

Individuazione di discariche mediante segmentazione del dato satellitare

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

(*) Dipartimento MECMAT (Meccanica e Materiali), Facoltà di Ingegneria Università Mediterranea di Reggio Calabria, Via Graziella Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria, Tel. +39 0965 875301

vincenzo.barrile@unirc.it, giumed@libero.it

(**) Dottorato NT&ITA (Nuove Tecnologie e Informazione Territorio Ambiente), Dip. di Pianificazione, Università IUAV di Venezia, Santa Croce 191 Tolentini, 30135 Venezia, giuliana.bilotta@gmail.com

Riassunto

Le discariche illegali mettono a rischio la tutela dell'ambiente e minacciano fortemente il territorio a causa del pesante impatto paesaggistico e ambientale, costituendo una fonte di pericolo per la salute e la sicurezza degli abitanti.

L'attività di controllo del territorio si concretizza anche nel riconoscimento degli abusi relativi al deposito incontrollato di rifiuti e l'uso di immagini telerilevate da satellite contribuisce a migliorare il sistema di gestione dell'ambiente. La disponibilità di tecniche orientate agli oggetti per elaborare il dato satellitare consente di rilevare tali situazioni di illegalità.

La ricerca che qui si propone è ancora in itinere al fine di affinare le tecniche impiegate ma già si prospetta la possibilità di un'applicazione delle stesse metodologie in altri contesti.

Abstract

The illegal dumps are environmental threats that put strongly at risk our territory due to the heavy impact on the landscape and the environment, constituting a source of danger for the health and safety of the inhabitants

The activity of territorial control is also reflected in the recognition of abuse of the uncontrolled storage of waste: the use of satellite remotely sensed data helps to improve the environmental management system. The availability of object-oriented techniques to process the satellite data can detect such situations of illegality.

Our research is still in progress in order to refine the techniques used but already an application of the same methods in other contexts is possible.

Introduzione

Il suolo è un sistema complesso, di importanza fondamentale per l'equilibrio ecologico, che comprende diverse questioni di rilevanza ambientale.

La normativa europea ha da tempo previsto il monitoraggio della componente suolo, in particolar modo delle discariche. Nel 2001 la Commissione europea ha imposto sanzioni contro l'Italia per la mancanza di dati sulle discariche nel suo territorio.

In Calabria, così come nel resto d'Italia, gestione dei siti contaminati e dei rifiuti ed emergenze ambientali sono direttamente collegati alla matrice suolo.

Nella regione Calabria, in particolare, si sta vivendo una realtà piuttosto complessa nel settore dei rifiuti: da molti anni è stato dichiarato infatti lo stato di emergenza nel settore dei rifiuti urbani, speciali e pericolosi, pertanto un commissario straordinario è stato delegato a gestire questo settore. Tutto ciò avviene nonostante non vi sia stato in Calabria quel forte sviluppo industriale che in altre regioni ha portato all'inquinamento del suolo; qui, limitato e disordinato, spesso senza una corretta pianificazione, ha comunque inferto molte "ferite" al territorio.

Non sono disponibili dati derivati da indagini sulle discariche, in particolare quelle di rifiuti pericolosi e tossici

Il presente lavoro utilizza dati telerilevati e tecniche di analisi d'immagine di tipo strutturale per monitorare le discariche potenziali. Lo scopo di questo contributo è quello di illustrare un'applicazione di *Object Based Image Analysis* su dati ad altissima risoluzione, in particolare sulle immagini multispettrali Ikonos di Melito di Porto Salvo, in provincia di Reggio Calabria con l'obiettivo di mostrare come l'analisi automatica - con un intervento manuale minimo - può facilitare il riconoscimento delle discariche.

Analisi d'immagine ad oggetti

Le tradizionali tecniche di elaborazione ed interpretazione delle immagini seguono metodi basati su dati statistici estratti dalle caratteristiche intrinseche del singolo *pixel*, che forniscono informazioni a basso livello semantico – semplicemente la quantità di energia emessa dal pixel – in cui il contesto non assume alcun ruolo. Nell'analisi d'immagine basata sugli oggetti invece il livello semantico è alto; tra gli attributi degli oggetti creati vi sono informazioni topologiche, statistiche e relative al contesto, il riconoscimento si fonda su concetti di morfologia matematica applicata all'analisi d'immagine e la classificazione su logica *fuzzy* è simile a quella del fotointerprete umano. I processi hanno però qualità di uniformità, standardizzazione e riproducibilità dei risultati, tutte caratteristiche che un fotointerprete umano non può garantire.

Infine, l'inclusione del dato catastale nella procedura di segmentazione consente un'informazione organizzata secondo le necessità dell'amministrazione che gestisce il territorio e impiegabile in tempi rapidi per la repressione degli abusi.

I risultati ottenuti si sono dimostrati incoraggianti. E' stata così possibile l'individuazione di una discarica su area nota, confermando quindi la bontà della metodologia seguita.

L'applicazione di *Object Based Image Analysis* a dati ad alta ed altissima risoluzione, dove più alto è il rischio di errori, permette comunque una buona classificazione, attraverso una opportuna gerarchia di classi che tiene conto delle relazioni tra i livelli di segmentazione prodotti (Baatz et al., 2004).

Con essa si introducono altre regole per l'ubicazione del contesto e le relazioni tra gli oggetti, mentre aumenta significativamente la probabilità di riconoscimento automatico degli oggetti sulla superficie terrestre. La scelta del fattore di scala consente di calibrare la grandezza dei poligoni risultanti, e la sua definizione è legata alla scala di riferimento cartografica che l'utente finale deve ottenere. Attraverso l'inclusione nel processo di segmentazione di uno *shapefile* relativo ai dati catastali otteniamo oggetti che ne mantengano gli attributi anche nella classificazione finale, rendendo quindi facilmente rintracciabili le proprietà delle aree interessate dai depositi di rifiuti. Tali processi sono riutilizzabili in qualsiasi contesto geografico.

Con questa analisi di tipo strutturale è possibile ottenere dai dati telerilevati un'informazione immediatamente integrabile nei GIS consentendo la realizzazione diretta di mappe vettoriali. Partendo da una stessa immagine è possibile generare vari livelli gerarchici di poligoni con diversi fattori di scala, quindi il processo di segmentazione è multirisoluzione .

Il riconoscimento si basa su concetti di morfologia matematica applicata all'analisi delle immagini (Serra, 1998) e sulla logica *fuzzy* per la classificazione.

Segmentazione

Nella segmentazione i pixel dell'immagine vengono via via aggregati in una serie di passaggi fino a quando i poligoni risultanti non hanno le caratteristiche volute dall'utente (Baatz et al., 2004). Il procedimento porta alla minimizzazione dell'eterogeneità spettrale di ciascun poligono ricavata dai valori di *digital number* dei pixel inclusi, 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:

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

dove h_s = eterogeneità spettrale del poligono; q = numero di bande spettrali; σ_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. 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).

Logica fuzzy

La logica fuzzy, approccio matematico per quantificare le dichiarazioni incerte, invece delle due affermazioni strettamente logiche "sì" e "no" utilizza la serie continua di [0 ... 1], dove 0 significa "esattamente no" e 1 significa "esattamente sì". Tutti i valori compresi tra 0 e 1 rappresentano una più o meno certa condizione di "sì" e "no".

Insiemi fuzzy sono stati impiegati nella classificazione di copertura del suolo (Köppen et al., 1998). Tale teoria, sviluppato per trattare informazioni imprecise, può fornire una soluzione più appropriata per questo problema (Soille, Pesaresi, 2002). Essa prevede, infatti, per ogni regione di avere l'appartenenza parziale ad una classe o multipla a diverse classi. L'appartenenza parziale permette di rappresentare ed utilizzare meglio l'informazione relativa a situazioni più complesse. La logica fuzzy emulando il pensiero umano ne prende in considerazione anche le regole linguistiche.

Riconoscimento discariche

Oggetto di questo studio è il riconoscimento di discariche a Melito di Porto Salvo (RC). I dati disponibili sono immagini satellitari Ikonos del 2002, georeferenziati in WGS84 (Datum WGS84, UTM 33 N), cui si sono aggiunte alcune informazioni catastali in formato vettoriale .

Il primo passo è segmentare una prima volta l'area così da creare oggetti corrispondenti ai poligoni catastali che ne conservino gli attributi, assegnando un fattore di scala molto alto. L'operazione successiva è la realizzazione di una classificazione basata su due diversi valori di attributi delle particelle e, quindi, degli oggetti creati. Le particelle, la cui intestazione indica la proprietà, in questo caso sono semplicemente divisi in " privato" e " pubblico". Questa semplice distinzione in caso di identificazione di discariche abusive consentirebbe agli enti pubblici interessati di avere i dati necessari per avviare procedimenti sanzionatori o di recupero, nei due differenti casi. Si prosegue poi ad una classificazione separata per "pubblico" e "privato", ma che servirà solo come procedura interna, dal momento che non sarà presente nella ricerca finale di discariche.

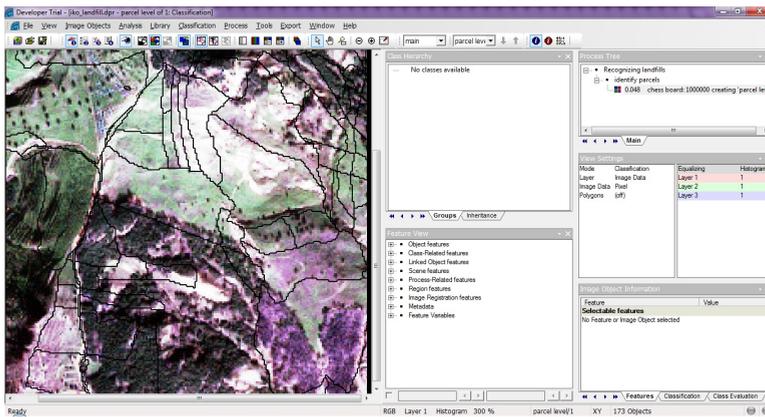


Figura 1. Creazione di oggetti corrispondenti alle particelle catastali.

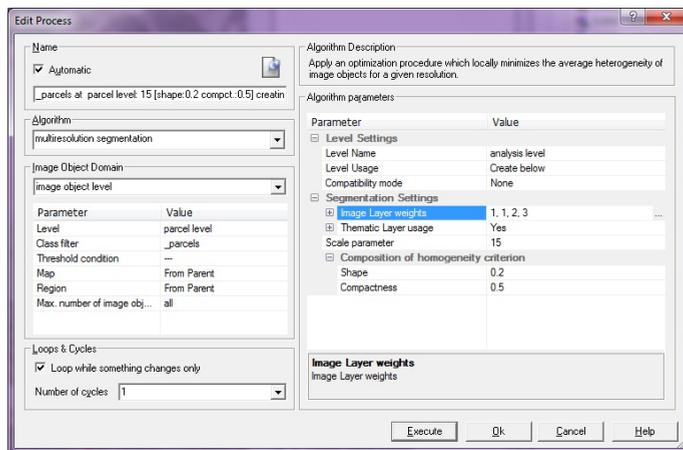


Figura 2. Segmentazione multirisoluzione: assegnazione di pesi maggiori alle bande Red ed IR, il parametro di forma è 0,2, il fattore di compattezza è impostato a 0,5, il fattore di scala è 15.

La classificazione successivo trasferisce anche a questi piccoli oggetti le proprietà dei super-oggetti, vale a dire le particelle catastali.

A seguito di opportune valutazioni di alcuni valori di variabilità pixel - di fatto, nelle discariche coesistono materiali estremamente eterogenei - sono identificate con la classificazione le aree in cui possono essere discariche (discariche potenziali).

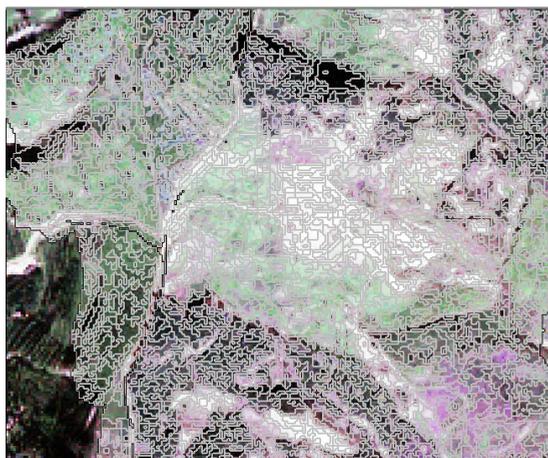


Figura 3. Segmentazione multirisoluzione.

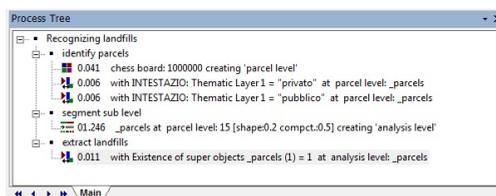


Figura 4. Il process tree con le segmentazioni e le classificazioni applicate.



Figura 5. Discariche potenziali.

Infine, con una ulteriore classificazione si precisano le zone più interessate da questi valori (discariche), che giungono a corrispondere alle zone coperte da una vecchia discarica gestita dal Comune nell'anno di riferimento dell'immagine.

Il passo successivo è la riassegnazione degli oggetti "non classificati" che non rientrano all'interno delle aree individuate come discariche.

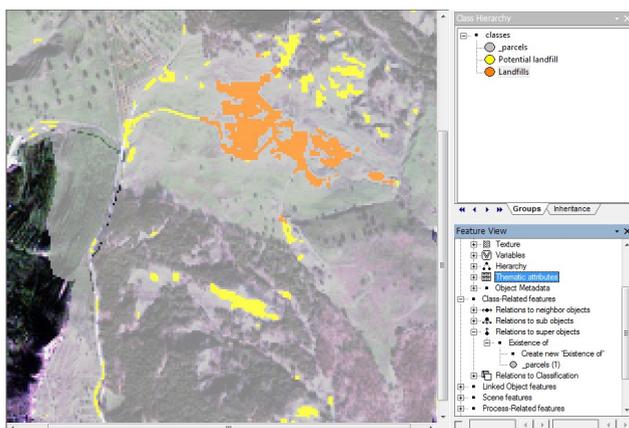


Figura 6. Discariche.

Conclusioni

In questo progetto l'utilizzo di dati da *remote sensing* e di tecniche di analisi d'immagine di tipo strutturale consente il monitoraggio delle discariche sul territorio, aggiornabile mediante la regolare acquisizione di immagini satellitari.

I dati telerilevati potrebbero confluire in un database spaziale aggiornato regolarmente dalle autorità locali per il monitoraggio dei rispettivi territori.

Riferimenti bibliografici

Baatz M., Benz U., Dehgani S., Heynen M., Höltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck G. (2004), *eCognition 4.0 professional user guide*, Definiens Imaging GmbH, München.

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.

Pitea D., De Cesaris A.L., Marchetti G. (1998), "Individuazione, caratterizzazione e campionamento di ammassi abusivi di rifiuti pericolosi", in *Fondazione Lombardia per l'ambiente, Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/1997*.

Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Vol. 2, Theoretical Advances, Academic Press, New York.

Soille P., Pesaresi M. (2002), "Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40: 9.

Tzen Y.C., Chen K.S. (1998), "A Fuzzy Neural Network to SAR Image Classification", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 36: 301-307.

Zadeh L.A. (1965), "Fuzzy Sets", *Information Control*, 8: 338-353.