

Utilizzo del telerilevamento ad alta risoluzione per la rilevazione semi-automatica delle alberature stradali in ambito urbano.

Gherardo CHIRICI (*), Michele CASTELLI (**), Roberta BERTINI (***), Stefano MASTRANGELO (****), Sandra PAOLINI (**), Roberto PROVANTINI (****), Massimo SERNICOLA (**)

(*) EcoGeoFor – Laboratorio di Ecologia e Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio, Università del Molise. Contrada Fonte Lappone, I-86090 Isernia (Italy). Tel.: +39 0865 478978, Fax: +39 0865 411283. E-mail: gherardo.chirici@unimol.it.

(**) Telespazio. Divisione Osservazioni della Terra Sviluppo Applicazioni e Progetti via Tiburtina, 965 - 00156 Roma Tel.: +39-06-40793652

(***) geoLAB, Laboratorio di Geomatica, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze. Via S. Bonaventura, 13, I-50145 Firenze (Italy). Tel.: +39 055 30231221, Fax: +39 055 319179, e-mail: roberta.bertini@unifi.it

(****) Assessorato all'Ambiente, Roma Servizio XV - Dipartimento X.

Riassunto

Le caratteristiche di elevata risoluzione geometrica dei nuovi sensori satellitari hanno di recente aperto la strada ad analisi della vegetazione non solo a livello di popolamento ma anche di singolo albero. A tale scala di lavoro fanno riferimento, fra gli altri, gli studi in ambito urbano relativi alla discriminazione delle alberature stradali e dei singoli elementi arborei componenti il verde urbano. In tale contesto nel presente contributo è stata valutata l'efficacia di metodologie semi-automatiche nella individuazione dei singoli elementi arborei sulla base di immagini Quick Bird multispettrali. L'obiettivo principale è quello di creare un supporto di ausilio alla fase di fotointerpretazione nei censimenti del verde urbano. A partire da un'area di studio sperimentale di circa 1000 ha nel Comune di Roma, sono state messe a confronto due metodologie basate sullo stesso principio di presenza di un picco di massima riflettanza in corrispondenza della zona centrale della chioma (*local maximum*). In un caso è stato utilizzato un approccio di tipo *pixel oriented*, basato su una sogliatura delle immagini satellitari, mentre nel secondo caso è stato utilizzato un approccio di tipo *object oriented* attraverso segmentazione e successiva classificazione delle immagini telerilevate. Dal confronto dei risultati ottenuti, con il lavoro derivato dalla fotointerpretazione delle stesse immagini Quick Bird, emerge come la bontà della discriminazione delle singole chiome all'interno di un filare alberato, sia legata alla distanza tra le chiome. Essa aumenta nel caso di singole piante isolate e diminuisce molto nel caso di individui adiacenti con chiome fortemente compenstrate tra di loro.

Abstract

New high resolution remotely sensed images are able to support the analysis of vegetation not just in terms of population but also for a single trees level, specifically useful in a urban context. In the present study a comparison between semi-automatic approaches based on pixel and object oriented methods and manual photointerpretation is carried out in a test area in Rome on the basis of Quick Bird imagery. Classification methods are based on canopy reflectance local maximum model.

Results show that classification methods are operatively successful just when tree canopies are clearly separated.

Introduzione

Le alberature stradali in città svolgono numerose e importanti funzioni ecologiche (quali il miglioramento delle condizioni micro e mesoclimatiche, il sequestro di inquinanti atmosferici, la creazione di barriere acustiche e visive) e psicologiche, esse hanno un rilevante valore estetico e storico. Al tempo stesso le peculiari caratteristiche dell'ambiente cittadino rendono difficile e precaria la situazione delle alberature: gli edifici vicini tendono a concentrare le radiazioni solari ostacolando il normale processo di raffreddamento, le pavimentazioni riducono l'afflusso di acqua e la respirazione del suolo mentre l'aria contiene alti quantitativi di composti inquinanti nocivi anche per i vegetali.

A tutto questo si devono aggiungere anche le dirette conseguenze dell'azione dell'uomo: danni provocati dalle auto sui tronchi, danni alle radici durante le numerose operazioni di scavo a ridosso delle piante, danni da atti vandalici e molto spesso danni causati da errate scelte progettuali riguardanti sia le specie usate, sia le tecniche usate per la loro messa a dimora.

Per tali motivi un serio intervento di riqualificazione delle alberature stradali deve necessariamente passare attraverso un piano del verde, che sia basato sulla preventiva acquisizione di informazioni utili a supportare le scelte gestionali: numero delle specie utilizzate, esatta ubicazione territoriale, anno d'impianto, stato fitosanitario. Muovendo da queste considerazioni, nell'ambito del progetto complessivo del verde sulla città di Roma, è stata avviata dal Dipartimento X - Servizio Giardini l'informatizzazione delle alberature stradali su base georiferita.

In base al Censimento del 2002 le strade alberate ricadenti nel territorio del Comune di Roma hanno un patrimonio di circa 150.000 piante, di cui circa 70.000 di I^a grandezza, 50.000 di II^a grandezza e 30.000 di III^a grandezza.

Il Servizio Giardini del Comune di Roma ha la necessità di disporre di una precisa cartografia di tale patrimonio verde con l'esatta ubicazione delle essenze arboree, secondo i confini amministrativi Municipali e in maniera perfettamente integrabile con il Sistema Informativo Territoriale "Censimento delle aree verdi del Comune di Roma", attualmente in corso di completamento (14 Municipi su 19 completati).

Al fine di costituire una banca dati geografica di riferimento in una prima fase del lavoro si è provveduto a unificare i tematismi della banca dati "Aree verdi" con la base topografica del Comune di Roma in scala 1:2000 "Cartesia".

In particolare sono stati utilizzati in questo progetto i tematismi relativi a:

- edifici;
- marciapiedi e delimitazioni aree verdi pubbliche;
- attrezzature sportive;
- vegetazione a macchia;
- fiumi, fontane e specchi d'acqua.

Si è quindi proceduto ad acquisire un copertura telerilevata di immagini ad alta risoluzione Quick Bird per tutto in Comune di Roma.

Le immagini, acquisite e pre-elaborate da Telespazio coprono un arco temporale compreso tra luglio ed agosto 2005 per una superficie complessiva di 1705 km². Le immagini sono state acquisite in modalità *data fusion*: quattro bande multispettrali con risoluzione geometrica di 0,7 m.

Le immagini sono state sottoposte a un processo di fotointerpretazione manuale che ha portato alla identificazione dei singoli alberi e della relativa specie di appartenenza. Scopo del presente lavoro è la verifica delle possibilità operative offerte dalle procedure semi-automatiche di elaborazione delle immagini telerilevate per supportare o, eventualmente, sostituire la fotointerpretazione manuale nella identificazione dei singoli individui arborei.

Area di studio

La sperimentazione ha previsto una prima eliminazione dei pixel con attività fotosintetica scarsa o nulla tramite sogliatura di un'immagine di NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*, indice calcolato come differenza normalizzata dei canali del rosso e dell'infrarosso). Tutti i pixel con valori di NDVI minori di 0,15 sono stati esclusi dall'analisi, essi rappresentano infatti edifici, strade, fiumi e altri elementi antropici.

Successivamente sono state testate due metodologie finalizzate alla discriminazione automatica delle singole chiome arboree, entrambe basate sul principio di identificazione di un picco di massima riflettanza in corrispondenza della zona centrale della chioma (*local maximum*) rispetto ai valori ai margini (Brandtberg, 1997; Brandtberg, 1999; Pollock, 1996). In un caso è stato seguito un approccio di tipo *object-oriented*, con segmentazione multirisoluzione delle immagini satellitari, mentre nell'altro ci si è basati su un metodo per sogliatura con approccio *pixel-oriented* (Dawson e Gougeon, 2000; Leckie e Gougeon, 1999).

La segmentazione multirisoluzione delle immagini Quick Bird ha permesso di individuare i picchi di *Local Maximum*, all'interno delle chiome (Figura 3).

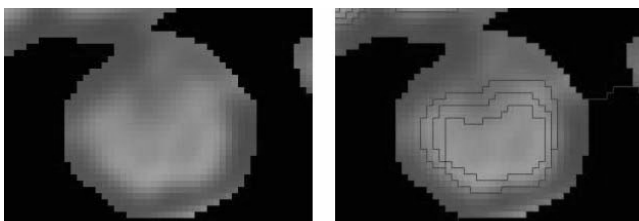


Figura 3: variazione della risposta spettrale nel canale dell'infrarosso dell'immagine Quick Bird di una chioma arborea. A destra i passaggi di gradiente sono evidenziati dalla procedura di segmentazione.

Inizialmente le immagini sono state processate tramite filtri a finestra mobile di tipo gaussiano in modo da rendere più omogenea la variabilità spettrale all'interno delle chiome, senza però perdere i gradienti interni di riflettanza. Successivamente sono state effettuate diverse prove di segmentazione delle immagini in modo da ottimizzare la procedura implementata in ambiente eCognition (Chirici e Corona, 2006; Weber, 2001). Al termine dell'ottimizzazione sono

stati realizzati 2 livelli di segmentazione, quello di maggior dettaglio è stato successivamente classificato in 4 categorie:

1. 1. vegetazione non arborea
2. 2. *local maximum*
3. 3. chiome esterne
4. 4. ombre

La classificazione è stata realizzata con un algoritmo di *Nearest Neighbours*, sulla base della media e della deviazione standard dei valori di riflettanza spettrale delle bande Quick Bird e sulla base di parametri geometrici legati alla forma e alla compattezza del poligono e in base al numero di poligoni esistenti nel livello di segmentazione inferiore.

Ogni poligono classificato come *local maximum* di dimensioni superiori a 0,4 m² è stato attribuito un punto equivalente a un individuo arboreo.

L'approccio *pixel oriented* ha invece basato la discriminazione degli individui con un approccio per sogliatura dei valori di riflettanza finalizzato a isolare i pixel appartenenti alle aree di *local maximum* di ogni singola chioma. Per individuare i valori soglia sono stati digitalizzati manualmente delle aree campione.

I valori di soglia sono stati selezionati in modo differenziato per latifoglie, conifere e latifoglie di piccole dimensioni. I valori individuati sono serviti quindi per riclassificare le singole bande in immagini booleane (0-1). Per ognuna delle 3 macro categorie sono stati selezionati i soli pixel con valori di DN compresi nelle soglie stabilite. Con un filtro a finestra mobile di 3x3 pixel sono stati eliminati pixel isolati o in piccoli gruppi. L'immagine booleana ottenuta è stata quindi vettorializzata e sono stati eliminati tutti i poligoni con superficie inferiore a 0,4 m². Analogamente alla metodologia *object oriented* ogni punto è stato considerato un individuo arboreo.

Risultati

Dalla comparazione dei risultati ottenuti per classificazione automatica *object-oriented* e *pixel-oriented* di immagini Quick Bird con quelli derivati da fotointerpretazione manuale emergono scenari diversi.

In rari casi in cui le alberature sono costituite da alberi di medie e grandi dimensioni e da chiome ben separate tra di loro, la classificazione automatica ha dato risultati soddisfacenti (Figura 4).

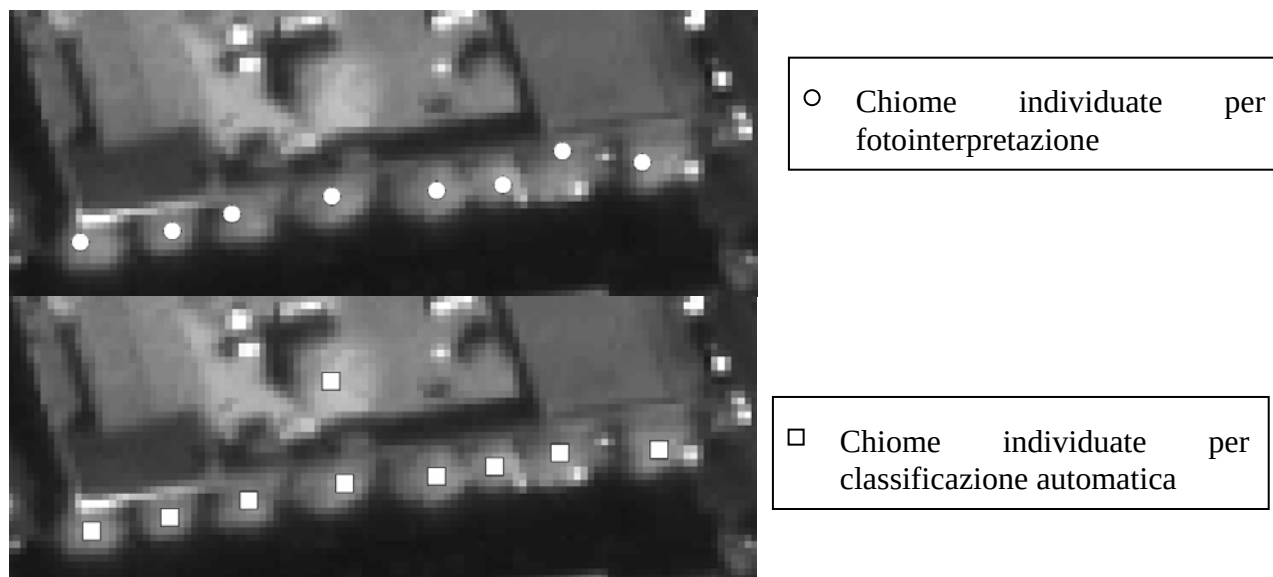


Figura 4: particolare dell' immagine Quick Bird (Via Plinio, Municipio 17). Il vettoriale rappresenta gli individui arborei individuati.

Nei casi in cui le alberature si presentano con chiome compenstrate tra di loro le metodologie adottate non hanno permesso di ottenere risultati soddisfacenti (Figura 5).

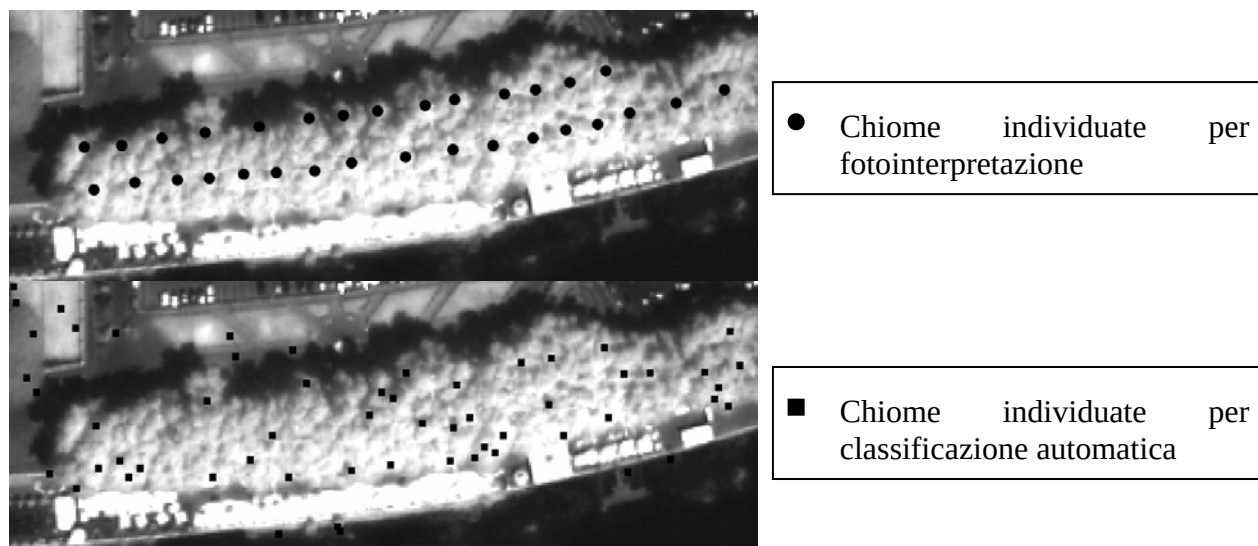


Figura 5: particolare dell' immagine Quick Bird (Via Plinio, Municipio 17). Il vettoriale rappresenta gli individui arborei individuati.

Conclusioni

Il confronto tra i risultati ottenuti con le diverse metodologie adottate nell'individuazione di singoli individui arborei sulla base di immagini Quick Bird ha permesso di valutare in modo più positivo l'approccio *pixel-oriented* rispetto a quello *object-oriented*. Nessuno dei è comunque in grado di competere in termini di accuratezza rispetto ai risultati ottenuti per fotointerpretazione manuale.

In molti casi gli operatori individuano gli individui arborei sulla base della conoscenza del numero totale di alberi desunto dal precedente lavoro di censimento comunale. In altre parole l'operatore posiziona l'alberatura senza realmente avvalersi delle informazioni spettrali o tessiturali dell'immagine ma sulla base della conoscenza della grandezza media delle chiome integrata dai dati censuari.

E' quindi teoricamente possibile replicare questa procedura attraverso la generazione di algoritmi del tipo a sistema esperto che simulino il processo cognitivo/deduttivo del fotointerprete piuttosto che affidarsi a procedure di *image processing* in senso stretto.

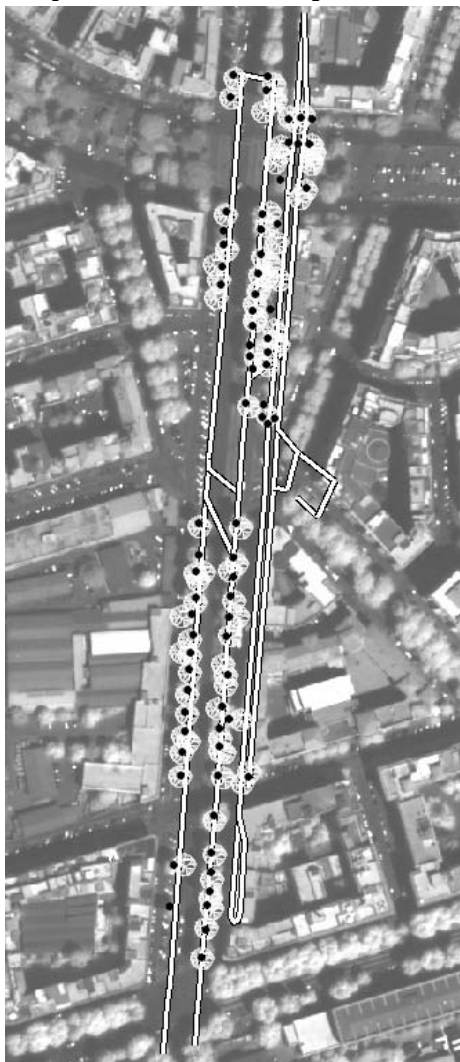


Figura 6: chiome rilevate per fotointerpretazione (nero) e per segmentazione (bianco) lungo un tratto di Viale Angelico. Il vettoriale lineare rappresenta la mezzeria.

Bibliografia

Blazquez C.H. (1989). *Computer-Based Image Analysis and Tree Counting with Aerial Color Infrared Photography*. Journal of Imaging Technology 15(4): 163-168.

Brandtberg T. (1999). *Automatic individual tree based analysis of high spatial resolution aerial images on naturally regenerated boreal forests*. Can. J. For. Res. Vol. 29, 1999.

Brandtberg T. (1997). *Towards structure-based classification of tree crowns in high spatial resolution aerial images*. Scand. J. For. Res. 12: 89-96.

Chirici G. e Corona P. (2006), *Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali*.

Aracne editrice, Roma.

Gougeon F.A. (1995). *A crown following approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images*. Can. J. Remote Sens. 21(3): 274-284.

Weber M. (2001). *Counting Trees from very high resolution hyperspectral CASI data*. In <http://www.definiens-imaging.com/documents/an/casi.pdf>, scaricato il 31/03/2006.

Dawson A. e F. Gougeon (2000). *Procedure for Individual Tree Crown (ITC) Analysis of an Image*. Pacific Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. Victoria. B.C. Canada. December 2000. 25 p.

Leckie D.G. e Gougeon, F.A. (1999). *An assessment of both visual and automated tree counting and species identification with high spatial resolution multispectral imagery*. Pages 141-152 in Hill, D.A. and Leckie, D.G.; eds. Proc. Int'l Forum on Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry. February 10-12, 1998. Victoria, B.C.; Canada. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Victoria, B.C.; Canada.

Pollock R.J. (1996). *The automatic recognition of individual trees in aerial images of forests based on a synthetic tree crown image model*. Ph.D. dissertation, University of British Columbia, Vancouver.