

ELABORAZIONE DI DATI MIVIS PER IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI NAPOLI

Lorenza FIUMI(*), Rocco MARI(**), Amalia ZUCARO(*), Giuseppe PALMA(**)

(*) CNR- Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - LARA Laboratorio Aereo Ricerche Ambientali
Area della Ricerca di Torvergata, Via del Fosso del Cavaliere, 00133 Roma, mail: l.fiumi@lara.rm.cnr.it

(**) Provincia di Napoli – Direzione Sistema Informativo Territoriale, Via Don Bosco, 4/F , 80141 Napoli mail:
sit@provincia.napoli.it

Riassunto

In questo lavoro si illustrano le metodologie applicate alle immagini iperspettrali MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer), nell'ambito del progetto denominato “Patto Ambientale per la Legalità dei Comuni Nolani” della Provincia di Napoli. Il programma dei lavori comprendeva riprese iperspettrali relative a tutto il territorio della Provincia di Napoli, nonché l'elaborazione ed estrazione di tematismi quali discariche, coperture in cemento-amianto, ed inquinamento delle acque, per i soli Comuni del Nolano e per l'intera costa provinciale.

Abstract

In this work, we have introduced a methodologies of the MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer) within the framework of the project named “Environmental Pact for the Legality of the Municipalities of Nola”, Province of Naples. The work programme included hyperspectral scenes throughout the area of Naples Province as well as the processing and extrapolation of topics such as waste discharges, asbestos-cement coverings and water pollution only for the Municipalities of Nola and throughout the coastal province.

Premessa

La necessità di un aggiornamento delle conoscenze territoriali, l'interesse legato agli aspetti di degrado del suolo con rischi non solo per l'ambiente, ma anche per la salute pubblica, sono solo alcune delle motivazioni che hanno indotto la provincia di Napoli a realizzare in collaborazione con il CNR LARA un'importante attività di monitoraggio del territorio con i dati telerilevati MIVIS.

E' ormai un fatto consolidato che la sorveglianza di fenomeni di inquinamento possa ricevere un contributo importante dall'esame dei dati telerilevati. L'elaborazione dei dati pur non potendo sostituire le misure analitiche tradizionali, può comunque fornire un quadro conoscitivo globale costantemente aggiornato mediante indicazioni parziali o indirette sui fenomeni di inquinamento in atto.

Nell'ambito del “Patto Ambientale per la Legalità dei Comuni Nolani”, la Provincia di Napoli, direzione -SIT, ha acquisito le riprese iperspettrali MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) sull'intero territorio provinciale.

Il lavoro qui presentato ed illustrato è parte di una vasta attività di monitoraggio iniziata nell'estate del 2005, data di inizio delle riprese MIVIS e terminata a fine agosto dell'anno 2006 con l'ultimazione delle elaborazioni e con le verifiche in campo eseguite congiuntamente dai ricercatori del LARA (Laboratorio Aereo Ricerche Ambientali) con i tecnici della Provincia.

La realizzazione del progetto rappresenta un raro esempio di una fattiva collaborazione tra i ricercatori CNR LARA e i tecnici della Provincia di Napoli volta ad approfondire e sviluppare la conoscenza scientifica per un reale controllo del territorio.

Fasi delle attività

1. Esecuzione delle riprese iperspettrali con apparato MIVIS relative a tutto il territorio della Provincia di Napoli corrispondenti ad una superficie di 1.170Km², da una quota di circa 1500 metri. Ne è risultata una risoluzione spaziale di 3 m x 3 m.L'area sorvolata viene meglio identificata nella figura 1;
2. Elaborazione ed estrazione di tematismi quali discariche, coperture in cemento-amianto, per una superficie di 215 Km² corrispondenti ai Comuni del Patto per la legalità dei Comuni Nolani ed inquinamento delle acque costiere per l'intera costa provinciale.

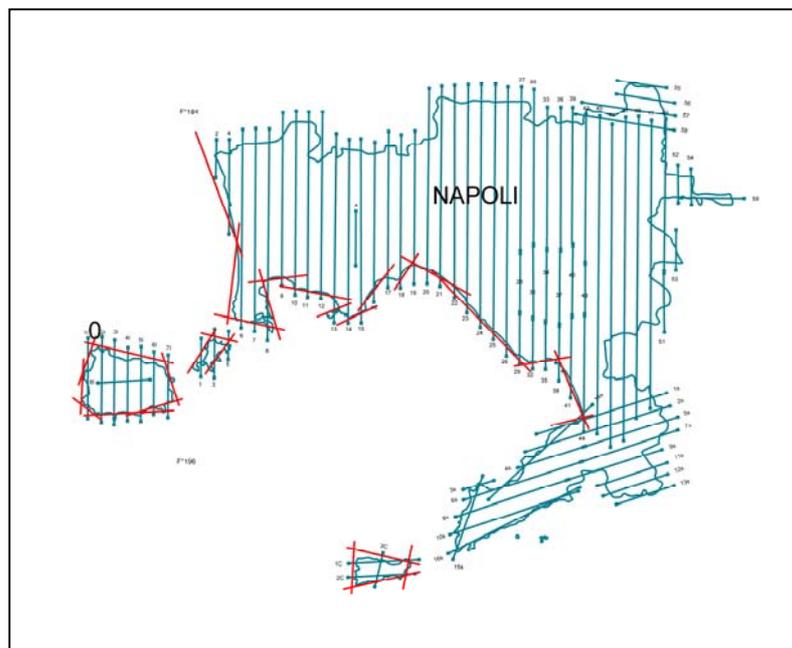


Figura 1 - Piano di volo MIVIS relativo a tutto il territorio della Provincia di Napoli

Le metodologie

Per gestire in maniera ottimale la notevole mole di dati raccolti sono state messe a punto metodologie di lavoro riproducibili e applicabili sistematicamente per tutti i dati MIVIS. Al fine di estrarre i tematismi richiesti contestualmente al volo MIVIS sono state svolte dai ricercatori CNR campagne di misura in alcune aree prescelte, con osservazioni dirette e con strumentazioni di tipo portatile. Tali misure sono state rilevate con un Termopoint portatile della AGEMA con un spectral range di 8-14 micron, e con una termocamera digitale, modello Ti30 della RAYTEK, con una risoluzione di 160 x 120 pixel, range spettrale di 7-4 micron e una risoluzione termica uguale a 0.1°C.

Le misure hanno consentito di raccogliere informazioni puntuali su elementi e materiali presenti nelle aree di studio, indispensabili per l'ottimizzazione delle analisi che sono state svolte.

Le immagini MIVIS sono state georeferenziate secondo il sistema di riferimento Gauss-Boaga (Roma 40).

Di seguito vengono riportati i risultati conseguiti dalla individuazione di discariche, coperture in cemento-amianto ed inquinamento delle acque.

Individuazione di anomalie termiche al suolo

L'elaborazione dei dati MIVIS relativi al canale 93 corrispondente all'infrarosso termico (8.2-8.6 micron) ha consentito la realizzazione di mappe di temperatura al suolo. Sono state individuate 15 "aree anomale" considerate come un *cluster* di pixels con particolari caratteri di eterogeneità spaziale e spettrale in contrasto con il background della scena che appare più omogeneo. Nell'individuazione di discariche attraverso telerilevamento, la temperatura viene utilizzata come indicatore di una modifica in atto nell'ambiente in esame.

Scheda	Comune	Scheda	Comune
A 01	Acerra	A 09	Nola
A 02	Cicciano	A 10	Roccarainola
A 03	Cicciano	A 11	Roccarainola
A 04	Marigliano	A 12	Roccarainola
A 05	Marigliano	A 13	Visciano
A 06	Marigliano	A 14	Tufino
A 07	Marigliano	A 15	Tufino
A 08	Nola		

Tabella - Elenco delle "aree anomale" caratterizzate dall'elaborazione del dato MIVIS nel Nolano

A tal proposito è stata redatta per ciascuna "area anomala" una scheda, nella quale oltre all'immagine elaborata con i relativi valori registrati, viene riportata la CTR (Carta Tecnica Regionale) con le coordinate di riferimento nel sistema Gauss-Boaga per svolgere accurate indagini in campo. Alcune di queste 15 aree sono risultate discariche controllate come le aree nei comuni di Tufino, e Giugliano in Campania, altre adibite a sistematico e prolungato scarico di rifiuti, altre ancora definite "aree anomale" con alterazioni termiche significative rispetto ai valori medi registrati nell'area d'indagine. Per quest'ultime le indagini in campo permetteranno di stabilirne la natura. Benché siano grandi le potenzialità applicative del dato MIVIS, comunque l'elaborazione e l'interpretazione dei dati elaborati deve essere sempre associata a dati di riscontro diretto con osservazioni e misure in *situ*. Infatti, piccole alterazioni superficiali del terreno ad esempio, irrigazioni, riporti e movimento terre, uso di fertilizzanti, ecc., possono dare la medesima risposta spettrale di fenomeni importanti che avvengono in profondità; pertanto, possono costituire una limitazioni alla corretta interpretazione dell'anomalia legata al tema in esame (Gomarasca, 1997).

Le mappe georiferite prodotte nell'ambito del presente progetto rappresentano l'irraggiamento della superficie e visualizzano la temperatura relativa al suolo costituendo quella che si definisce termografia. Come è noto, la digestione della parte organica dei rifiuti, depositata in discarica e messa in condizioni di anaerobicità, per seppellimento con strati di terra, trasforma la frazione volatile in biogas: il processo è accompagnato dalla produzione di calore superiore al campo termico naturale dei terreni indisturbati. Con le analisi termografiche sono state rilevate tracce termiche nell'intorno dei punti di emersione. Le anomalie termiche positive (calde, elevate) che si osservano possono essere: puntuali (in corrispondenza di un cammino preferenziale di emersione); concentrate (grappolo di condotti di uscita di grande sezione); ed, infine, diffuse (ramificazioni del biogas in una miriade di piccoli condotti).

I valori riportati sono relativi, in quanto contengono errori dovuti essenzialmente all'assorbimento atmosferico, alla variabilità del coefficiente di emissività delle superfici rilevate.

Inquinamento delle acque

L'elaborazione dei dati MIVIS ha permesso di individuare una serie di anomalie termiche delle acque, sia positive (acque calde) che negative (acque fredde), evidenziando alterazioni significative rispetto ai valori medi nell'area d'indagine.

Attraverso la rilevazione di gradienti termici sono stati caratterizzati immissioni/pennacchi su tratti di costa antistante concentrazioni industriali/urbane, di cui 14 di acque fredde e 10 di acque calde. Inoltre, l'osservazione multitemporale di uno stesso fenomeno in tempi diversi, ha mostrato l'evoluzione dinamica di un fenomeno osservato nel tempo oltre che la sua distribuzione aerea.

E' ben noto come la temperatura sia un indicatore di una modifica avvenuta o in atto generalmente riconducibile ad interventi antropici quali ad esempio scarichi industriali che coinvolgono l'equilibrio termico dei corpi idrici, sia in forma diretta che indiretta (Zilioli, 2000).

A titolo esemplificativo si riportano due immagini, figure 2 e 3, che visualizzano valori di temperatura superficiali delle acque.

La tecnica utilizzata ha consentito il raggruppamento dei livelli di temperatura presenti nella scena di studio assegnando a ciascun intervallo di valori un colore.

I valori riportati, sotto forma di temperature sono dette "relative" in quanto contengono errori dovuti essenzialmente all'assorbimento atmosferico differenziale della radianza rilevata e alla variabilità del coefficiente di emissività delle superfici rilevate (Goetz, et al., 1985).

Benché siano grandi le potenzialità applicative del dato MIVIS, comunque l'elaborazione e l'interpretazione dei dati elaborati deve essere sempre associata a dati di riscontro diretto con osservazioni e misure *in situ*.

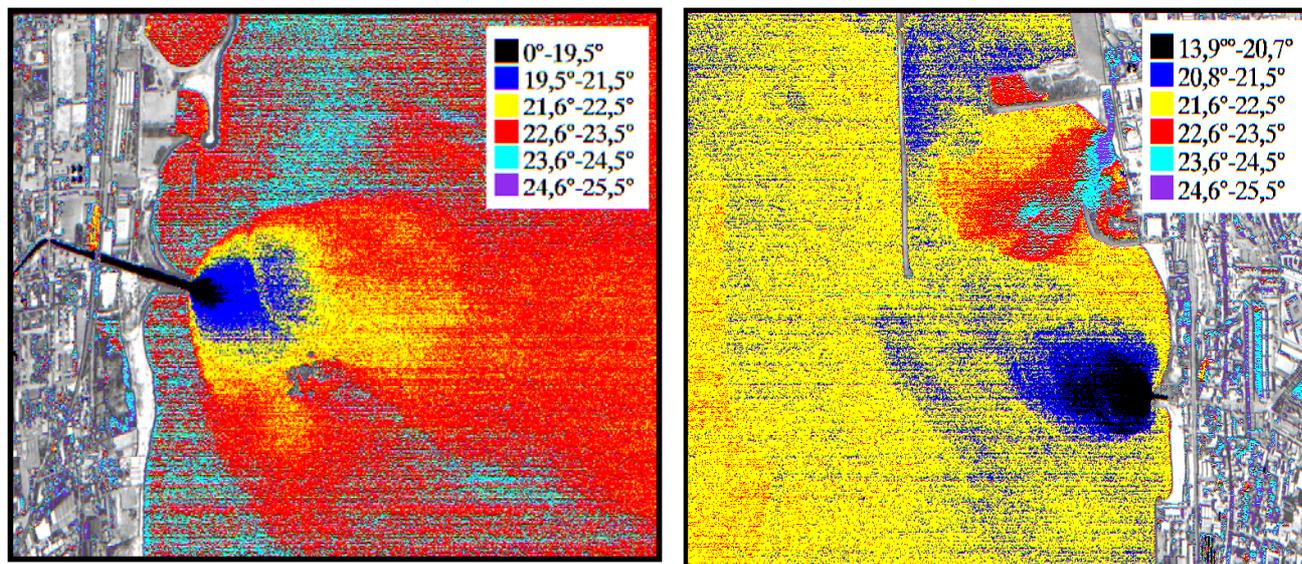


Figure 2 e 3 - Attraverso la rilevazione di gradienti termici, sono stati caratterizzati pennacchi che caratterizzano la distribuzione delle temperature delle acque nei tratti di costa antistante l'abitato della città di Napoli.

Coperture in cemento-amianto

Le superfici in cemento-amianto sono caratterizzate da una complessità spaziale e spettrale che rende problematico il loro riconoscimento. La complessità spaziale è legata alla variabilità delle dimensioni e forme delle coperture. La complessità spettrale è duplice: da una parte è dovuta all'eterogeneità della composizione delle coperture stesse (a seconda dei composti: amosite, crocidolite e crisotilo), dall'altra alla similarità spettrale con altre classi (ad esempio il fibrocemento ecologico particolarmente simile nella forma nel colore e nella composizione).

I dati, radiometricamente corretti, sono stati classificati utilizzando il metodo della *Spectral Angle Mapper* (SAM). La SAM permette una rapida mappatura delle similarità di spettri di immagine con spettri di riferimento. Gli spettri di riferimento possono essere determinati in laboratorio o in campo ovvero estratti dall'immagine.

L'algoritmo determina la similarità spettrale tra i due spettri attraverso il calcolo dell' "angolo" che essi formano, trattando dunque gli stessi come vettori in uno spazio con dimensionalità uguale al numero delle bande. La similarità di uno spettro non conosciuto t con uno spettro di riferimento r , è determinata attraverso la seguente equazione:

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{t} \cdot \vec{r}}{\|\vec{t}\| \|\vec{r}\|} \right)$$

dove α è l'angolo tra i vettori e nb il numero di bande nell'immagine.

Per ciascun spettro di riferimento scelto nell'analisi delle immagini iperspettrali, l'angolo α è determinato per ciascun elemento dell'immagine (pixel). Questo valore, in radianti, è assegnato allo spettro corrispondente nell'immagine SAM di *output*, una per ciascun spettro di riferimento.

Le mappe dell'angolo spettrale derivate formano un nuovo cubo di dati con il numero di bande uguale a quello degli spettri di riferimento utilizzati per la mappatura (Kruse 1993).

L'algoritmo SAM implementato in ENVI richiede come input un numero di aree di prova (training areas) o spettri di riferimento, derivanti da specifiche "Regioni di Interesse" (*Region Of Interest, ROI*) o banche dati spettrali (Rast, et al., 1991).

Nel nostro caso, gli spettri input sono stati ricavati da ROI accuratamente individuati nella scena, messi a confronto con altri spettri ricavati da precedenti studi. La metodologia seguita si è avvalsa di un'analisi visiva di sintesi additive in RGB (*Red, Green, Blue*) integrata con una serie di accurate osservazioni sui luoghi (Fiumi, et al., 1997).

In particolare, sono state individuate ROI, corrispondenti ad altrettanti materiali presenti nelle aree di studio, di seguito citati: Laterizi, Graniglie, Cemento-amianto, Cemento ecologico o fibrocemento, Superfici metalliche (lamiera), Superfici bituminose, Superfici pozzolaniche, Altre superfici, Strade, Superfici alberate, Superfici cespugliate, Superfici a colture erbacee (frumento) e a prato e Acqua.

Per verificare l'esatto riconoscimento delle coperture in cemento-amianto nonché le effettive potenzialità applicative di tale metodologia, è stata eseguita una campagna a terra nei Comuni del Nolano. Da una lettura delle immagini elaborate risulta che le superfici di copertura in cemento-amianto di grandi dimensioni (superiori ad 1 pixel, 3m x 3m) riconosciute dall'elaborazione del dato MIVIS sono circa 45.

Le 12 verifiche effettuate in campo su fabbricati riconosciuti dall'elaborazione del dato con la copertura in cemento-amianto hanno accertato che:

- su 3 fabbricati la copertura era stata rimossa recentemente, dopo il sorvolo MIVIS. Infatti, dalla data delle riprese MIVIS, ai primi sopralluoghi è intercorso circa 1 anno;
- su 2 fabbricati si è verificata l'impossibilità di verificare l'informazione ottenuta dall'elaborazione del dato MIVIS a causa della non accessibilità al sito;
- su 7 fabbricati l'indagine in campo ha confermato l'esatta corrispondenza tra il dato elaborato e la realtà.

In generale l'indagine in campo ha permesso di verificare che si tratta di fabbricati di tipo monopiano, con destinazione di tipo produttivo, deposito magazzino, in nessun caso destinato a civile abitazione.

L'accuratezza di classificazione nel riconoscimento di queste coperture ad oggi è pari al 91%.

Conclusioni

Gli obiettivi raggiunti in questa importante attività di monitoraggio, non solo hanno dimostrato le ottime potenzialità dei dati iperspettrali del sistema MIVIS, ma hanno anche evidenziato la reale possibilità di trasformare l'insieme di operazioni complesse di natura matematica ed informatica in procedure di più semplice utilizzo. Con esse le PPAA dovrebbero essere in grado, seguendo uno schema più o meno standardizzato, di estrarre con facilità, da immagini acquisite con il sensore MIVIS, le informazioni relative al territorio di propria competenza.

E' ormai un fatto accettato a livello scientifico che la sorveglianza di fenomeni di inquinamento possa ricevere un contributo importante dal telerilevamento, i cui dati, se messi a disposizione delle Amministrazioni Pubbliche, possono loro consentire di svolgere i compiti istituzionali di controllo in maniera efficace e di superare le molte difficoltà connesse a tale attività. Inoltre, il telerilevamento può indubbiamente fornire maggiori e più dettagliate informazioni sull'ambiente e, quindi, permettere agli Enti preposti di prendere le opportune misure per la protezione di tale patrimonio.

Si può concludere che risultati ottenuti rappresentano indubbiamente una valida base per elaborare una precisa strategia di monitoraggio fortemente voluta dall'Amministrazione della Provincia di Napoli.

Riferimenti bibliografici

Ben-Dor E., Kruse F.A., Lefkoff A.B. and Banin A. (1994) "Comparison of three calibration techniques for utilization of GER 63-channel aircraft scanner data" Makhtesh Raamon Negev, Israel. PE&RS, Vol 60, No.11, pp.1339-1354.

Fiumi L., Leone A.P., Marino C.M. (1997) "Uso dei dati MIVIS per la mappatura delle superfici in aree urbane, con particolare attenzione al cemento-amianto". Rivista Italiana di Telerilevamento, n. 13. Maggio. Pp. 25-30.

Galati G. e Giardini A. (2002) "Tecniche e strumenti per il telerilevamento ambientale", Redazione a cura del Servizio Pubblicazioni e Informazioni Scientifiche CNR - Roma

Goetz, A.F.H., Vane, G. (1985) "Imaging spectrometry for earth remote sensing", Science, Vol. 228, n. 4704. pp. 1147-1153.

Gommarasca M. (1997) "Introduzione a telerilevamento e GIS per la gestione delle risorse agricole ambientali", Ed. Arte Stampa Daverio, Varese, pp. 3-79.

Kruse F.A.,Lefkoff, A.B.,Boardman, J.B.,Heidebrecht,K., Shapiro, AT.Barloon, P.J.,and Goetz A.F.H (1993) "The Spectral Image Processing System (SIPS) Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer data:, Remote Sensing of Environmental", v.44 p.145-163.

Rast M., Hook S.J., Elvidge C.D. and Alley R.E. (1991) "An evaluation of techniques for the extraction of mineral absorption features from high spectral resolution Remote Sensing data". PE&RS, Vol.5 No.10 pp.1303-1309.

Zilioli E. (2000) "Appunti e Spunti di Telerilevamento", Ed. Artestampa Daverio, Varese.