

Applicazione dei dati MIVIS per la caratterizzazione di coperture in Cemento-Amianto in aree industriali e in centri abitati.

Sara FUSCO(*) Marcello VITIELLO (**) Eduardo PATRONI(***)

(*) coll. A.R.P.A. Molise;

(**) REGIONE MOLISE – Servizio Statistico e Cartografico Territoriale

(***) A.R.P.A. Molise

Riassunto

L'amianto, (*asbestos*), è un minerale naturale a struttura fibrosa appartenente alla classe chimica dei silicati ed alle serie mineralogiche del serpentino e degli anfiboli. E' presente naturalmente in miniere a cielo aperto, in molte parti del globo terrestre e si ottiene facilmente dalla roccia madre dopo macinazione ed arricchimento.

In passato è stato largamente usato per le sue proprietà, poiché è facilmente filabile e può essere tessuto; ha elevata resistenza all'azione di agenti chimici e biologici ed all'usura; ha elevata resistenza alla trazione e buona flessibilità; si lega con materiali da costruzione (cemento, calce, gesso) e con alcuni polimeri (PVC, gomma); ha proprietà fonoassorbenti; ha proprietà termoisolanti ed infine ha un prezzo accessibile.

I materiali in cemento amianto sono costituiti da una matrice di cemento contenente dal 6 al 12% di fibre di amianto, essi se danneggiati rilasciano in atmosfera di fibre di amianto, dannose per la salute umana. La Legge n. 257 del 1992, che ha messo al bando tutti i prodotti contenenti amianto, vietandone la produzione, prevedendo inoltre che le regioni mappassero i siti contenenti amianto. Il Decreto 18 marzo 2003 n.101 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio detta 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.

Ai fini dell'identificazione delle coperture in cemento-amianto presenti in ambito urbano ed industriale la Regione Molise in collaborazione con A.R.P.A. Molise, ha consolidato e sviluppato una procedura di identificazione delle coperture di cemento-amianto attraverso l'utilizzo del sensore aviotrasportato MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*), con l'integrazione e supporto delle informazioni specifiche della CTR numerica.

In questo lavoro si discutono i risultati ottenuti in termini di accuratezza della classificazione fatta sulle immagini e, in particolare, si evidenzia le differenza di risultato positivo ottenuto in aree industriali rispetto alle aree urbane indagate, e si valutano, infine, le possibilità offerte dall'integrazione in ambiente GIS sia al fine di migliorare la procedura di individuazione sia per pianificare le operazioni di bonifica.

Abstract

The asbestos, is a natural fibrous mineral. In the past, it was used for many farm-type-buldings, because it has several good proprieties (thermo-isolation, flexibility, bonding capacity with other materials ...), but if damaged it realizes in the atmosphere dangerous fibres for the human health.

For this reason, it is necessary, to map sites with asbestos. The Region of Molise and A.R.P.A. Molise adopted the MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) system, integrated with information coming from the numeric map (CTR), in order to detect sites with asbestos.

The classification supervised adopted was the SAM (*Spectral Angle Mapper*) procedure which used the training set obtained from direct observation.

This paper shows the different positive results obtained from urban and industrial areas, and finally it shows the integration with GIS for the drainage procedure improvement.

Elaborazione dati MIVIS

I dati utilizzati per la nostra ricerca sono stati prodotti dal sensore iperspettrale MIVIS (*Multispectral Infrared Visible Imaging System*) montato su piattaforma aerea. Il MIVIS registra la radiazione elettromagnetica riflessa ed emessa attraverso 4 spettrometri per un totale di 102 canali: Visibile (20 bande, 0.43-0.83 μm), Infrarosso Vicino (8 bande, 1.25-1.55 μm), Infrarosso Medio (64 bande, 2.0-2.5 μm) ed Infrarosso Termico (10 bande, 8.2-12.7 μm).

I dati sono stati acquisiti in una campagna area del giugno 1995. L'altezza del volo era di circa 3000m s.l.m., cui corrisponde una risoluzione al suolo dell'immagine di circa 6m.

I dati sono stati radiometricamente calibrati presso la stazione CNR progetto LARA di Pomezia (Roma), mediante il software MIDAS (*Multispectral interactive Data Analysis System*) in grado di effettuare le correzioni geometriche e radiometriche necessarie per la produzione di dati traducibili in misure quantitative di parametri ambientali e territoriali. Questo sistema è stato sviluppato su piattaforma UNIX *Silicon Graphics* (SGI) (Marino 2001).

Una delle difficoltà di utilizzazione dei dati MIVIS è relativa alla loro corretta georeferenziazione dal momento che la scansione avviene per linee di punti e non per *array* e ciò comporta la necessità di correggere ogni singola linea di scansione: per questo motivo le immagini sono state geocodificate aggiungendo (alle 102 bande originali) altre due bande virtuali contenenti rispettivamente le coordinate nord ed est di ciascun pixel. Evidentemente questa attività (di particolare complessità) si è giovata dell'esistenza di un DTM di ottima qualità, dei parametri di volo esistenti, di specifici algoritmi atti a simulare le modificazioni di assetto dell'aereo sul quale operava il MIVIS e di numerosi GPC rilevati sulle fasce più esterne delle immagini, raccolti, quest'ultimi, sulla CTR numerica in scala 1:5000. Una volta ottenute tali pseudobande le stesse, sono state utilizzate da un software appositamente sviluppato (*MIVIS_RSM*) atto a generare immagini ortorettificate con dimensione del pixel arbitraria. In questo modo si riesce a mantenere intatta l'informazione radiometrica di ogni pixel originale, dal momento che il ricampionamento viene effettuato semplicemente assegnando alla matrice di pixel dell'immagine corretta e georeferenzata il valore che si riscontra in corrispondenza delle tabelle di localizzazione. Evidentemente ciò vale anche per eventuali nuove bande che potrebbero essere state generate dall'elaborazione delle 102 bande originali. L'attività è stata svolta dalla Vitrociset SpA che per tali operazioni ha sviluppato algoritmi specifici.

Nel caso in questione sono state prodotte immagini georeferenziate, con una risoluzione al suolo di 4m.

Un problema riscontrato nel lavoro è stata la presenza del fenomeno della riflettanza bidirezionale (*BRDF Bidirectional Reflectance Distribution Function*) evidenziata dopo la correzione geometrica, per il confronto tra due strisciate adiacenti (Fusco 2003).

Questa incertezza della riflettanza bidirezionale non ha permesso in nessun modo la classificazione automatica contemporanea di strisciate adiacenti. Aree uguali vengono, infatti, incluse in classi differenti, non sono state fatte le correzioni atmosferiche del caso.

Si è ovviato al problema considerando le strisciate separatamente.

Classificazione supervised SAM (*Spectral Angle Map*)

Le immagini calibrate sono state, in seguito sottoposte, ad una trasformazione M.N.F. (*Maximum Noise Fraction*), che permette di ridurre il rumore presente nei dati iperspettrali e di condensare l'informazione contenuta nell'immagine in un numero ridotto di bande sintetiche (Busetto 2002). L'uso della trasformazione MNF permette di aumentare la separabilità spettrale dei diversi tipi di superficie e consente inoltre di eseguire le successive elaborazioni su un numero ridotto di bande,

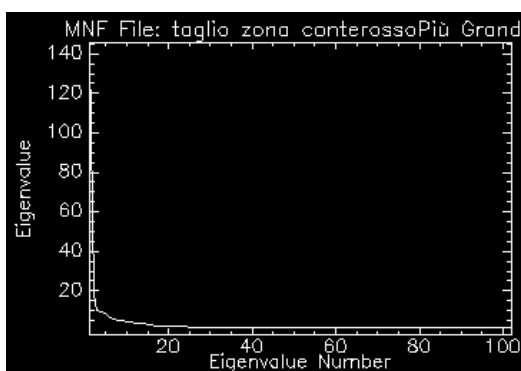


Fig 1. Grafico MNF indica che l'informazione maggiore è presente nelle prime 16 bande

Nella fase di addestramento di un processo di classificazione è indispensabile fornire all'algoritmo esempi del comportamento spettrale (le firme spettrali) delle classi di interesse.

Nel nostro caso, gli spettri input di ogni classe sono stati scelti in quelle aree campione dove la concentrazione delle diverse classi era più uniforme. La figura 2 indica un esempio di verità a terra individuate sull'immagine, in questa porzione di area sono stati individuati 15 pixel. Selezionati i *training set*, più idonei, si è proceduto alla classificazione.

La classificazione è stata realizzata utilizzando l'algoritmo di classificazione S.A.M. (*Spectral Angle Mapper*) che discrimina i pixel dell'immagine in base al grado di somiglianza tra il loro comportamento spettrale e quello degli spettri di riferimento, ricavati dal training set, la soglia minima fissata è stata fissata a 0,5 radianti.

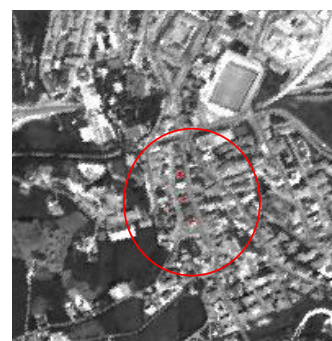


Fig 2 Esempio di training set (15 pixel).

Risultati dell'interpretazione delle immagini MIVIS

Il risultato della classificazione *supervised* è stato quello di ottenere una individuazione delle coperture come mostrato nella figura 3 e figura 4 che nel caso specifico evidenzia le coperture di

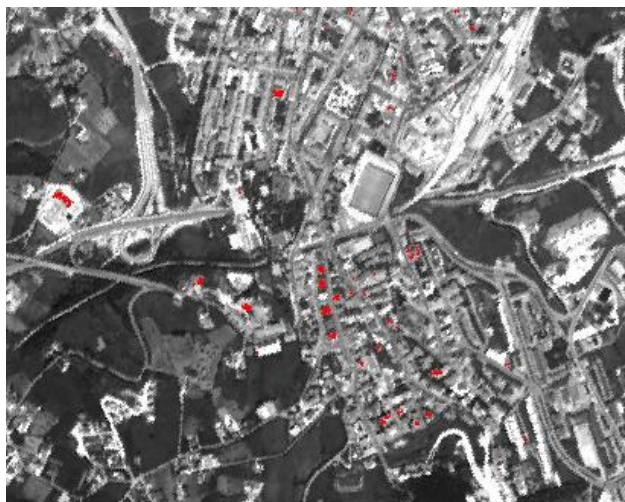


Fig 3. Coperture in C-A in area urbana



Fig 4 Coperture in C-A in area industriale

riducendo quindi considerevolmente i tempi di elaborazione, infatti nelle elaborazioni di classificazione si sono utilizzate in media le prime 16 bande della trasformazione MNF, in quanto l'informazione maggiore è contenuta in queste prime bande come mostra la figura 1.

L'identificazione delle coperture in cemento-amianto è stata, a questo punto, realizzata mediante una semplice procedura di visualizzazione dell'immagine, ma soprattutto mediante rilievi a terra su capillari indicazioni dei tecnici riferiti ai dipartimenti A.R.P.A.M, sono state quindi innanzitutto identificate, su ognuna delle immagini analizzate, alcune superfici campione in cemento amianto (*training sets*).

La figura 3 descrive la situazione in un'area urbana di Campobasso dove le coperture di amianto sono ridotte, mentre la figura 4 descrive la situazione nell'area industriale della città dove le coperture hanno estensione maggiore, e come mostra la figura sono più evidenti.

Per verificare la bontà della classificazione sono state fatte verifiche di campo prendendo per ogni strisciata, circa venti punti di controllo.

Per le valutazioni qualitative si è fatto il confronto con i rilievi effettuati dai tecnici A.R.P.A.M. e si è valutata la corrispondenza del risultato delle classificazioni con verifiche dirette.

Risultati dell'elaborazione GIS

La carta tematica della mappatura dell'amianto ottenuta dall'elaborazione dei dati MIVIS come mostra la figura 5 e dai rilievi effettuati dai tecnici A.R.P.A.M. ha utilizzato come supporto topografico la CTR della Regione Molise, dove sono stati disegnati i poligoni effettivamente corrispondenti a coperture di cemento amianto.



Figura 5 Sovrapposizione dei dati MIVIS con la CTR

Disegnando i poligoni, si ha a disposizione la localizzazione esatta della tetto in cemento-amianto, a cui sono collegate tutte le informazioni identificative della copertura, quali indirizzo, proprietario ecc..., infatti la mappatura così come concepita è direttamente correlata al *data-base* a Amianto 2005 prodotto dall'A.R.P.A. Molise.

La mappatura sulla CTR fornisce inoltre informazioni sull'estensione delle superfici di copertura di cemento-amianto esposte all'aria (parametro indicato con *i7*, necessario allo sviluppo dell'algoritmo per la determinazione delle priorità di intervento art.20 legge 23 Marzo 2001, n. 93-D.M.18 Marzo 2003, n. 101), inoltre, come già accennato, la localizzazione esatta sulla C.T.R. permette di ricavare le coordinate esatte in *Gauss-Boaga*, sistema di georeferenziazione, univoco usato dall'A.R.P.A.M.

Discussioni

La tabella che segue confronta, per aree campione, il numero di siti e l'estensione in metri quadri delle coperture di cemento-amianto individuate con indagini dirette e i siti ottenuti con tecniche di classificazione delle immagini MIVIS. Si è constatato, inoltre, che l'estensione minima rilevabile effettivamente con il supporto digitale MIVIS è pari a 600 m^2 , al di sotto di tale superficie estesa le immagini utilizzate, in questo lavoro, non apportano nessun valore aggiuntivo ai rilievi diretti.

	Rilievi diretti	Superficie totale (m^2)	Classificazione MIVIS	Superficie totale (m^2)
Superficie > 600 m^2	12	10866	7	7153
Superficie < 600 m^2	6	1407	0	–
TOTALE	18	12273	7	7153

È da sottolineare, che i siti di coperture di cemento-amianto che il sensore ha individuato risultano essere circa il doppio di quelli indicati in tabella, ma che dall'indagini odierne risultano inesistenti, ciò è dovuto, in molti casi alla rimozione dello stesse nel periodo intercorso tra la sorvolo e le indagini effettuate.

Inoltre non si è riuscito a classificare, per caratteristiche intrinseche alla metodologia, le superfici che pur essendo cemento-amianto sono state trattate superficialmente.

Conclusioni

Le tecniche di classificazione automatica di immagini iperspettrali si sono dimostrate abbastanza utili allo scopo di identificare e mappare le coperture in cemento-amianto, in ogni modo è da sottolineare il massiccio contributo apportato dalle indagini territoriali capillari, al fine di ottenere una mappatura rispondente alla realtà e fruibile per interventi mirati alla bonifica di questi siti.

In generale attività analoghe non si avvalgono dei vantaggi derivanti dalla disponibilità di cartografia tecnica in formato vettoriale: in realtà ciò è dipeso certamente anche dalla scarsa disponibilità di tali informazioni, presenti solo in qualche Regione ma considerando che nel corso degli anni a venire l'uso di CTR vettoriale, magari in ambiente GIS dovrebbe essere la regola, si ritiene che si farà sempre più uso di dati ancillari di tale natura.

Nel caso del Molise la realizzazione della CTR vettoriale in scala 1:5000 è stata praticamente coeva alla campagna di riprese effettuate con il MIVIS (CTR voli 1992, pubblicazione 1995, MIVIS voli 1995) e ciò ha consentito una migliore integrazione dei dati. L'uso dei dati grezzi della CTR ha consentito di individuare tutti i fabbricati -a partire dalle codifiche attribuite dal restituitista- e di costruirvi intorno un buffer per compensare l'inevitabile errore di geocodifica (che corrisponde ad una ortorettifica dell'immagine senza però effettuare necessariamente il ricampionamento e quindi mantenendo integro l'informazione spettrale) del dato MIVIS.

Un ulteriore elemento di identificazione delle aree artificiali costruite è costituito dalla Carta dell'uso del suolo in scala 1:10000 costruita utilizzando i poligoni della CTR per la definizione geometrica degli elementi e le riprese MIVIS per l'attribuzione dell'Uso secondo la legenda del progetto Corine Land Cover espansa al 4° livello.

Attraverso l'uso di tali strati informativi è stato possibili delimitare e limitare l'ambito in cui eseguire l'analisi spettrale dei dati MIVIS

Infine si può affermare che la metodologia utilizzata, con le immagini aventi le caratteristiche descritte, risulta essere molto più valida e precisa se applicata in aree industriali, rispetto ai centri abitati, dove di rado sono presenti coperture di vaste estensioni.

Le esperienze condotte con queste tipologie di dato possono, in ogni modo, essere propedeutiche per applicazioni di metodologie che utilizzeranno dati provenienti da sensori di nuova generazione.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Regione Molise per avere finanziato il progetto, per aver messo a disposizione i dati e per l'apporto scientifico fornito.

Bibliografia

- Bianchi R., Cavalli R.M., Fiumi L., Marino C.M., Pignatti S., Pizzaferrì G. (1996) "1944-1995 CNR LARA Project airborne hyper spectral campaigns", *Proceedings of Eleventh Thematic Conference and Workshop Applied Geologic Remote sensing*, Las Vegas Nevada USA 301-310
- Busetto L. Michieletti M. (2002) "Mappatura delle coperture in cemento-amianto tramite riprese iperspettrali MIVIS". *Atti della VI conferenza nazionale ASITA*
- Busetto L. (2001). – "Messa a punto di una metodologia di tipo Spectral Library Based per la mappatura di coperture in cemento-amianto, mediante l'applicazione di algoritmi per la correzione atmosferica ad immagini riprese con il sensore iperspettrale MIVIS" – *Tesi non pubblicata, Università degli Studi di Milano-Bicocca*
- Fiumi L., Leone A.P. (1999) "Il dato MIVIS per la mappatura delle superfici in cemento-amianto un caso studio: Bagnoli (NA)" *Atti della III conferenza Nazionale ASITA* 747-751
- Fiumi L., Camilucci L., Campopiano A., Casciardi S., Fioravanti F., Ramires D. (2001). "I dati iperspettrali MIVIS per la mappatura delle superfici in cemento-amianto e prime valutazioni sullo stato di degrado". *Atti della IV conferenza nazionale ASITA*
- Fusco S. Colombo R. Scippa G.S., Chiatante D (2003). Utilizzo dei dati MIVIS nella gestione forestale per la prevenzione di fenomeni di dissesto. *Atti della VII conferenza nazionale ASITA*
- Lechi G. (1999) *Dispense del corso di Telerilevamento* Facoltà di Ingegneria Politecnico di Milano, AA 1999-2000 pt IV 19-23
- Marino C.M. 2001 "L'evoluzione, gli obiettivi e i ruoli del Laboratorio Aereo per le Ricerche Ambientali (LARA) del CNR nell'ambito del telerilevamento iperspettrale" *AIT* n°20/21-7