

## **Estrazione rapida di strade mediante segmentazione di immagini telerilevate da satellite integrabili in Open Street Map per situazioni di emergenza**

Vincenzo Barrile (\*), Giuseppe M. Meduri (\*), Giuliana Bilotta (\*\*)

(\*) DICEAM - Facoltà di Ingegneria

Università Mediterranea di Reggio Calabria - Via Graziella Feo di Vito 89100 Reggio Calabria, Tel +39 0965 875301  
vincenzo.barrile@unirc.it, ing.giuseppemariameduri@gmail.com

(\*\*) Dottorato Nuove Tecnologie e Informazione Territorio Ambiente –Università IUAV di Venezia  
Santa Croce 191, Tolentini 30135 Venezia  
giuliana.bilotta@iuav.it

### **Riassunto**

Durante il terremoto di Haiti del 12.01.2010 e quello del Nepal del 25.04.2015 si è rivelata molto utile l'opera dei volontari che integrano il servizio gratuito Open Street Map (OSM) realizzando mappe delle strade presenti in loco, utili in caso di emergenza, supportando così le organizzazioni umanitarie.

Anche se lontani dal sito di interesse, con tali operazioni di crowdsourcing essi possono contribuire agli sforzi di mappatura di regioni impervie o poco note tracciando immagini da fotografie aeree o immagini satellitari, in alcuni casi rese disponibili gratuitamente.

Obiettivo della presente ricerca, ancora in itinere, è sperimentare la possibilità di ottenere molto rapidamente la rete stradale, estraendola automaticamente o semiautomaticamente dai dati satellitari.

La metodologia utilizzata è l'Object Based Image Analysis, che opera una segmentazione dell'intera immagine, nel caso specifico mediante impostazione di parametri di forma e colore tali da distinguere agevolmente le strade dai corsi d'acqua, rendendo poi possibile l'esportazione rapida in Open Street Map dei dati ottenuti. Questo processo di trasferimento in OSM così automatizzato si rivela molto più rapido ed efficiente dell'integrazione manuale, non omogenea e soggetta a numerose variabili. I risultati sinora ottenuti sono incoraggianti e suggeriscono di proseguire nella ricerca di tecniche rapide per l'integrazione di mappe da usare per le emergenze umanitarie.

### **Abstract**

During the Haiti earthquake on 12.01.2010 and the Nepal earthquake on 25/04/2015 proved to be very useful the work of the volunteers that integrate the free Open Street Map (OSM) creating maps of the roads on site, useful in case of emergency, thus supporting the humanitarian organizations.

Though away from the site of interest, with such crowdsourcing they can contribute to the efforts of mapping inaccessible or little known regions by tracing images from aerial photographs or satellite images, in some cases made available free of charge.

The objective of this research, still in progress, is to experience the opportunity to obtain very quickly the road, pulling automatically or semi-automatically from the satellite data.

The methodology used is the Object Based Image Analysis, which operates a segmentation of the whole image, in this case by setting parameters such as shape and color easily distinguishing roads from rivers, then making it possible a fast exporting of data obtained to Open Street Map. This migration process to OSM is automated so is much more rapid and efficient than manual integration, inhomogeneous and subject to many variables.

The results obtained so far are encouraging and suggest continuing the search for rapid techniques for the integration of maps to be used for humanitarian emergencies.

## Introduzione

La risoluzione spaziale delle immagini satellitari per l'osservazione della terra fino a pochi anni fa non era sufficiente a descrivere caratteristiche topografiche dettagliate come forma e struttura (Barrile, Bilotta, 2007a). Questo problema limitava fortemente l'applicazione di tali dati in ambiti quali l'analisi ed il monitoraggio dell'ambiente urbano (Small, 2001); d'altro canto, l'aumento della risoluzione nelle immagini disponibili negli ultimi anni porta ad un incremento dell'ambiguità nella definizione statistica delle classi d'uso o copertura del suolo e ad una diminuzione dell'accuratezza della rilevazione automatica nel caso sia applicata la procedura standard di classificazione multispettrale (Pesaresi, 2000).

Gli strumenti d'analisi in grado di utilizzare anche l'informazione strutturale e di forma contenuta nelle immagini hanno peraltro una lunga tradizione d'utilizzo in altri campi come, ad esempio, la fotografia aerea digitale e l'elaborazione delle immagini mediche (Köppen et al., 1998).

Il limite dell'analisi basata sulla sola informazione portata dal contenuto dei *pixel*, anche se realizzata automaticamente, è nel portare la macchina a riconoscere solo informazioni a basso livello semantico come la quantità di energia emessa dal pixel, in cui il contesto non assume alcuna importanza (Benediktsson et al., 2003).

Nell'analisi *object based*, invece, il livello semantico si innalza: si aggiungono regole di relazione spaziale, informazioni topologiche e statistiche, quindi viene definito il contesto. Il riconoscimento si basa su concetti di Mathematical Morphology (Serra, 1998) applicata all'analisi delle immagini (Bianchin, Pesaresi, 1992) e su principi della Fuzzy Logic (Benz et al., 2004); inoltre ogni regola può assumere il peso opportuno (Barrile, Bilotta, 2008).

L'analisi strutturale che si ottiene, quindi ad alto livello semantico (Soille, Pesaresi, 2002), permette così una ricchezza di informazioni difficile da conseguire con la classica analisi spettrale, con una piena integrabilità immediata nei GIS grazie alla realizzazione diretta di mappe vettoriali. Inoltre la possibilità di introdurre regole per il riconoscimento del contesto e delle relazioni tra gli oggetti ottenuti (Shackelford, Davis, 2003) accresce significativamente la possibilità di riconoscimento automatico degli oggetti sulla superficie terrestre e rende quindi riproducibile il processo di fotointerpretazione.

## Segmentazione

Nel processo di segmentazione i pixel dell'immagine vengono via via aggregati in una serie di passaggi finché i poligoni risultanti non hanno le caratteristiche volute dall'utente (Blaschke, 2010). Il procedimento porta alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale di ciascun poligono ricavata dai valori di *digital number* dei pixel inclusi e sulla base dell'eterogeneità geometrica dipendente dalla forma dei poligoni creati. L'eterogeneità spettrale  $h_s$  di ciascun poligono generato con il processo di segmentazione è ottenuta come somma pesata delle deviazioni standard dei valori di *digital number* di ogni banda spettrale ricavati per ciascuno dei pixel inclusi nel poligono:

$$h_s = \sum_{c=1}^q w_c \sigma_c \quad [1]$$

$h_s$  = eterogeneità spettrale del poligono;  $q$  = numero di bande spettrali;  $\sigma_c$  = deviazione standard dei valori di *digital number* della  $c$ -esima banda spettrale;  $w_c$  = peso assegnato alla  $c$ -esima banda.

Se il processo di segmentazione tendesse soltanto alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale si otterrebbe la generazione di poligoni eccessivamente frammentati, con dimensione frattale molto elevata. E questo si verificherebbe in modo maggiore quanto più elevata è la risoluzione geometrica dell'immagine (Barrile, Bilotta, 2007b). Per evitare che ciò avvenga i poligoni ottenuti devono anche minimizzare il valore di eterogeneità geometrica ( $h_g$ ), definita da due fattori di forma: il fattore frattale ed il fattore di compattezza. Il fattore frattale ( $h_{g\_smooth}$ ) dipende dalla complessità del perimetro del poligono rispetto alla sua estensione:

$$h_{g\_smooth} = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad [2]$$

dove:  $h_{g\_smooth}$  = fattore frattale dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato;  $l$  = lunghezza del perimetro del poligono considerato;  $n$  = numero di pixel di cui è costituito il poligono.

Il fattore di compattezza ( $h_{g\_compact}$ ) dipende dal rapporto dimensionale degli assi del poligono:

$$h_{g\_compact} = \frac{l}{b} \quad [3]$$

in cui:  $h_{g\_compact}$  = fattore di compattezza dell'eterogeneità geometrica del poligono considerato;  $l$  = lunghezza del perimetro del poligono considerato;  $b$  = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono considerato. L'algoritmo di segmentazione unisce, a partire da ogni pixel dell'immagine, poligoni adiacenti fino a quando il cambiamento di eterogeneità osservabile tra i due poligoni primitivi e il nuovo poligono ottenuto non supera una soglia assegnata dall'utente (fattore di scala). Non superando la soglia assegnata la fusione si realizza, in caso contrario i poligoni restano distinti. La differenza di eterogeneità (*overall fusion value*) tra il potenziale oggetto fuso e i due poligoni originari è pari a:

$$f = w_f \Delta h_s + (1 - w_f) \Delta h_g \quad [4]$$

dove:  $f$  = *overall fusion value*;  $w_f$  = peso attribuito in base all'importanza relativa dell'eterogeneità spettrale rispetto all'eterogeneità geometrica, compreso tra 1 (viene considerata solo l'eterogeneità geometrica) e 0 (viene considerata solo l'eterogeneità spettrale).

La differenza di eterogeneità spettrale ( $\Delta h_s$ ) tra il poligono potenzialmente fuso e i due poligoni originari è calcolata come:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^q w_c \left[ n_{merge} \sigma_{mergec} - (n_{obj1} \sigma_{obj1c} + n_{obj2} \sigma_{obj2c}) \right] \quad [5]$$

dove:  $n_{merge}$  = numero di pixel inclusi nel poligono generato dalla fusione;

$\sigma_{mergec}$  = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel poligono generato dalla fusione;  $n_{obj1}$  = numero di pixel inclusi nel primo dei due poligoni prima della fusione;  $\sigma_{obj1c}$  = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel primo dei due poligoni prima della fusione;  $n_{obj2}$  = numero di pixel inclusi nel secondo dei due poligoni prima della fusione;  $\sigma_{obj2c}$  = deviazione standard dei valori di *digital number* della c-esima banda spettrale nel secondo dei due poligoni prima della fusione.

La differenza di eterogeneità geometrica ( $\Delta h_g$ ) tra il poligono potenzialmente fuso e i due poligoni originari è calcolata come:

$$\Delta h_g = w_g \Delta h_{g\_compact} + (1 - w_g) \Delta h_{g\_smooth} \quad [6]$$

dove:  $w_g$  = peso attribuito all'importanza relativa del fattore frattale rispetto a quello di compattezza, compreso tra 1 (viene considerato il solo fattore frattale) e 0 (viene considerato il solo fattore di compattezza);

$$\Delta h_{g\_compact} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right\} \quad [7]$$

$$\Delta h_{g\_smooth} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left\{ n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right\} \quad [8]$$

$l_{merge}$  = lunghezza del perimetro del poligono generato dalla fusione;  $l_{obj1}$  = lunghezza del perimetro del primo dei due poligoni prima della fusione;  $l_{obj2}$  = lunghezza del perimetro del secondo dei due poligoni prima della fusione;  $b_{merge}$  = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il poligono generato dalla fusione;  $b_{obj1}$  = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il primo dei due poligoni prima della fusione;  $b_{obj2}$  = lunghezza del lato minore del più piccolo quadrilatero parallelo al dato raster in cui è inscrivibile il secondo dei due poligoni prima della fusione.

**Procedura**

La segmentazione multirisoluzione in questo caso viene operata creando un solo livello con i parametri indicati nella tabella seguente che tiene conto delle caratteristiche dei dataset IKONOS:

Livello di segmentazione	Bande da usare				Scala	Criteri di omogeneità			
	RED	GREEN	BLUE	NIR		Color	Shape	Shape Settings	
						Smoothness	Compactness		
Livello I	Si	Si	Si	Si	40	0.1	0.9	0.9	0.1

Figura 1 - Tabella con i parametri per la segmentazione.

Il livello scelto di segmentazione viene applicato sulle bande *blue*, *green*, *red* e *nir* del dataset IKONOS (si tratta di una immagine del territorio del comune di Melito di Porto Salvo, in provincia di Reggio Calabria, acquisita nel 2002). Esso serve per individuare le forme allungate sul territorio, assegnando un valore molto alto al fattore di forma (0.9) e di conseguenza uno 0.1 al valore del contenuto spettrale. Inoltre si assegna un fattore minimo alla compattezza proprio per cercare gli oggetti che abbiano un forte sviluppo del perimetro.



Figura 2 - Livello I di segmentazione.

Il fattore di scala è 40 per non frammentare eccessivamente l'immagine. Nonostante ciò, la frammentazione è piuttosto forte. In figura 2 la segmentazione con l'individuazione degli oggetti. Si notano diversi oggetti allungati che corrispondono effettivamente alle strade.

In figura 3 è visibile la variabilità dei pixel intra-poligono. Questa sarebbe ancora maggiore se avessimo scelto un fattore di scala più grande.

Passo successivo, non svolto in questo lavoro, è la classificazione delle strade per distinguerle da corsi d'acqua e fiumare ed importare i relativi *shapefile* in Open Street Map.



Figura 3 - Segmentazione con visibilità dei pixel.

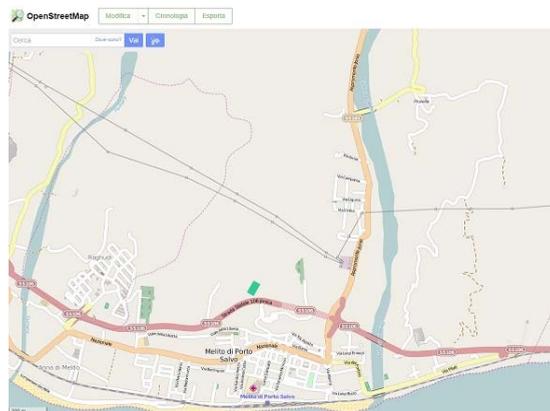


Figura 4 - Inserimento in Open Street Map.

## Conclusioni

A differenza della classica analisi spettrale o *pixel-based* (che all'aumentare della risoluzione nelle immagini telerilevate fa rilevare un incremento dell'ambiguità nella definizione statistica delle classi d'uso del suolo), con l'uso delle tecniche di segmentazione multirisoluzione e di classificazione *object-based*, la metodologia strutturale è in grado di utilizzare al meglio la ricchezza di informazioni dei dati telerilevati con una integrabilità immediata nei GIS permettendo la realizzazione diretta di mappe vettoriali (Bilotta, 2005). Le applicazioni possibili sono molte (Armocida et al., 2008) (Barrile et al., 2012).

Abbiamo utilizzato il software eCognition, che si basa su concetti di Mathematical Morphology e principi di logica *fuzzy*, organizza i dati in modo gerarchico e consente di combinarne differenti tipologie, integrando anche dati raster e vettoriali. Il software, attualmente di Trimble, è stato usato in una versione 4.0 trial della Definiens Imaging.

La possibilità di introdurre regole per l'individuazione del contesto e delle relazioni tra gli oggetti accresce significativamente la possibilità di riconoscimento automatico degli oggetti sulla superficie terrestre. L'approccio è simile a quello seguito nella fotointerpretazione manuale, ma tale

metodologia supera i limiti dovuti sia alla soggettività del processo di classificazione, rendendo quest'ultimo riproducibile ed omogeneo, sia ai problemi delle tradizionali tecniche di classificazione.

La considerazione che sta alla base di questo studio è che la disponibilità del reticolo stradale anche in aree remote si rivela essenziale per il monitoraggio di infrastrutture pre e post eventi disastrosi, al fine anche del coordinamento degli interventi e della ricostruzione. L'uso del tool di classificazione in questa fase è stato limitato alla sola operazione di segmentazione, al fine di valutare se con gli opportuni parametri del fattore di forma sia realmente possibile l'individuazione dei reticoli stradali. In una seconda fase si potrà procedere alla classificazione che, avvalendosi di altri possibili livelli che tengano in maggior conto il contenuto del pixel negli oggetti correlati, consentirà l'effettiva estrazione del reticolo stradale.

### Bibliografia

- Armocida G, Barrile V, Bilotta G. (2008), "Sistema integrato per il rilievo e la gestione del catasto delle aree incendiate", in *Atti della XII Conferenza Nazionale ASITA*, L'Aquila, 293-298
- Benediktsson J A, Pesaresi M, Arnason K. (2003), "Classification and Feature Extraction for Remote Sensing Images From Urban Areas Based on Morphological Transformations", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41: 1940-1949
- Barrile V, Bilotta G. (2007a), "Metodologie "Strutturali" su immagini Satellitari per l'analisi Urbana e Territoriale" in *Atti della XI Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, 267-272
- Barrile V, Bilotta G. (2007b), "An application of object-oriented analysis to very high resolution satellite data on small cities for change detection" in *Proceedings of 3rd WSEAS (World Scientific and Engineering Academy and Society) Conference on Remote Sensing*, Venezia, 98-103
- Barrile V, Bilotta G. (2008), "Object-oriented analysis applied to high resolution satellite data" *WSEAS Transactions on Signal Processing*, 4: 68-75
- Barrile V, Bilotta G, Meduri G M. (2012), Individuazione di discariche mediante segmentazione del dato satellitare" in *Atti della XVI Conferenza Nazionale ASITA*, Vicenza, 137-142
- Benz U C, Hofmann P, Willhauck G, Lingenfelder I, Heynen M. (2004), "Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 58: 239-258
- Bianchin A, Pesaresi M. (1992), "Approccio strutturale all'analisi di immagine per la descrizione del territorio: una esplorazione degli strumenti di morfologia matematica", in *Atti del V Convegno Nazionale A.I.T.*, Milano, Italy, 25-29
- Bilotta G. (2005), "Metodologie avanzate applicate allo studio dell'uso della terra", *Cartographica*, 12: 21-24
- Blaschke T. (2010), "Object based image analysis for remote sensing", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65: 2-16
- Köppen M, Ruiz-del-Solar J, Soille P. (1998), "Texture Segmentation by biologically-inspired use of Neural Networks and Mathematical Morphology", *Proceedings of the International ICSC/IFAC Symposium on Neural Computation (NC'98)*, ICSC Academic Press, Vienna, 23-25
- Pesaresi M. (2000), "Texture Analysis for Urban Pattern Recognition Using Fine-resolution Panchromatic Satellite Imagery", in *Geographical & Environmental Modelling*, 4: 43- 63
- Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2*, Theoretical Advances, Academic Press, New York
- Shackelford A K, Davis C H. (2003), "A Hierarchical Fuzzy Classification Approach for High Resolution Multispectral Data Over Urban Areas", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 9: 1920-1932
- Small C. (2001), "Multiresolution Analysis of Urban Reflectance", *IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, Roma
- Soille P, Pesaresi M. (2002), "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40: 2042-2055