

Classificazione object-oriented di dati Quickbird per l'identificazione e la cartografia di habitat forestali

Fabio Giannetti ^(*), Alessandro Canavesio ^(*)

^(*)I.P.L.A. S.p.A., C.so Casale 476, 10132, Torino; tel. 011/89.98.933, fax 011/89.89.333, e-mail: giannetti@ipla.org

Riassunto

Il lavoro fa parte del progetto Interreg IIIA ALCOTRA “Conservazione e gestione della Flora e degli Habitat nelle Alpi Occidentali del Sud”; in questo ambito immagini satellitari Quickbird sono state utilizzate per realizzare cartografie degli habitat a scala 1:10.000 in alcuni Siti di Interesse Comunitario del Piemonte. Procedure di classificazione semi-automatica per oggetti sono state sperimentate sulle immagini e l'esito verificato con riferimento agli habitat forestali cartografati manualmente sulle immagini. I risultati, seppur ancora insufficienti in termini di accuratezza, si sono rivelati promettenti nell'ottica di automatizzare i processi di interpretazione ed estrazione dell'informazione tematica da immagini satellitari ad alta risoluzione.

Abstract

High resolution satellite images were used within the EU project Interreg IIIA Alcotra in order to produce habitat maps of some protected areas in Piemonte. Habitat mapping is an important task in the framework of the requirements that follow from the European Union Directive on Habitat conservation. In this context, it is relevant the implementation of automated procedures in order to develop replicable methods useful for periodic monitoring of the habitat status. Very high resolution satellite images have a high potential for extracting habitat information, but traditional classifications based on spectral comparisons of pixels seem inapplicable due to the high within-class spectral variability. Regional approaches that cluster pixels basing on homogeneity criteria and classify the resulting objects appear more promising. In this work the image analysis software eCognition (Definiens Imaging), integrating complex object description and object-based classification algorithms, was used to classify forest habitats in a Natural Reserve. After orthorectification and pansharpening, a Quickbird image was segmented using adequate scale parameters. Nearest-neighbour classification algorithm was then applied using spectral and textural information together with extra knowledge, such as shape and context. Classification accuracy was then assessed with reference to an independent set of ground surveyed points. The results confirm that object-oriented approach is a promising tool for forest mapping based on high-resolution satellite images.

Introduzione

Nel quadro delle esigenze poste dalla Direttiva Habitat DIR. 92/43/CEE la cartografia degli habitat presenti nei pSIC (Siti proposti di interesse comunitario) si pone come una indispensabile premessa per lo sviluppo di politiche di conservazione e di gestione del territorio in relazione all'impatto della attività umane sui differenti habitat presenti. La Direttiva habitat prevede infatti, a partire dall'inventario cartografico degli habitat presenti, anche un monitoraggio periodico che può avvalersi opportunamente di dati di osservazione della terra (Langanke et al., 2004).

In base a queste premesse gli habitat definiti con riferimento allo schema di classificazione Corine Biotopes (Devillers et al., 1991) sono stati cartografati in alcune aree protette della regione

Piemonte nel quadro del progetto europeo Interreg IIIA Alcotra dal titolo “Flora e Habitat nelle Alpi occidentali del sud”. E’ stata prodotta la carta degli habitat a scala 1:10.000 in sei siti “Natura 2000” utilizzando immagini satellitari ad altissima risoluzione Quickbird integrate da numerosi rilievi a terra. In particolare le principali unità fisionomiche sono state preliminarmente definite mediante interpretazione diretta a video di immagini Quickbird. Una fase successiva basata su rilievi a terra ha quindi consentito di rifinire tali unità e di classificarle con riferimento allo schema Corine Biotopes. Questo approccio tradizionale è comunque basato sull’interpretazione soggettiva degli operatori ed è sicuramente avvertita la necessità di sviluppare tecniche il più possibile standardizzate e replicabili per lo studio e il monitoraggio delle aree incluse nella rete Natura 2000. Quest’ultimo aspetto è tanto più importante nell’ottica di venire incontro alle specifiche attese nel campo della produzione di informazione geografica a livello europeo.

In questo quadro è stata realizzata una sperimentazione con utilizzo di classificatori semi-automatici basati su oggetti applicati a dati Quickbird con la finalità di identificare e delimitare habitat forestali. Le immagini Quickbird assicurano una risoluzione tale da consentire un forte dettaglio cartografico ma l’applicazione di classificatori per pixel a questi dati è pressoché preclusa dall’elevatissima variabilità presente all’interno di ogni singola classe. Gran parte dell’informazione è effettivamente contenuta nelle relazioni spaziali tra i pixel (Haralick, Shapiro, 1992) e studi precedenti hanno evidenziato come un approccio per oggetti contrapposto a quello per pixel possa fornire risultati migliori nella classificazione di immagini ad altissima risoluzione (Leckie et al., 2003; Chirici et al., 2003). Questo approccio, nella versione implementata nel software di analisi immagine eCognition (Definiens Imaging), è stato adottato per la classificazione di habitat forestali.

Area di studio

L’area di studio fa parte della Riserva naturale orientata della Vauda che comprende una superficie terrazzata dell’alta pianura, porzione residuale della conoide post-glaciale originariamente formata alla sbocco in pianura dal torrente Stura di Lanzo. La superficie è ricoperta di paleosuoli argillosi che determinano nelle zone depresse la formazione di ristagno idrico e di piccoli stagni. In tali aree è presente una copertura vegetale dominata da specie mesoigrofile mentre nelle zone steppiche prevale la vegetazione della brughiera. Il bosco, in conseguenza della secolare gestione antropica a pascolo delle superfici pianeggianti, è relegato prevalentemente nelle ripide scarpate e negli stretti fondovalle scavati dal reticolo idrico minore sulla superficie del terrazzo. Sui versanti le specie dominanti sono rappresentate dal castagno, robinia e rovere mentre nei fondovalle si segnalano, oltre alla presenza di una copertura a robinia e farnia, alcune formazioni mesoigrofile a ontano nero e frassino maggiore. Sulla sommità del *plateau* sono presenti popolamenti forestali di invasione a pioppo tremolo e betulla in espansione a seguito della riduzione delle attività pastorali e degli incendi. La robinia tende anch’essa ad invadere soprattutto ex-coltivi abbandonati, aree di transizione o zone affette da erosione. Per l’applicazione del classificatore object-oriented è stata utilizzata un’area campione significativa nell’ambito della quale sono rappresentate le principali tipologie forestali dell’area.

Materiali e metodi

L’immagine Quickbird dell’area di studio, acquisita il 26 settembre 2004 con un angolo di ripresa di 14,9 gradi, è stata dapprima sottoposta ad una procedura di ortorettificazione con il modello dei coefficienti razionali polinomiali ottenendo un RMSE inferiore a 2 metri su punti di controllo indipendenti. Una procedura di fusione tra la banda pancromatica e le bande multispettrali è stata quindi applicata al fine utilizzare la massima risoluzione spaziale disponibile; le aree non forestali sono state quindi mascherate in quanto non considerate nello studio.

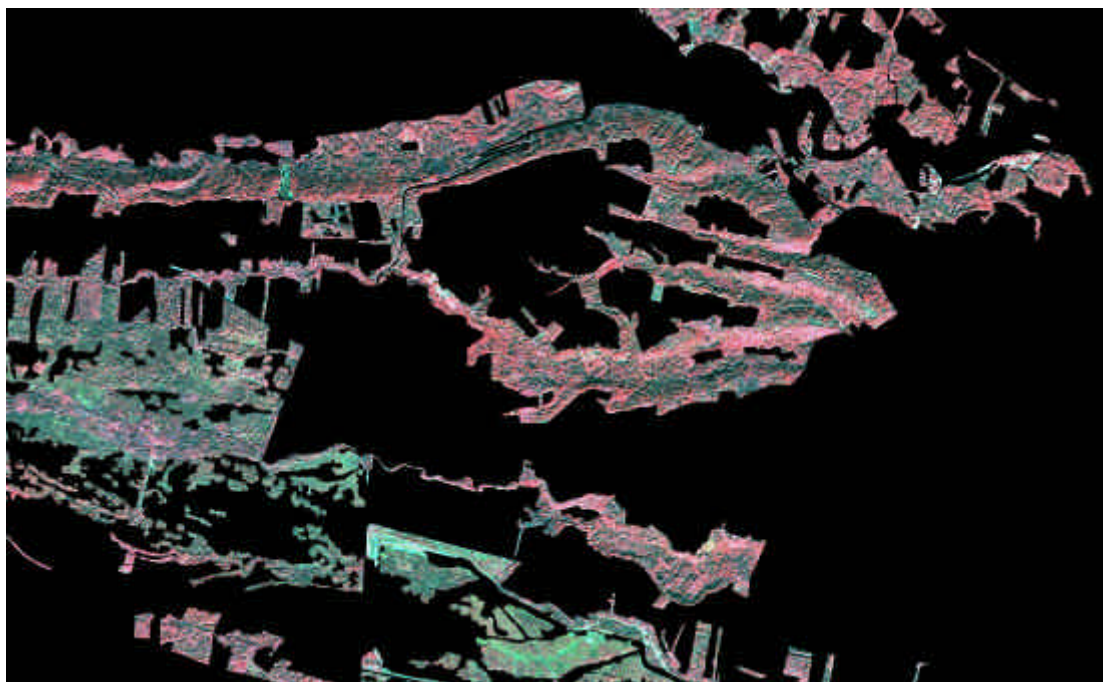


Figura 1: Immagine Quickbird dell'area di studio in composizione multispettrale RGB = 4, 3, 2. Le aree a copertura non forestale sono state mascherate.

A partire dalle bande normali sono stati prodotti alcuni *layer* applicando filtri tessiturali mediante un kernel di 5x5 pixel. Dopo avere confrontato il contributo alla separabilità delle classi dato dalle diverse misure tessiturali le medie dei valori di occorrenza calcolati per le bande del verde, rosso ed infrarosso vicino sono state selezionate per essere utilizzate nella classificazione.

In considerazione del fatto che la distribuzione spaziale di alcuni habitat forestali è influenzata da fattori topografici come la pendenza e l'esposizione è stata introdotta come banda aggiuntiva anche il coseno dell'angolo di incidenza derivato dal DEM.

Dal punto di vista operativo, una volta preparato il *set* di bande da utilizzare per l'analisi, si è proceduto dapprima ad effettuare una segmentazione preliminare. Gli oggetti risultanti sono stati quindi classificati utilizzando numerose informazioni spettrali, tessiturali e relazionali. Infine l'accuratezza della classificazione è stata calcolata utilizzando una matrice di errore con riferimento a dati di rilievi a terra indipendenti.

Segmentazione

La segmentazione è una procedura che consente di raggruppare pixel limitrofi formando regioni (segmenti) sulla base dell'applicazione di criteri di similarità. Lo scopo è quello di ridurre fortemente il numero di elementi per la successiva classificazione che viene applicata agli oggetti omogenei generati nella prima fase. Tra i metodi di segmentazione si distinguono quelli che individuano gruppi (*cluster*) o soglie (*threshold*) nello spazio delle *feature*, quelli che rilevano le discontinuità sui margini (*edge detection*) e quelli che dividono l'immagine in regioni (*region extraction*) (Pal, Pal 1993).

Il software eCognition (Baatz, Schäpe, 2000) utilizza una particolare tecnica di *region merging* che partendo dal pixel unisce progressivamente oggetti adiacenti sulla base di criteri di omogeneità locale prefissati fino alla formazione di segmenti più grandi. Il processo si arresta quando l'incremento di omogeneità registrato nell'unire due oggetti adiacenti è superiore al parametro cosiddetto di "scala" pre-definito dall'utente.

Oltre alla "scala" altri parametri possono essere impostati dall'utente; ad esempio pesi differenti da assegnare alle diverse bande a seconda della loro importanza ai fini dell'analisi. Nel nostro caso

abbiamo attribuito un peso doppio alla banda dell'infrarosso vicino considerando la sua importanza per la differenziazione di diverse tipologie di copertura forestale. La soglia di omogeneità è costituita da due parti complementari che sommano a 1 e fanno riferimento da un lato ai valori del pixel (*Color*) e dall'altro alle proprietà di forma (*Shape*) degli oggetti (eCognition, 2002). Il parametro morfologico si scompone a sua volta di due fattori uno relativo al grado di arrotondamento (*Smoothness*) e l'altro alla compattezza dei poligoni (*Compactness*). E' sostanzialmente la sola valutazione visiva dell'utente che porta, attraverso tentativi ed approssimazioni successive, a definire i valori dei parametri che sembrano produrre il miglior risultato di segmentazione. In questo studio, facendo riferimento alla corrispondenza con i poligoni ottenuti dall'interpretazione manuale dell'immagine, abbiamo ottenuto il risultato più soddisfacente utilizzando un fattore di scala 70 e un parametro di colore pari a 0,7. Nell'ambito del fattore morfologico la componente compattezza rispetto all'arrotondamento è stata pesata 0,8 contro 0,2.

Classificazione

Il set di aree campione per la classificazione è stato costruito partendo dalla carta degli habitat derivante da interpretazione manuale dell'immagine satellitare e rilievi a terra. Rispetto allo schema di classificazione Corine Biotopes originario è stato necessario raggruppare alcuni habitat nell'ottica di definire classi basate sulle specie dominanti che possano essere quindi discriminate in funzione di caratteristiche spettrali e tessiturali distinte.

Classi Corine Biotopes	Classi utilizzate	Specie dominanti
41.5, 44.44, 41.24	Querceti	<i>Quercus robur</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>Carpinus betulus</i>
83.324	Robinieto	<i>Robinia pseudoacacia</i>
41.9	Castagneto	<i>Castanea sativa</i>
41.b14, 41.d2	Formazioni a betulla e Pioppo tremolo	<i>Populus tremula</i> , <i>Betula pendula</i>
44.3, 41.3	Formazioni mesoigrofile	<i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Alnus glutinosa</i>

Tabella 2: Corrispondenza tra le classi Corine Biotopes e le classi utilizzate per la classificazione con indicazione delle specie dominanti.

Una serie di aree di training è stata quindi definita per ogni classe in base alle informazioni tematiche fornite dalla cartografia degli habitat. Per ogni area sono stati calcolati una serie di parametri spettrali, di forma e tessitura. Tra i parametri spettrali in particolare sono stati utilizzati media, deviazione standard e *brightness* relative ad ognuna delle bande.

L'algoritmo di classificazione *nearest neighbour* implementato in eCognition è stato quindi applicato all'intero set di bande disponibili composto da 3 delle bande originarie Quickbird (verde, rosso e infrarosso vicino), la media dell'occorrenza calcolata utilizzando il filtro tessiturale per le stesse bande e il coseno dell'angolo di incidenza ricavato dal DEM.

Un set di 120 punti rilevati a terra, indipendenti rispetto ai dati usati in fase di training, è stato quindi impiegato per la verifica dell'accuratezza della classificazione. Un'area circolare con raggio di 1,5 metri è stata creata attorno ad ogni punto al fine di tenere conto del possibile errore posizionale collegato al rilevamento del singolo punto con GPS.

Risultati

Per analizzare i risultati ottenuti con la classificazione è stata costruita la matrice di errore in cui la relazione tra i due set di dati (Esito classificazione e dati di riferimento) è riassunta mediante la comparazione pixel per pixel riportando l'accuratezza di ciascuna classe con i relativi errori di inclusione (Commissione) e di esclusione (Omissione). Particolarmente interessante analizzare la

producer accuracy per ogni classe, cioè la percentuale di pixel correttamente classificati rispetto al totale di quelli realmente appartenenti alla classe.

	Dati di riferimento					
Classificazione	Formaz. mesoigrofila	Robiniето	Querceto	Castagneto	Formaz. a betulla e pioppo tremolo	Somma
Formaz. mesoigrofila	58	0	0	8	56	122
Robiniето	13	187	89	33	78	400
Querceto	14	15	136	67	52	284
Castagneto	0	47	1	63	14	125
Form. a betulla e pioppo tremolo	16	109	14	0	504	643
Somma	101	358	240	171	704	
Producer acc.	0.574	0.522	0.567	0.368	0.716	
User acc.	0.475	0.468	0.479	0.504	0.784	
KIA Per Class	0.538	0.360	0.471	0.314	0.520	

Tabella 3: Matrice di errore per l'analisi dell'accuratezza. L'accuratezza totale risultante è 0,6 con un indice KIA pari a 0,45.

L'analisi della matrice di errore mostra che le formazioni mesoigrofile, le formazioni a betulla e pioppo tremolo e i querceti sono stati classificati con una accuratezza abbastanza buona (più del 50%), mentre la classe più problematica risulta il castagneto con meno del 40% di *producer accuracy*. Con riferimento a questa classe le maggiori ambiguità si registrano rispetto ai querceti e ai robinieti. Castagneti e querceti hanno infatti caratteristiche spettrali e tessiturali simili e molto spesso le specie si ritrovano mescolate nell'ambito di popolamenti cedui in cui le querce (Rovere o farnia) costituiscono lo strato dominante e il castagno la specie più frequente nel piano dominato. La presenza di popolamenti misti oltre tutto è in crescita in seguito all'abbandono dei castagneti da frutto avvenuto negli ultimi decenni. Altri errori rilevanti di classificazione si registrano tra il robinieto e i popolamenti a betulla e pioppo tremolo. Sono entrambe specie colonizzatrici e tendono ad avere modalità di invasione simili in aree precedentemente utilizzate dall'uomo.

Discussione e conclusioni

L'obiettivo di questo studio è quello di verificare l'effettiva applicabilità di tecniche di classificazione semi-automatica basate su oggetti nella delimitazione e definizione cartografica di habitat forestali. Le direttive europee in tema di conservazione richiedono infatti non solo di conoscere nel dettaglio il patrimonio naturalistico esistente all'interno dei Siti di interesse comunitario ma anche di monitorare nel tempo la loro evoluzione. Da questo punto di vista le immagini satellitari si prestano in modo particolare a fornire dati adeguati e aggiornati sulle coperture presenti, ma la procedura di estrazione dell'informazione tematica effettuata manualmente dall'operatore risente comunque di limiti evidenti legati alla soggettività ed irripetibilità del lavoro svolto.

E' dunque indispensabile disporre di metodologie replicabili e il più possibile standardizzate che possano portare a risultati omogenei e comparabili nel tempo. In questo lavoro abbiamo utilizzato le procedure di segmentazione e classificazione implementate in eCognition, unico strumento che utilizza una logica per oggetti attualmente disponibile sul mercato. Il test era impegnativo in considerazione delle caratteristiche dell'area e delle coperture forestali analizzate. Queste ultime sono spesso miste e, a causa della morfologia accidentata e della loro stessa vicenda gestionale, risentono di una variabilità molto spinta anche a piccola scala.

I risultati ottenuti in queste condizioni sono comunque incoraggianti, seppur ancora insufficienti nell'ottica di raggiungere un'accuratezza sufficiente a garantire una qualità accettabile dei prodotti finali. Sia la procedura di segmentazione che l'algoritmo di classificazione adottati, probabilmente studiati per soddisfare esigenze connesse a zone agricole ed urbanizzate, sono poco adatti all'analisi di coperture naturali e semi-naturali. In conclusione se i dati di osservazione della terra ad oggi disponibili consentono di raggiungere il dettaglio geometrico e tematico richiesto per una cartografia di habitat forestali, gli strumenti di classificazione semi-automatica basati su oggetti richiedono di essere ulteriormente affinati per le particolari esigenze poste da questo tipo di analisi.

Lavoro realizzato nell'ambito del Progetto INTERREG III A ALCOTRA Italia-Francia "Conservazione e gestione della Flora e degli Habitat nelle Alpi Occidentali del Sud" realizzato da Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (capofila), Conservatoire Botanique National Alpin de Gap-Charance, Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles, Ente di Gestione delle Aree Protette della Collina Torinese, Ente di Gestione dei Parchi e delle Riserve Naturali Cuneesi, Ente di Gestione dei Parchi e delle Riserve Naturali del Canavese. Progetto cofinanziato dall'Unione Europea e dalla Regione.

Bibliografia

- Batz, M. and Schäpe, A. (2000). "Multiresolution segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation", In *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*. Wichmann-Verlag, Heidelberg, pp.12-23.
- Chirici G., Corona P., Travaglini D., (2003), "Sperimentazione di tecniche di classificazione object-oriented di immagini QuickBird a fini forestali", *Italia forestale e montana*, 58 (4): 231-250
- Devillers, P., Devillers-Terschuren J. and Ledant J. P. (ed.), (1991), *CORINE biotopes manual*, Habitats of European Community. Commission of the European Communities, DG Environment, EUR 12587/3; 300 pp.
- eCognition (2002), *User Guide*, Definiens Imaging GmbH, Munich, 65 pp. Website: www.definiens-imaging.com, accesso effettuato Settembre 2006.
- Haralick, R. and Shapiro, L. (1992), *Computer and Robot Vision vol. I. Chap. 9. Texture*, Addison-Wesley, Reading, USA, pp. 453-494
- Langanke, T., Blaschke, T. Lang, S. (2004), "An object-based GIS/remote sensing approach supporting monitoring tasks in European-wide nature conservation", *First Mediterranean Conference on Earth Observation (Remote Sensing)*, April 21-23, 2004, Belgrade, pp. 245-252.
- Leckie, D.G., Gougeon, F.A., Walsworth, N., Paradine, D. (2003), "Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis", *Remote Sensing of Environment* 85: 355-369
- Lennartz, S. P. and Congalton, R. G. (2004) "Classifying and mapping forest cover types using Ikonos imagery in the northeastern united states", *ASPRS Annual Conference Proceedings* May 2004, Denver, Colorado.
- Pal, N. R. and Pal, S. K., (1993), "A review on image segmentation techniques", *Pattern Recognition*, 26: 1277-1294.