

## **ESTRAZIONE DI ELEMENTI ANTROPICI DA IMMAGINI SATELLITARI AD ALTISSIMA RISOLUZIONE PER L'AGGIORNAMENTO DELLE CARTE DB25 DELL'IGM**

Valerio BAIOCCHI (\*), Mattia CRESPI (\*), Marco GALLERANO (\*\*), Ketì LELO (\*)

(\*) Area Geodesia e Geomatica, DITS, "Sapienza" Università di Roma, Via Eudossiana, 18 00184- Roma  
tel +390644585068, fax+390644585515, e-mail, lelo@uniroma3.it

(\*\*) Via A. Malladra 00157 Roma, 064504796, marcogallerano@libero.it

### **Riassunto**

Alla base del presente lavoro vi è la verifica delle possibilità concrete di definire una metodologia volta alla elaborazione di immagini satellitari ad altissima risoluzione per l'aggiornamento in maniera rapida e con costi contenuti di cartografie a media scala. La metodologia proposta si basa su procedure di classificazione e successiva estrazione di elementi di tipo antropico (edifici ed infrastrutture lineari) e sulla valutazione di un possibile utilizzo degli elementi estratti per l'effettivo aggiornamento delle carte DB25 dell'IGM. Il lavoro qui presentato nasce da una convenzione tra l'Istituto Geografico Militare (IGM) e la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli studi La Sapienza di Roma, area di Geodesia e Geomatica, Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade. L'area di studio copre una zona a Sud-Est della città di Roma. L'immagine satellitare utilizzata è una QuickBird multispettrale della zona dei Castelli Romani.

### **Abstract**

The aim of this work is to test the possibility of defining a methodology for a quick and efficient updating of middle scale cartography, through the elaboration of very high resolution satellite imagery. The methodology is based on procedures of classification and extraction of artificial land covers (buildings and linear infrastructures), and the successive evaluation of a possible utilization of extracted elements to update the DB25 map series by IGM. The work presented in this paper comes as a result of a research agreement between the Istituto Geografico Militare (IGM) and the Faculty of Engineering of the University La Sapienza of Rome, Geodesy and Geomatic area, Dept. of Hydraulics, Transports and Streets. The imagery is a multispectral QuickBird depicting the area of Castelli romani.

### **Contesto**

La commercializzazione di immagini satellitari ad altissima risoluzione ha comportato una serie di innovazioni nei metodi di classificazione ed estrazione dell'informazione, rivoluzionando diversi campi di applicazione del telerilevamento. L'elevata qualità delle immagini ottiche impone la necessità di affrontare e risolvere i problemi legati alla ricchezza e alla complessità delle informazioni contenute in ogni scena. Sempre più spesso, i tradizionali metodi di classificazione basati sull'assegnazione di individuali pixel ad una probabile classe di appartenenza (cosiddetti *pixel-based*) lasciano spazio a metodi di classificazione alternative, tra cui il metodo cosiddetto *object oriented*, che si basa sulla preventiva suddivisione delle immagini in associazioni di pixel con caratteristiche spettrali simili, tramite una procedura di segmentazione. Introdotto nel telerilevamento nel 1976 (Ketting, Landgrebe, 1976), il metodo di classificazione delle immagini satellitari multispettrali basato sull'approccio *object-oriented* trovò ridotti margini di applicazione

fino all'avvento sul mercato delle immagini ad alta risoluzione e la conseguente messa a punto di nuovi software, anche commerciali, capaci di gestirne la complessità.

Lo scopo di questo progetto è di mettere a punto una metodologia che prevede l'utilizzo di immagini satellitari ad altissima risoluzione per l'estrazione di edifici e infrastrutture in formato vettoriale, e l'utilizzo dell'informazione prodotta per l'aggiornamento di cartografie a media scala. I risultati sin qui prodotti e illustrati in questo contributo, sono da intendere come preliminari. Ulteriori indagini sono necessari per poter valutare il modo affidabile livello di accuratezza, costi e benefici del metodo.

### **Approccio metodologico**

In questo progetto un'immagine Quickbird con risoluzione multispettrale 2.44 m comprendente l'area di studio dei Castelli romani, è stata ortorettificata utilizzando il software PCI Orthoengine e successivamente classificata con il software Definiens Professional 5.0. Le principali fasi di lavoro hanno riguardato:

- L'ortorettificazione dell'immagine;
- La segmentazione dell'immagine;
- La classificazione dell'immagine;
- L'estrazione di edifici;
- L'estrazione di infrastrutture lineari;
- L'esportazione degli elementi estratti e il confronto con cartografie a media scala di periodi differenti.

Le procedure di segmentazione delle immagini costituiscono uno dei principali temi di indagine e sperimentazione nel campo dell'analisi *object-oriented*. Nonostante si tratti di un approccio relativamente nuovo, la letteratura scientifica offre una varietà di metodi automatici e semi-automatici per la generazione di oggetti immagine costituiti da gruppi di pixel (Baatz & Shape, 2000; Carleer et al., 2005; Curlander & Kober, 1992; Yuan, 2006). La generazione di oggetti immagine ottenuta tramite la procedura di segmentazione implementata in Definiens (la *multiresolution segmentation*) ripartisce l'immagine in regioni multi-pixels omogenee. L'algoritmo di segmentazione è una tecnica di unione di pixels individuali in piccoli oggetti. Successive iterazioni portano all'unione di questi piccoli oggetti in elementi più grandi, in modo tale da ottenere una minimizzazione dell'eterogeneità. Il processo di unione continua fino ad ottenere elementi di una determinata dimensione (*threshold*), definita dall'operatore. Si possono influenzare gli output del processo di segmentazione attraverso parametri quali la misura, l'omogeneità spettrale, l'omogeneità spaziale e la forma degli oggetti risultanti, definiti dall'operatore. In particolare, il parametro di scala fornisce una misura della massima variazione in eterogeneità ottenuta in un processo di fusione tra due oggetti immagine: incrementando questo valore si otterranno più processi di fusione e regioni più ampie. Adattando il fattore di forma si influenza il valore di fusione calcolato, basato sull'eterogeneità spettrale e spaziale. La forma è descritta da due funzioni: *Compactness* e *Smoothness*: *compactness* è una funzione del perimetro e del numero di pixels formanti l'oggetto, mentre *smoothness* è una funzione del perimetro dell'oggetto e del perimetro delle regioni vicine. La scelta di parametri di scala e di forma ottimali è essenziale per la qualità della successiva classificazione. Oltre a tali parametri, il risultato della classificazione *object-oriented* è anche dipendente dalla metrica degli oggetti, inclusi i valori di *texture*, lunghezza, forma, così come dalle relazioni spaziali con i super e i sub-oggetti, utilizzati nel processo di classificazione.

L'estrazione di edifici dall'immagine Quickbird multispettrale non ha presentato particolari problematiche: subito dopo aver effettuato il processo di classificazione essi si possono estrarre senza difficoltà, visto il loro grado di separabilità dal resto delle coperture del suolo. Più complessa si è presentata invece l'estrazione di elementi lineari, che non si distinguono facilmente da altre coperture. Questo ha implicato che l'estrazione di strade venisse correlato con l'estrazione di altri oggetti. La qualità dell'estrazione è legata in primo luogo alla risoluzione dell'immagine. Infatti,

molti dettagli individuabili in immagini ad alta risoluzione diventano poco chiari o non più rintracciabili quando tale risoluzione diminuisce. Quindi strade in immagini ad elevata risoluzione possono avere un gran numero di variazioni, mentre strade in bassa risoluzione possono essere difficilmente distinguibili da oggetti vicini come edifici od altri elementi. I metodi che hanno avuto più successo sono stati applicati su strade caratterizzate da superficie omogenea, con elevati contrasti rispetto agli elementi di bordo. Molto spesso nei casi dove sono presenti oggetti di disturbo quali alberi, edifici, macchine, l'estrazione di strade ha fallito con conseguenti *gaps* tra le strade individuate. In generale i risultati più affidabili si sono ottenuti utilizzando metodi di classificazione ed estrazione semi-automatici. In questi casi, l'affidabilità del risultato è strettamente legata all'esperienza dell'operatore.

## Risultati

La sperimentazione, condotta su diversi *test site* dell'area dei Castelli Romani, ha riguardato la definizione *in primis* dei parametri ottimali della segmentazione, analizzando una zona a Nord del comune di Genzano. Partendo proprio da questi parametri, si sono studiati due differenti subset (il territorio tra il comune di Marino e quello di Rocca di Papa e il territorio del comune di Lanuvio) classificando tutti gli elementi presenti. Successivamente si è proceduto all'estrazione di elementi antropici ed il loro confronto con la cartografia di base a media scala (CTR del Lazio in scala 10.000, Tavoleta IGM in scala 25.000, cartografia digitale Serie DB25), analizzando pregi e difetti della metodologia applicata.

L'analisi volta ad una prima distinzione e classificazione di coperture urbane e rurale, ha messo in evidenza la presenza di un tessuto estremamente complesso, caratterizzato da zone rurali collegate tra loro da strade secondarie. Di conseguenza, si è preferito segmentare l'immagine con un fattore di scala basso per garantire la distinzione fra oggetti minuti. Dopo una serie di prove effettuate in aree dalle caratteristiche diverse, i parametri ritenuti ottimali in ingresso sono: *Forma* 15, *Color* 0,7 e *Compactness* 0,5. La successiva classificazione mediante il metodo dei *Nearest Neighbor* è stata effettuata scegliendo un numero ridotto di campioni, risultato tuttavia sufficiente. La classificazione è articolata in quattro gruppi principali (acqua, edificato, vegetazione, sede stradale), suddivisi in opportuni sottoclassi (vedi Figura 1).

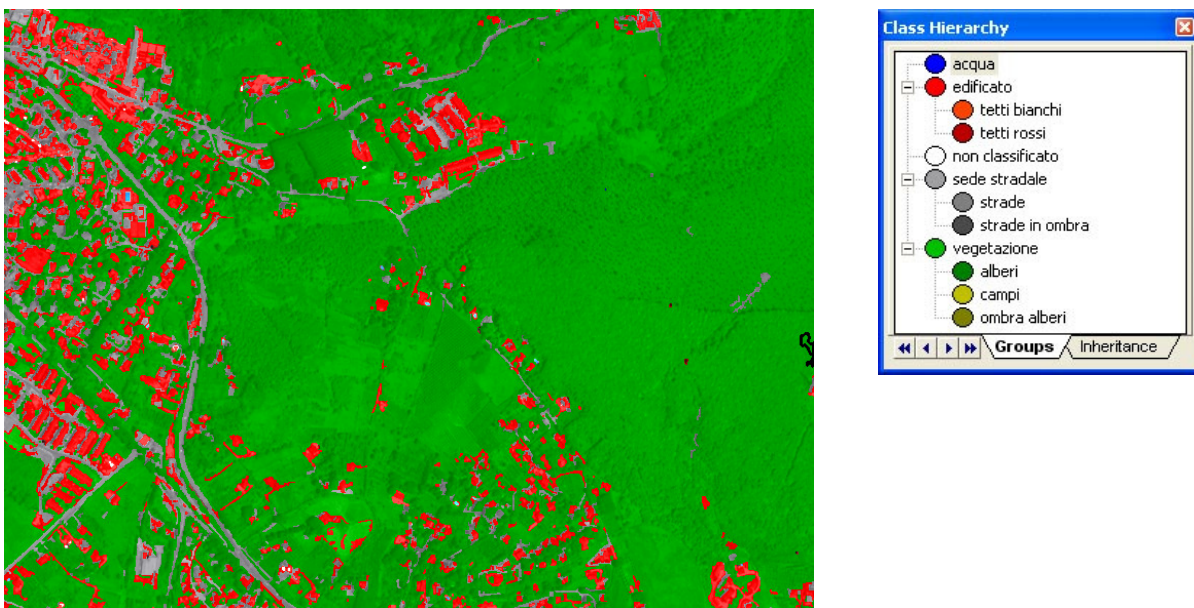


Figura 1: Risultato della classificazione ottenuta tramite processo di ottimizzazione avanzato. Test area: Lanuvio (classi presenti nell'immagine: urbano; sede stradale; vegetazione).

Il software Definiens consente di migliorare il risultato della classificazione attraverso una funzione di ottimizzazione dei parametri del classificatore, la *Feature Space Optimization*. Tale funzione permette di determinare la combinazione di componenti (*brightness, standard dev, mean, ecc...*) che meglio separano le diverse classi di copertura del suolo. Successivamente vengono introdotti negli Standard alcune componenti di forma specifiche (*Area, Main direction, Asymmetry, Density*) atte ad ottenere una maggiore discriminazione degli oggetti rappresentanti elementi antropici lineari.

Per quanto riguarda l'accuratezza della classificazione, una valutazione dei risultati attraverso i *ground truth* non è stata possibile. Ciò nonostante, le verifiche condotte sulla base del confronto visivo con l'immagine stessa e con materiale cartografico e fotografico ausiliare, nonché sottoponendo il risultato al test di accuratezza fornito dallo stesso software, hanno mostrato parametri soddisfacenti: la *Overall accuracy* risulta pari al 86 %, con le classi "acqua", "alberi" ed "edificato" definite con maggiore accuratezza rispetto alle classi "campi" e "strade".

La seconda parte del lavoro prevede l'estrazione degli elementi antropici già classificati. Per ciò che concerne gli elementi antropici di tipo lineare, ossia le infrastrutture viarie, viene dapprima effettuata una selezione manuale degli oggetti costituenti le arterie stradali principali per poi procedere con la loro fusione in super oggetti appartenenti ad ogni arteria stradale. Il passo successivo riguarda l'estrazione dell'asse da ogni super oggetto, attraverso la funzione "*Skeleton*" che utilizza l'algoritmo di "triangolazione di Delaunay". Tale funzione permette di schematizzare aggregati di oggetti tramite un solo asse principale (cfr. Figura 2).

Gli assi principali ricavati sono stati esportati in un software GIS e confrontati con una tavoletta IGM in scala 25.000 e con la Carta Tecnica Regionale del Lazio in scala 1:10.000 (cfr. Figura 3).

I confronti con le due cartografie di base illustrati in Figura 3, confermano la bontà della classificazione ottenuta. L'estrazione degli assi stradali in formato vettoriale consente un utilizzo ed una rappresentazione grafica più versatili e diversificati.

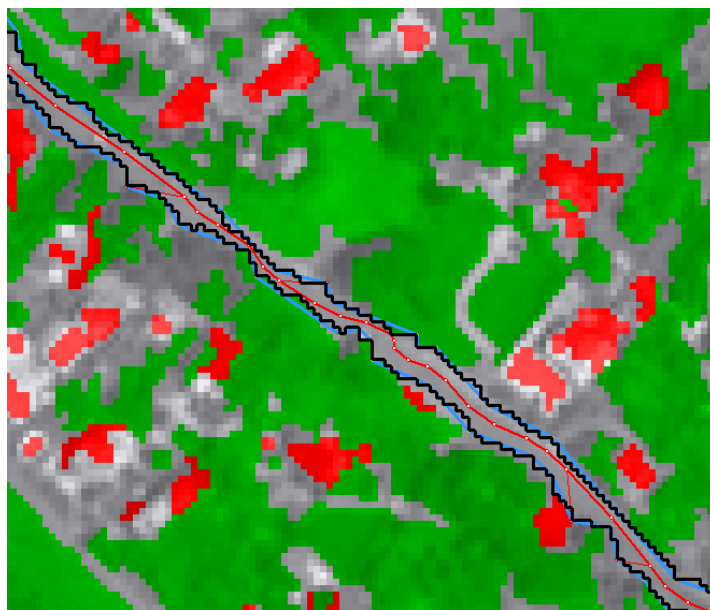


Figura 2: Fusione degli oggetti ed estrazione dell'asse di una arteria stradale principale.

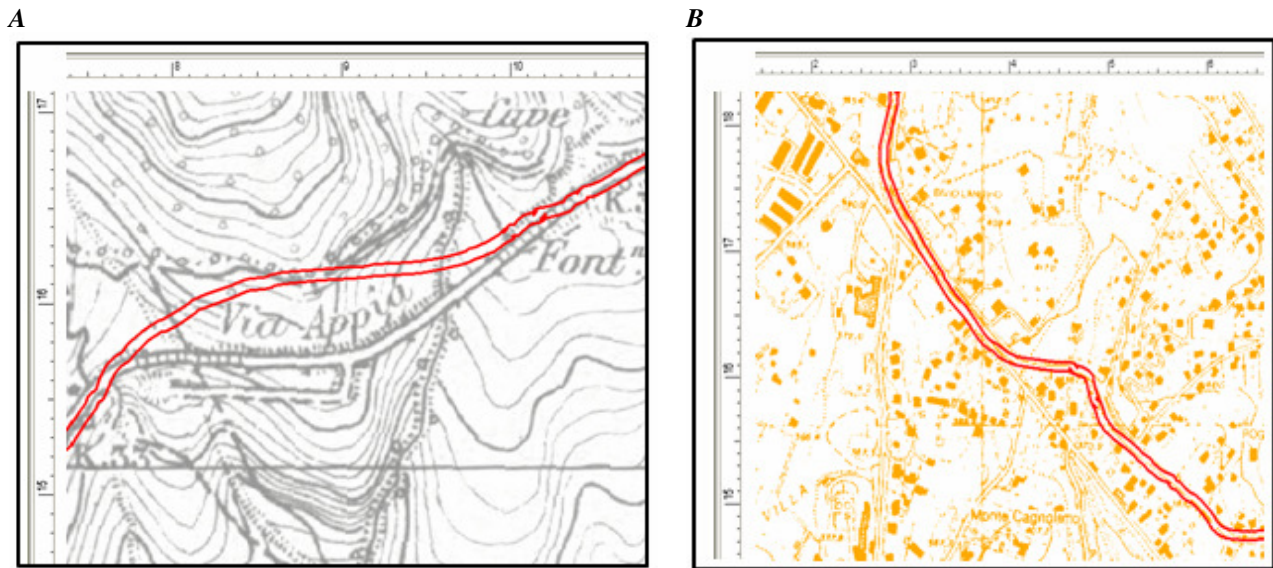


Figura 3 – A. Confronto tra il tracciato della via Appia ottenuto dall'estrazione e quello della tavoletta IGM anni 1970 in scala 25000: l'immagine mostra un tratto di strada che ha subito variazione. B. Confronto tra il tracciato della via Appia con il tracciato della CTR del Lazio anni 1990 in scala 10.000: le differenze di tracciato sono minime.

Gli elementi classificati come appartenenti alla classe "edificato" si possono estrarre sia in formato raster che in formato vettoriale, con un procedimento del tutto automatico. L'esportazione del risultato della classificazione in un software GIS è stata fatta sotto forma di poligoni vettoriali. Il confronto con una DB25 aggiornata al 2000, ha mostrato una buona corrispondenza spaziale degli edifici. I problemi sorti sono invece relativi alla forma geometrica con bordi irregolari degli edifici estratti dall'immagine satellitare, legati alla geometria della presa e alla risoluzione non sufficientemente alta (2.44 m) dell'immagine.

In Figura 4 viene illustrata la sovrapposizione degli edifici estratti con gli elementi presenti nella tavoletta DB25. Si può notare l'assenza nella cartografia IGM di un grande edificio, forse costruito dopo il 2000 (ultimo volo di aggiornamento) oppure, più probabilmente, l'assenza è riconducibile ad un errore di omissione durante la redazione della mappa.

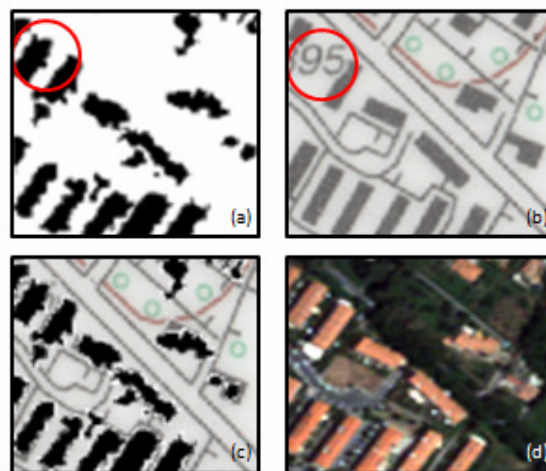


Figura 4 – Confronto tra la cartografia DB25 e la classificazione ottenuta dall'immagine Quickbird. Nella figura (a) i poligoni appartenenti alla classe "edificato"; nella figura (b) la serie DB25; nella figura (c) la sovrapposizione tra la classificazione e la cartografia digitale. Si nota la presenza di un nuovo edificio non presente nella DB25, come confermato dall'immagine satellitare (figura (d)).

## Conclusioni

L'estrazione degli elementi antropici da immagini satellitari ad altissima risoluzione per l'aggiornamento della cartografia di base a media scala ha messo in evidenza le seguenti problematiche:

- gli assi infrastrutturali principali si possono estrarre con accuratezza attraverso una procedura che comprende l'intervento manuale dell'operatore. I tempi necessari alla conclusione dell'operazione dipendono dalla dimensione dell'area di studio e dalla scala di lavoro;
- gli edifici si possono estrarre con una procedura del tutto automatica. L'accuratezza della localizzazione è alta mentre la geometria degli oggetti è strettamente legata alla risoluzione spaziale delle immagini.

Per quanto riguarda l'accuratezza complessiva dei risultati, questa è influenzata dalla risoluzione spaziale e spettrale dell'immagine satellitare, dalla complessità del territorio e, non ultimo, dall'esperienza dell'operatore.

I risultati a cui si è pervenuti mettono in luce le potenzialità di questa metodologia e la possibilità di un notevole abbattimento dei costi nelle procedure di estrazione ed aggiornamento di carte DB25.

## Bibliografia

- Baatz M., Schäpe A. (2000), "Multiresolution segmentation: An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation", *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII* (J. Strobl and T. Blaschke, editors), Wichmann, Heidelberg, pp. 12–23.
- Carleer, A. P., O. Debeir, and E. Wolff, 2005, "Assessment of Very High Spatial Resolution Satellite Image Segmentations," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 11:1285–1294.
- Curlander J., Kober W. (1992), "Rule based system for thematic classification in SAR imagery". Proc. IGARSS. *IEEE Press*, New York, pp. 854– 856.
- Definiens Imaging, 2004, *eCognition Professional user guide 4.0*, (URL: <http://www.definiens-imaging.com/>), Definiens Imaging, München.
- Ketting R.L., Landgrebe D.A.(1976), "Classification of multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects", *IEEE Transactions on Geoscience Electronics*, GE-14(1): 19–26.
- Yuan, F. (2006), "Mapping impervious surface area using high resolution imagery: A comparison of object-based and per pixel classification". *Proceedings of ASPRS 2006 Annual Conference*, Reno, Nevada; May 1-5, 2006.