sottoposto a ortorettifica e coregistrazione attraverso un modello matematico basato su funzioni polinomiali razionali (RPF) raggiungendo valori di RMSE di poco inferiori al metro per ambedue le immagini multispettrali.

Ciascuna immagine è stata segmentata indipendentemente, utilizzando in entrambi i casi tutte e quattro le bande spettrali disponibili, impiegando i parametri riportati in tabella 1.

<i>QuickBird</i>	<i>Livelli di segmentazione</i>	<i>Peso relativo di ciascuna banda</i>	<i>Fattore di scala</i>	<i>Eterogeneità geometrica</i>	<i>Fattore di compattezza</i>	<i>Numero poligoni</i>
2003	I	1	250	0,1	0,5	170
	II	1	100	0,1	0,5	2102
	III	1	40	0,1	0,5	7409
2004	I	1	250	0,1	0,5	166
	II	1	100	0,1	0,5	4384
	III	1	30	0,5	0,8	13193

Tabella 1 - Parametri impiegati nel processo di segmentazione multirisoluzione delle immagini *QuickBird*.

#### 4. Metodi

Allo scopo di individuare gli eventi avvenuti nel periodo esaminato attraverso il confronto delle due classificazioni, entrambe le immagini sono state classificate utilizzando la medesima legenda articolata in nove classi: 1. infrastrutture; 2. seminativi; 3. colture legnose agrarie; 4. boschi a prevalenza di querce caducifoglie; 5. boschi a prevalenza di castagno; 6. castagneti da frutto; 7. boschi di faggio; 8. prati e pascoli; 9. superfici forestali utilizzate o percorse da incendi. Il sistema di nomenclatura prescelto è concorde con lo standard *Corine Land Cover* (CLC) (EEA, 2000), lievemente modificato per adattarlo al tipo di studio in esame. Per le superfici boscate si è giunti al 4° livello *Corine* proposto dal Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio (2005). Per le aree forestali percorse da incendi e per quelle sottoposte a interventi di taglio, si è reso necessario l'accorpamento in un'unica classe per conservare la corrispondenza tra le due legende, in quanto non si riscontrano superfici bruciate nell'immagine del 2003.

La classificazione *object oriented* è avvenuta per ciascuna immagine sulla base dei poligoni generati dal terzo livello di segmentazione, utilizzando il classificatore *Standard Nearest Neighbour* (STD.N.N.) in maniera singola o combinata a funzioni di appartenenza con logica *fuzzy*. L'algoritmo di STD.N.N. classifica gli oggetti immagine prodotti dalla segmentazione sfruttando attributi estratti da un campione di poligoni scelto manualmente (*training sites*). Ai fini dell'applicazione della procedura *Nearest Neighbours* sono stati selezionati come *training sites* rispettivamente circa il 26% e il 30% dei poligoni generati dalla segmentazione dell'immagine 2003 e 2004. Per entrambe le immagini la classificazione STD.N.N. è stata condotta mediante i medesimi attributi: media e deviazione standard dei valori dei *digital number* dei *pixel* di ciascun poligono estratti dalle quattro bande spettrali *QuickBird*; area e rapporto tra lunghezza e larghezza del poligono considerato; numero di poligoni di terzo livello in contatto con il poligono considerato. Mentre lo STD.N.N. è stato applicato a tutte le classi previste dal sistema di nomenclatura adottato, per migliorare la qualità delle classificazioni sono state impiegate appropriate funzioni di appartenenza per le classi di carattere forestale, i castagneti da frutto e le colture legnose agrarie. Attraverso l'utilizzo del DEM è stato possibile limitare la ricerca dei soprassuoli forestali e dei castagneti da frutto a determinati *range* altitudinali. Ricorrendo ad informazioni di tipo contestuale è stato possibile inoltre migliorare la classificazione delle superfici forestali utilizzate escludendo la possibilità di riscontrare al loro interno classi rappresentanti boschi o coltivazioni arboree. In particolare, attraverso la sogliatura di parametri che definiscono il bordo relativo di una classe ad aree tagliate, è stato possibile classificare correttamente anche superfici che per intensità di matricinatura assumono una risposta spettrale simile a quella degli altri soprassuoli arborei presenti nell'area.

Mediante l'incrocio (*cross-classification*) delle classificazioni *object oriented* prodotte per le immagini *QuickBird* è stato possibile ottenere infine un'immagine in cui vengono evidenziati i cambiamenti occorsi alla copertura forestale nel periodo esaminato. In particolare vengono distinte tre classi:

1. soprassuoli tagliati o percorsi da incendio;
2. ripresa vegetativa seguente al taglio;
3. superfici invariate.

La classe di *soprassuoli tagliati o percorsi da incendio* fa riferimento a quelle superfici che nell'immagine del 2003 appaiono rivestite da una copertura forestale continua, mentre nell'immagine dell'anno successivo risultano tagliate o percorse dal fuoco. La classe della *ripresa vegetativa seguente al taglio* è costituita da superfici boschive caratterizzate da un'età pari a un anno per effetto di tagli riscontrati nell'immagine del 2003. Le superfici invariate rappresentano tutte quelle aree che nel periodo di studio non mostrano alcun evento, né di origine antropica né di origine naturale, che potesse assegnarle alle classi precedenti.

La verifica delle classificazioni prodotte è avvenuta escludendo le superfici di *training* e definendo la verità a terra mediante interpretazione a video di ortofoto e immagini *QuickBird* e successiva validazione in campo. Il livello di corrispondenza tra le classificazioni e la verità a terra è stato

quantificato attraverso la matrice di confusione e il calcolo dell'indice KIA (*Kappa Index of Agreement*) e dei valori di accuratezza del produttore (AP) e dell'utilizzatore (AU) per le varie classi cartografate.

## 5. Risultati

La classificazione *object-oriented* di uso e copertura del suolo dell'anno 2003 ha raggiunto un livello di accuratezza tematica superiore rispetto alla classificazione dell'immagine ripresa nell'anno successivo, registrando rispettivamente nel primo caso un KIA pari a 0,74 e nel secondo un KIA pari a 0,67.

Classi mappate	Immagine anno 2003		Immagine anno 2004	
	AP	AU	AP	AU
Infrastrutture	0,84	0,76	0,42	0,44
Seminativi	0,71	0,53	0,76	0,83
Colture legnose agrarie	0,44	0,48	0,21	0,22
Boschi a prevalenza di querce caducifoglie	0,70	0,85	0,55	0,68
Boschi a prevalenza di castagno	0,94	0,89	0,91	0,87
Castagneti da frutto	0,76	0,76	0,78	0,77
Boschi di faggio	0,70	0,89	0,81	0,90
Prati e pascoli	0,45	0,54	0,35	0,52
Superfici forestali utilizzate o percorse da incendi	0,74	0,88	0,85	0,89

Tabella 2 - Valori di accuratezza del produttore (AP) e accuratezza dell'utilizzatore (AU) nella classificazione delle immagini QuickBird.

A livello di singole classi, buoni risultati di classificazione si riscontrano per i soprassuoli forestali, soprattutto per i *Boschi a prevalenza di castagno* (Tabella 2). Unica eccezione è rappresentata dalla classe dei *Boschi a prevalenza di querce caducifoglie*, per la quale nella classificazione del dato 2004 si rilevano valori di accuratezza inferiori a 0,7. Risultati discreti sono stati ottenuti anche per l'identificazione automatica delle superfici forestali interessate nel periodo esaminato da eventi di taglio o incendio, raggiungendo livelli di accuratezza prossimi o comunque superiori a 0,75. In entrambe le classificazioni le classi *Colture legnose agrarie* e *Prati e pascoli* sono quelle per cui si riscontra una minore accuratezza tematica.

Il dato generato dall'incrocio delle classificazioni di uso e copertura del suolo delle immagini *QuickBird* ha fornito un KIA pari a 0,85. Il riconoscimento delle superfici forestali interessate nel periodo esaminato da interventi di taglio e dal passaggio del fuoco appare generalmente buono, registrando, a eccezione del valore di AP della classe della *Ripresa vegetativa seguente il taglio*, valori di accuratezza superiori a 0,8 (tabella 3).

<i>Classi mappate</i>	<i>AP</i>	<i>AU</i>
Superfici invariate	1,00	1,00
Ripresa vegetativa seguente il taglio	0,72	0,90
Soprassuoli tagliati o percorsi da incendio	0,86	0,89

Tabella 3 - Valori di accuratezza del produttore (*AP*) e accuratezza dell'utilizzatore (*AU*) nella classificazione dei cambiamenti occorsi al bosco.

## 6. Discussione e conclusioni

L'applicazione di procedure *object oriented* ad immagini multitemporali ad alta risoluzione *QuickBird* si è dimostrata utile per l'individuazione degli eventi verificatesi a carico della superficie forestale esaminata. Attraverso questo approccio l'unità minima correttamente cartografabile è risultata pari a circa 0,5 ettari, riuscendo a classificare un taglio condotto in un ceduo di castagno nel settore sud dell'area di studio. Delle quattro bande spettrali quella che apporta il maggior contenuto informativo alla classificazione dei soprassuoli tagliati è la banda del rosso, mentre la banda dell'infrarosso è di supporto per l'identificazione delle aree percorse da incendio.

Durante la classificazione automatica di entrambe le immagini sono state riscontrate difficoltà da parte del classificatore STD.N.N. nel distinguere tra loro i soprassuoli forestali appartenenti alle classi considerate. In particolare i cedui quercini e la faggeta tendono ad essere confusi con i cedui a prevalenza di castagno. In questo caso l'introduzione di funzioni di appartenenza, che sfruttano le informazioni estratte da un modello digitale del terreno, ha portato significativi vantaggi alla classificazione. Altresì problematica è apparsa l'attribuzione in automatico alla medesima classe di aree tagliate caratterizzate da un'intensità di matricinatura differente. Le superfici utilizzate per le quali si è avuta la maggiore difficoltà ad ottenere una corretta classificazione sono quelle caratterizzate dalla presenza di soprassuoli quercini, di fossi o di altre realtà per le quali la normativa forestale vigente al momento dello studio (Regione Lazio, 1999; 2002) prescrive un rilascio di matricine superiore rispetto alle altre superfici forestali analizzate nel presente studio. Affiancare anche in questo caso al classificatore STD.N.N. apposite funzioni di appartenenza, elaborate sulla base di informazioni contestuali, ha permesso di risolvere per tali aree parte della sovrapposizione spettrale esistente con i restanti soprassuoli arborei presenti nell'immagine.

Le maggiori difficoltà sono state riscontrate nel discernere le coltivazioni legnose agrarie (nocciolieti, ecc.) dai castagneti da frutto. D'altra parte anche nella fotointerpretazione spesso emergono dubbi nel riconoscere tra loro queste classi, specialmente se trattasi di giovani impianti di castagno che presentano chiome di dimensioni analoghe a quelle di altre specie da frutto.

Il prodotto cartografico ottenuto dal confronto delle classificazioni, generate indipendentemente per ciascuna immagine della serie temporale, permette una sintesi immediata dei principali eventi occorsi al bosco durante le due stagioni silvane osservate. Le superfici forestali interessate da tagli o da incendi appaiono ben identificate soprattutto in riferimento all'ultima stagione silvana considerata ( $AP = 0,86$ ;  $AU = 0,89$ ), mentre si rileva una lieve sottostima delle superfici in ripresa vegetativa ( $AP = 0,72$ ).

In conclusione, alla luce dei risultati ottenuti, l'utilizzo di immagini VHR, associato con tecniche di analisi *object oriented*, si conferma efficace per l'individuazione degli eventi occorsi alla superficie forestale indagata, raggiungendo il grado di accuratezza (con riferimento a una scala 1:10.000) richiesta da coloro che operano in materia di pianificazione e gestione delle risorse forestali. Sarà comunque necessario ampliare la sperimentazione ad altri casi di studio, caratterizzati anche da differenti tipi forestali (cedui quercini caducifoglie e sempreverdi, orno-ostrieti, cedui di faggio, cedui composti ecc.), così da poter individuare le potenzialità e l'efficienza della procedura proposta in altri contesti applicativi.

## **Ringraziamenti**

Lavoro parzialmente svolto con fondi MIPAAF Ri.Selv.Italia (sottoprogetto 4.1.4, U.O. DISAFRI, Università della Tuscia, Responsabile: P. Corona) e con fondi MUR CarboItaly (U.R. DISAFRI, Università della Tuscia, Responsabile: R. Valentini).

## **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.
- Chirici G., Corona P., Marchetti M., Portoghesi L., Travaglini D. (2003a), “Feasibility assessment of very high resolution satellite imagery for hierarchical classification of burnt pine stands in a Mediterranean coastal environment”. In: *Alberi e foreste per il nuovo millennio*, pp. 67-72. De Angelis P., Macuz A., Bucci G., Scarascia Mugnozza G. (a cura di), 3° Congresso SISEF, Viterbo.
- Chirici G., Corona P., Marchetti M., Travaglini D. (2003b), “Testing Ikonos and Landsat 7 ETM+ potential for stand-level forest type mapping by soft supervised approaches”. In: *Advances in Forest Inventory for Sustainable Forest Management and Biodiversity Monitoring*, pp. 71-85. P. Corona, M. Kohl, M. Marchetta (eds), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Chirici G., Corona P., Travaglini D. (2003c), “Sperimentazione di tecniche di classificazione object-oriented di immagini QuickBird a fini forestali”. *L'Italia Forestale e Montana*, 4: 231-250.
- 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.
- EEA (2000), *CORINE land cover technical guide - Addendum 2000*. Technical report n. 40, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- Giannetti F., Canavesio A., Selvaggi A. (2004), “Uso di dati QuickBird nella cartografia degli habitat in Piemonte: rapporti con il sistema di classificazione, aspetti metrici ed estrazione dell'informazione tematica”. *Atti 8<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA*, Roma, vol. II: 1183-1188.
- Marchetti M., Ricotta C. (2004), “Monitoraggio. Contributo del telerilevamento”. In: *Incendi e complessità ecosistemica*, pp. 220-225. Blasi C., Bovio G., Corona P., Marchetta M., Maturani A. (a cura di), Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Società Botanica Italiana, Roma.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (2005), *Allegato 4. Legenda dell'Atlante dell'uso del territorio*. [online] URL: [http://www.minambiente.it/scn/records/sections/download/files/allegato\\_4.pdf](http://www.minambiente.it/scn/records/sections/download/files/allegato_4.pdf).
- Ongaro L., Ramat G. (2003), “Analysis of the cork forest of Ben Stimane (Morocco) using multi temporal images”. In: *Advances in Forest Inventory for Sustainable Forest Management and Biodiversity Monitoring*, pp. 343-351. P. Corona, M. Kohl, M. Marchetti (eds), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Regione Lazio (1999), *Adozione delle prescrizioni di massima e di polizia forestale di cui al R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267*. Legge Regionale 20 gennaio 1999, n. 4.
- Regione Lazio (2002), *Norme in materia di gestione delle risorse forestali*. Legge Regionale 28 ottobre 2002, n. 39. Suppl. Ord. n. 7 al Bollettino Ufficiale n. 32.