

## Riconoscimento di asbesto nelle coperture degli edifici con analisi object-based di immagini satellitari

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

(\*) Dipartimento 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, 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  
Comune di Melito P.S. (RC), giuliana.bilotta@gmail.com

### Riassunto

Sono ben noti i rischi dovuti alla lunga esposizione al cemento amianto cui è connesso l'insorgere di malattie che colpiscono il sistema respiratorio. In particolare, è l'amianto friabile l'elemento più pericoloso, sia perché le fibre si disperdono facilmente sia per la particolare attitudine di queste a penetrare nell'apparato respiratorio. Nonostante i rischi sopra citati, il numero di coperture di edifici contenenti amianto è alto in diverse nazioni. Nella nostra sono molti ancora gli edifici caratterizzati da rivestimenti di eternit (una miscela di cemento e amianto), diffusa anche a causa delle caratteristiche di resistenza meccanica e del basso costo del materiale.

In questo lavoro si propone l'uso di tecniche di classificazione *object based* sul dato satellitare per l'individuazione degli edifici con coperture realizzate in materiali contenenti amianto, poiché la normativa impone di intervenire per la relativa sostituzione. In particolare, si suggerisce di integrare sin dall'inizio l'immagine da satellite con dati catastali in formato vettoriale (*shapefile*) così da mantenere, anche attraverso le diverse procedure di segmentazione e classificazione, l'informazione relativa alla proprietà.

### Abstract

Well known are risks due to long exposure to asbestos, connected to the emergence of diseases that affect the respiratory system. In particular, the friable asbestos is the most dangerous element, because the fibers easily disperse and for the particular aptitude to penetrate into the respiratory system. Despite the risks mentioned above, the number of roofs of buildings containing asbestos is high in many countries. In our country there are still many buildings characterized by coatings of a mixture of cement and asbestos, also common for the characteristics of mechanical resistance and low cost of the material.

This paper proposes the use of object based techniques for classifying satellite data, for the identification of buildings with roofs made by materials containing asbestos, since the legislation requires to intervene for its replacement. In particular, we suggested to integrate, right from the start, satellite imagery with cadastral data in vector format (*shapefile*) so as to maintain through the various procedures of segmentation and classification, the information relating to the property.

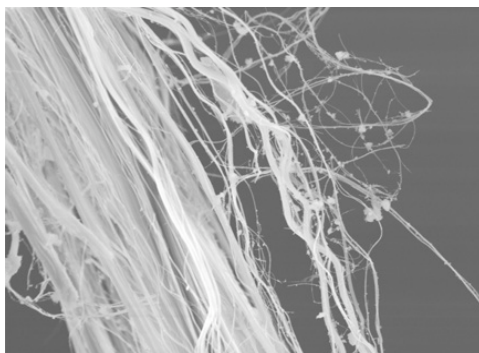
### Introduzione

Il problema amianto non è solo un problema del nostro Paese. A livello internazionale l'interesse per l'argomento ha avuto ulteriori spunti dagli studi realizzati a seguito degli attentati dell'11 settembre del 2001 al World Trade Center di New York in cui l'asbesto, utilizzato soprattutto per la protezione antincendio delle grandi strutture metalliche, si è sparso su una regione di diversi chilometri quadrati sotto forma di polvere fine risultante dai crolli esplosivi delle Torri

Gemelle. Questa polvere, costituita dai resti polverizzati di componenti non metallici delle Torri, conteneva percentuali significative di amianto ed è stata respirata certamente da migliaia di persone. In Italia il problema amianto si è manifestato soprattutto in alcune aree industriali. Sin dall'acquisto nel 1906 del brevetto della svizzera Eternit, la piemontese Casale Monferrato ha ospitato una fabbrica in cui si continuò a produrre fibrocemento fino al 1986, data della chiusura, anche se già sin dagli anni '60 si aveva prova del legame tra amianto e mesotelioma della pleura. Alla contaminazione proveniente direttamente dalla fabbrica –ridotta dagli anni '70 dopo la realizzazione di sistemi di filtraggio – si aggiungeva quella trasmessa alle famiglie degli operai e quella dovuta alla diffusione nel territorio casalese, da parte della Eternit, di scarti di lavorazione dell'amianto (il cosiddetto "polverino"), regalati ai cittadini per realizzare pavimentazioni e coibentazioni. Delle 20-30 persone che ogni anno sono stroncate dal mesotelioma, da tempo i due terzi sono cittadini che non hanno mai avuto rapporti con la fabbrica.

I materiali in cemento amianto sono costituiti da una matrice di cemento contenente dal 6 al 12% di fibre di amianto. Questo materiale è stato utilizzato soprattutto per la produzione di lastre da utilizzare come copertura esterna per gli edifici industriali e civili. Dopo un certo numero di anni dalla messa in opera le lastre tendono a rilasciare in atmosfera una notevole quantità di fibre di amianto, potenzialmente dannose per la salute umana.

La consistenza fibrosa dell'amianto, alla base delle sue ottime proprietà tecnologiche, conferisce al materiale anche caratteristiche di rischio essendo essa stessa causa di gravi patologie a carico prevalentemente dell'apparato respiratorio (Mollo et al., 1995). I materiali di amianto col tempo rilasciano fibre potenzialmente inalabili: hanno infatti la tendenza a suddividersi longitudinalmente in fibrille sempre più sottili, con diametri sufficientemente fini da essere respirate e penetrare profondamente negli alveoli polmonari. e fibre più sottili e aghiformi attraversano il tessuto polmonare, per effetto dei movimenti respiratori e facilmente raggiungono la pleura (Rinaudo et al., 2003).



*Figura 1. Fibre di crisotilo al microscopio elettronico a scansione.*

La legislazione prevede l'attuazione di opere di bonifica delle coperture in eternit, ma in molti paesi le aziende di costruzione continuano a usare tale materiale nonostante sia loro proibito.

La Legge n. 257 del 1992 ha messo al bando tutti i prodotti contenenti amianto ed ha vietato la produzione e l'utilizzo del cemento-amianto, prevedendo inoltre che le regioni censissero gli edifici nei quali erano presenti materiali o prodotti contenenti amianto. Il Decreto 18 marzo 2003 n.101 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio ha inoltre dettato le regole per la realizzazione della mappatura completa delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto e per la realizzazione degli interventi di bonifica di particolare urgenza, individuando i criteri per l'attribuzione del carattere di urgenza agli interventi di bonifica, i soggetti preposti alla realizzazione della mappatura e gli strumenti e le modalità con cui la stessa deve essere realizzata.

Il presente lavoro ha come obiettivo quello di fornire uno strumento a costo contenuto per l'identificazione automatica degli edifici che utilizzano ancora come rivestimento delle coperture

questa tecnologia molto pericolosa. Nella recente pratica del monitoraggio dell'amianto nelle coperture con dati telerilevati si procede infatti all'individuazione del materiale da sensore aviotrasportato mediante costose campagne di rilevazione aerea. La presente ricerca, analogamente ad altre già svolte (Barrile et al., 2006) anche con l'uso di diversi algoritmi e strumenti software tra loro raffrontati (Barrile et al., 2008), propone l'uso di dati telerilevati da satellite, meno costosi rispetto ai dati da sensori aviotrasportati.

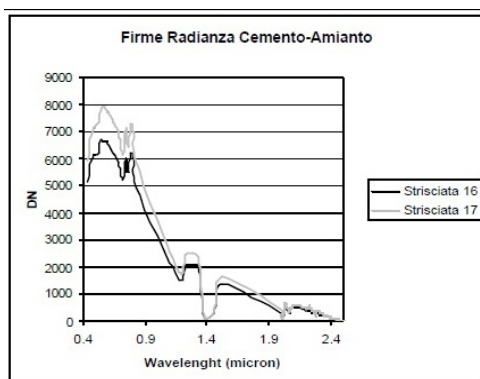


Figura 2. Confronto tra la firma spettrale della stessa lastra in cemento amianto ripresa in due immagini differenti.

In questo studio si procede con una tecnica di tipo strutturale, attraverso una segmentazione multirisoluzione dell'intera scena - che crea automaticamente poligoni vettoriali direttamente estratti dal raster, con una perfetta coincidenza nella sovrapposizione - ed una classificazione che utilizza come aree test alcuni edifici di cui è nota la copertura in cemento-amianto.

Lo scopo di questo contributo è quello di illustrare un'applicazione di *Object Based Image Analysis* su dati ad alta risoluzione, quali dati multispettrali Ikonos, con l'obiettivo di mostrare come l'analisi automatica - con un intervento manuale minimo - può facilitare il riconoscimento delle coperture in materiali contenenti amianto.

### Analisi d'immagine ad oggetti

Le tradizionali tecniche di elaborazione ed interpretazione delle immagini si basano su operazioni statistiche sui dati estratti dalle caratteristiche intrinseche del singolo *pixel*. Si tratta di informazioni a basso livello semantico - la quantità di energia emessa dal pixel - in cui il contesto non ha alcun ruolo. Nell'analisi d'immagine basata sugli oggetti si innalza il livello semantico; tra gli attributi degli oggetti creati vengono conservate informazioni topologiche, statistiche e relative al contesto.

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.

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, simile a quella che adopera il fotointerprete umano. A differenza del lavoro ottenibile da quest'ultimo, però, i processi garantiscono qualità di uniformità, standardizzazione e riproducibilità dei risultati, caratteristiche che non possono essere assicurate da un fotointerprete umano.

L'inclusione dello *shapefile* catastale nella procedura di segmentazione consente inoltre un'informazione organizzata in modo tale da conservare, tra gli attributi degli oggetti vettoriali che vengono creati, le informazioni relative alla proprietà ed agli altri dati catastali.

### Segmentazione

Con il software utilizzato, eCognition già della Definiens Imaging, ora Trimble, i pixel dell'immagine vengono via via aggregati in una serie di passaggi finché 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 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. 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:

$$\Delta h_s = \sum_{c=1}^q w_c \left[ n_{merge} \sigma_{merge_c} - (n_{obj1} \sigma_{obj1_c} + n_{obj2} \sigma_{obj2_c}) \right] \quad [5]$$

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

$\sigma_{merge_c}$  = 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;  $\sigma_{obj1_c}$  = 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.

La teoria della logica fuzzy, sviluppata per trattare informazioni imprecise, può fornire una soluzione più appropriata (Soille, Pesaresi, 2002) quando per ogni regione si ha 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. Inoltre la logica *fuzzy* emulando il pensiero umano ne utilizza anche le regole linguistiche.

### Procedure

Oggetto di questo studio è il riconoscimento di materiali contenenti amianto nelle coperture di edifici a Melito di Porto Salvo (RC).



Figura 3. L'area studiata nell'immagine Ikonos, la rappresentazione dello shapefile catastale, l'area segmentata.



I dati utilizzati sono immagini satellitari di European Space Imaging acquisite dal satellite Ikonos-2 il 21 dicembre 2002 alle 11:00 ora locale, georeferenziate in WGS84 (Datum WGS84, UTM 33 N). Il dato catastale è in formato *shapefile*.

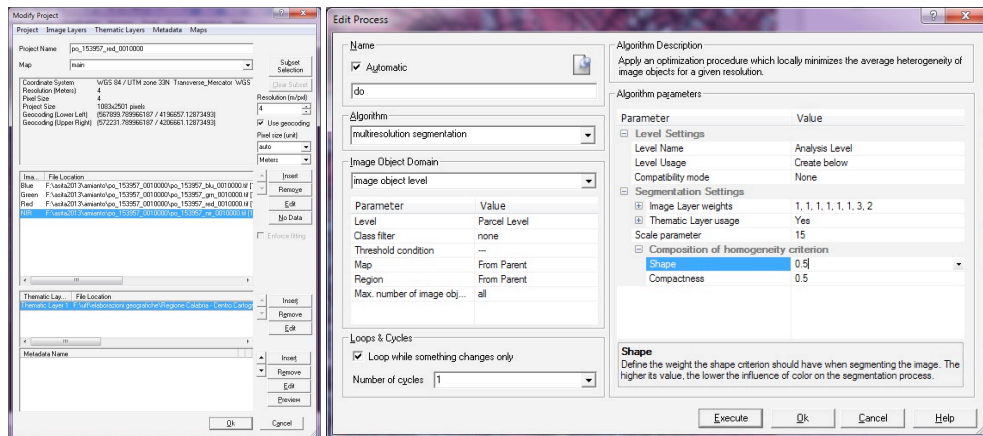


Figura 4. Inserimento dello shapefile catastale nel progetto e segmentazione multirisoluzione con assegnazione di pesi maggiori alle bande Red ed IR, il parametro di forma è 0,5, il fattore di compattezza è impostato a 0,5, il fattore di scala è 15.

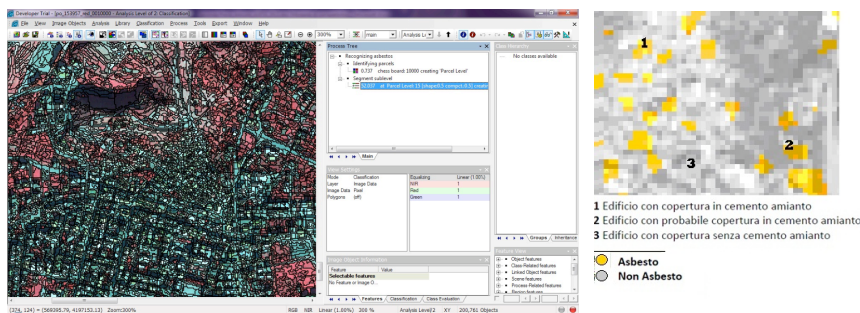


Figura 5. La scena cui è stata applicata una segmentazione multirisoluzione e la classificazione finale.

Nella prima fase si è provveduto a 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. Tale procedura si è rivelata efficace in uno studio sulla discriminazione di discariche abusive (Barrile et al., 2012). A differenza del precedente che riguardava un'area rurale, in questo caso la divisione particellare, relativa al nucleo urbano più antico detto "Paese Vecchio", risulta molto frammentata; pertanto i parametri di scala qui assegnati sono ridotti.

Si è poi realizzata una semplice classificazione basandosi su aree test costituite da alcuni edifici di cui è già nota la presenza di cemento-amianto nelle coperture. Le classi sono: Asbesto e Non Asbesto.

## Conclusioni

In questo lavoro abbiamo applicato la classificazione ad oggetti per trovare una soluzione al problema della reale posizione delle coperture in cemento amianto utilizzando nell'ambito della procedura di segmentazione il dato catastale in formato vettoriale quale *layer* tematico così da ottenere come prodotto della segmentazione oggetti completi di attributi relativi alla proprietà.

Tale procedimento si è rivelato applicabile in altri contesti ed ancora suscettibile di ulteriori miglioramenti.

### **Bibliografia**

- Altshuller G., (1999), *Innovation Algorithm*, Technical Innovation Center, Inc., Worcester, 31-40.
- 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, Monaco.
- Barrile V., Bilotta G., Meduri G. M., (2012), “Individuazione di discariche mediante segmentazione del dato satellitare”, *Atti XVI Conferenza Nazionale ASITA*, Vicenza, 137-142.
- Barrile V., Bilotta G., Pannuti F., (2008), “A comparison between methods – a specialized operator, object oriented and pixel-oriented image analysis – to detect asbestos coverages in building roofs using remotely sensed data”, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII B8: 427-433.
- Barrile V., Bilotta G., (2007), “Metodologie “Strutturali” su immagini Satellitari per l’analisi Urbana e Territoriale”, *XI ASITA 2007*, Torino, 267-272.
- Barrile V., Cacciola M., Cotroneo F., (2006), “An advanced method to detect asbestos coverages in building roofs using ikonos images”, *Remote Sensing Applications for a Sustainable Future, ISPRS Archives*, XXXVI, Part 8.
- Cherry K., Cherry C. (1988), *Asbestos: Engineering, Management and Control*, CRC Press, Boca Raton, 127-150.
- Lathi B. (1992), *Linear Systems and Signals*, Oxford University Press US, New York, 430-467.
- Marzano F., Visconti G. (2002), *Remote Sensing of Atmosphere and Ocean from Space*, Springer Verlag, Berlino, 19-57.
- Mollo, F., Pira, E., Piolatto, G., Bellis, D., Burlo, P., Andreozzi, A., Bontempi, S. & Negri, E., (1995), “Lung adenocarcinoma and indicators of asbestos exposure”, *International Journal of Cancer*, 60: 289-293.
- Rinaudo, C., Gastaldi, D. & Belluso E., (2003), “Characterization of chrysotile, antigorite and lizardite by FT-Raman Spectroscopy”, *The Canadian Mineralogist*, 41:883-890.
- Sangwine S., (1998), *The Colour Image Processing Handbook*. Springer, Berlino, 67-105.
- Serra J. (1998), *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Vol. 2, Theoretical Advances, Academic Press, New York.
- Skidmore A., Prins H., (2002), *Environmental Modelling With Gis and Remote Sensing*, Taylor & Francis, Londra, 156-167.
- Small C., (2001), “Multiresolution Analysis of Urban Reflectance”, *IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, 15-19.
- Soille P., Pesaresi M. (2002), “Advances in Mathematical Morphology Applied to Geoscience and Remote Sensing”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40: 9.
- Tso B., Mather P., (2001), *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, Taylor & Francis, Londra, 309-326.
- Weill H., (1981), *Occupational Lung Diseases: Research Approaches and Methods*. Marcel Dekker, New York, 220-228.