

Utilizzo di immagini iperspettrali per il monitoraggio di sversamento di idrocarburi nel fiume Po

Carla Pietrapertosa (*), Andrea Spisni (**), Valeria Pancioli (***), Paolo Sterzai (****), Alessandro Pavan (****), Paolo Paganini (****), Antonio Monni (***), Franco Coren (****)

(*) CNR-IMAA, Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, C.da S. Loja 85050 Tito-Scalo (PZ)
tel.: +39 0971 427111, fax: +39 0971 427271 e-mail: pietrapertosa@imaa.cnr.it

(**) Servizio Idrom-Meteo-Clima, ARPA Emilia-Romagna, Bologna, tel.: +39 0516497561
fax: +39 051 6497501, e-mail: aspisni@arpa.emr.it

(***) Regione Emilia Romagna- Agenzia Regionale di Protezione Civile, Bologna, tel.: +39 051 5274300,
fax + 39 051 558545, e-mail: vpancioli@regione.emilia-romagna.it, amonni@regione.emilia-romagna.it

(****) Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, B. go Grotta Gigante 42/C,
34010 Sgonico (TS), tel: +39 040 21401, fax: +39 040 327307
e-mail: psterzai@ogs.trieste.it, apavan@ogs.trieste.it, ppaganini@ogs.trieste.it, fcoren@ogs.trieste.it

Riassunto

Il versamento di idrocarburi nelle acque di un fiume provoca un'emergenza ambientale e degli alti costi di gestione per limitare i quali bisogna intervenire con tempestività. La conoscenza dell'estensione del fenomeno e la sua quantificazione sono informazioni essenziali per riuscire a contenere i danni e valutare gli impatti. L'utilizzo del telerilevamento permette di monitorare vaste aree in tempi brevi, di localizzare il fenomeno e quantificarlo; il contesto fluviale, rispetto a quello marittimo, ha una dinamica che rende più difficile l'analisi a causa della minore estensione, dell'assenza di moto ondoso e dello scorrere dell'acqua. Il caso di studio che presentiamo riguarda il versamento di olio combustibile nel fiume Lambro, avvenuto il 23 Febbraio 2010, e il suo deflusso nel Po. L'Agenzia di Protezione Civile Regione Emilia-Romagna ha attivato tempestivamente un sorvolo della zona interessata mediante il sensore iperspettrale AISA *Eagle 1K* il cui campo spettrale varia tra il visibile e il vicino infrarosso (400 nm e 1000 nm) e la cui risoluzione spaziale è stata di un 1 m, con l'obiettivo di ottenere una stima qualitativa e quantitativa del materiale sversato. Le immagini acquisite sono state classificate utilizzando la tecnica della *Spectral Angle Mapper*. Viene qui presentata l'attività svolta sia durante la fase di emergenza che di quella in post emergenza. I risultati ottenuti hanno evidenziato reali difficoltà nell'applicazione in tempo reale ma una buona efficacia nella produzione di una mappa dell'inquinamento del fiume a posteriori.

Abstract

The oil spill in the rivers causes environmental emergency and great costs of management. To try to mitigate environmental and economical impacts, timely actions are required. The knowledge of phenomenon extent and quantification is fundamental to limit damages and to assess impacts. Remote sensing techniques permit to observe large areas in short times, to locate and to quantify the phenomenon; the fluvial environment has a different dynamic compared with marine environment, this makes it difficult to analyse because of smaller extension, the wave motion absence and the continuous water flow. In this paper the case study of the oil spill into the Lambro river and, from there, in the Po river, occurred on the 23 February 2010 is presented. Emilia Romagna Regional Civil Protection Agency timely activated an aerial survey over damaged area by means of a hyperspectral sensor Aisa Eagle 1K, with observing capability in the spectral range

from visibile to near-infrared (400 nm -1000 nm), with 1m spatial resolution, with the aim of obtaining qualitative and quantitative assessment of spilled substances. The acquired images have been classified using the Spectral Angle Mapper technique. In the present work the activity performed both during the emergency and post-crisis phases is presented. The obtained results have showed difficulties in the real time application but a good efficacy in river pollution map production during post-crisis phase.

Introduzione

Lo sversamento di oli combustibili sul fiume Lambro provenienti dall' ex raffineria Lombarda Petroli a Villasanta (Monza), avvenuto tra il 22 e 23 febbraio e poi confluito nel fiume Po il 24 febbraio 2010, ha interessato i territori delle province di Piacenza, Parma, Reggio Emilia, Modena e Ferrara in Emilia Romagna (fig.1).



Figura 1 – Idrocarburi lungo il fiume Po.

Durante tale evento l' Agenzia di Protezione Civile ha attuato un piano di monitoraggio iperspettrale da aereo al fine di supportare tutte le azioni del Sistema svolte per affrontare l'emergenza (Dondi et al. 2010). La Protezione Civile dell'Emilia-Romagna ha commissionato all'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) due voli aerei (27-02-2010 e 02-03-2010) con sensore iperspettrale AISA, *Airborne Imaging Spectrometer for Application, Eagle 1K* e con una fotocamera digitale professionale nel visibile, Canon 1Ds MarkIII, direttamente interfacciata con il sistema GPS/INS integrato con IMU Novatel iMAR-FSAS.

I quantitativi sversati sono ancora oggetto di indagine.

Le immagini acquisite il 27-02-2010, coprono il corso del Po dalla confluenza del Lambro (PC) a Corbola (RO), mentre quelle del 02-03-2010 partono da Corbola (RO) e arrivano alla foce del Po (RO).

Data l'urgenza che ha caratterizzato il rilievo non è stato possibile pianificare il volo in condizioni meteo ottimali. In particolare l'acquisizione relativa al giorno 02-03-2010 è stata caratterizzata dalla presenza di nubi che ha reso il rilievo scarsamente utilizzabile.

Dati e metodologia utilizzati

Esistono numerose tecniche di telerilevamento che forniscono utili informazioni per l'individuazione e il monitoraggio dello sversamento di idrocarburi, essi comprendono sensori operanti nell'infrarosso, nel visibile, nell'ultravioletto, sensori radar, radiometri a microonde, laser

fluorosensors, *laser-acoustic thickness sensors*, (Jha et al., 2008), tra queste le tecniche passive iperspettrali riescono a fornire chiare firme spettrali per materiali differenti grazie al connubio tra alta risoluzione spaziale e spettrale (Salem et al, 2005).

Nel nostro caso abbiamo utilizzato un sensore iperspettrale montato su un aeromobile. Il sistema utilizzato per l'acquisizione dei dati è AISA EAgle 1K, fabbricato dalla Specim (Hyvärinen, 2003), costituito da un sensore iperspettrale a scansione pushbroom, un sistema di navigazione GPS/IMU e un'unità di acquisizione dati. Il sensore acquisisce nell'intervallo spettrale 400-1000 nm, corrispondenti all'intervallo visibile-infrarosso vicino, ed è possibile configurare l'acquisizione fino a un massimo di 252 bande, con larghezza di banda variabile.

L'acquisizione, oggetto del presente caso di studio, è stata eseguita il 27-02-2010 ad un'altezza media di 1500 m dal terreno ed una risoluzione al suolo del pixel geocodificato di 1 m. Per ogni strisciata sono state acquisite 24 bande nell'intervallo spettrale 400 nm 1000 nm con una larghezza spettrale media di 24 nm.

Il dato iperspettrale è stato corretto in radianza e georiferito sull'ellissoide WGS84 secondo la proiezione UTM fuso 32, utilizzando il software HSP (*Hyper-Spectral Processor*), sviluppato all'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS. Il software utilizzato per l'analisi del dato iperspettrale è il software per il trattamento immagini ENVI (*ENvironment for Visualizing Images*) della casa produttrice ITT (*International Telephone & Telegraph*).

Il dato geocodificato è stato classificato utilizzando la tecnica *Spectral Angle Mapper* (SAM) (Kruse et al, 1993) implementata nel pacchetto software ENVI; è un metodo di classificazione supervisionata, che confronta lo spettro di ciascun pixel dell'immagine con uno spettro di riferimento, definito per ciascuna classe. Questo metodo considera lo spettro di riferimento e lo spettro di ogni pixel da classificare come vettori, definiti in uno spazio n-dimensionale dove n è uguale al numero di bande, e calcola l'angolo compreso tra i due, il pixel viene assegnato alla classe con cui forma l'angolo minore. E' possibile definire un angolo di soglia al di sopra del quale i pixel che formano con lo spettro di riferimento un angolo maggiore non vengono classificati in quella classe. Il metodo è dipendente dalla direzione dei vettori che formano l'angolo ma indipendente dalla loro lunghezza, questa caratteristica lo rende indipendente dalle condizioni di illuminazione dell'immagine, ossia pixel illuminati in modo differente possono appartenere alla stessa classe.

Risultati

L'analisi delle immagini telerilevate, ha permesso di individuare e definire le regioni di interesse (*Region Of Interest*, ROI) utili alla definizione delle firme spettrali secondo le quali classificare le immagini.

Sono state individuate tramite indagine visiva, eseguite su due strisciate in cui i fenomeni erano macroscopici, 8 situazioni di stato superficiale del fiume sulla base delle quali sono state classificate le immagini. Le strisciate di riferimento sono state acquisite una alle 12:22 e l'altra alle 12:34 in prossimità di Ponte San Nazario (PC).

Le classi individuate sono :

1. acqua blu
2. acqua torbida
3. film nocciola chiaro
4. film nocciola chiaro iridescente
5. concentrato chiaro
6. aggregato marrone
7. aggregato nero
8. deposito eterogeneo (idrocarburi e ramaglie)

Per rendere meglio interpretabile la classificazione così ottenuta, è stato successivamente applicato un albero decisionale che ha raggruppato le classi nella seguente struttura:

- 1) acqua (acqua del fiume senza contaminazione): acqua blu o acqua torbida

- 2) film: film nocciola chiaro iridescente o nocciola chiaro
- 3) concentrato: concentrato chiaro
- 4) aggregato: aggregato marrone o aggregato nero
- 5) deposito: deposito eterogeneo

Ad ogni immagine è stata applicata una maschera per eliminare tutti i pixel di terra (sponde di fiume e isole) e le strutture ricadenti sul corso del fiume.

E' stata effettuata una classificazione di tipo conservativo, sia nella fase di classificazione che in quella di post elaborazione, per evitare una sovrastima dei pixel nelle varie classi e quindi dei falsi positivi. Sono state classificate tutte le immagini e, da una loro prima interpretazione il metodo risulta efficiente nel riconoscere varie tipologie di acqua: acqua pulita ed acqua inquinata.

L'immagine che segue è relativa alla confluenza del Lambro nel Po figura 2(a), mentre la figura 2(b) rappresenta la sua classificazione e mostra la presenza degli idrocarburi che nel Lambro risultano più concentrati per poi disperdersi nel Po.

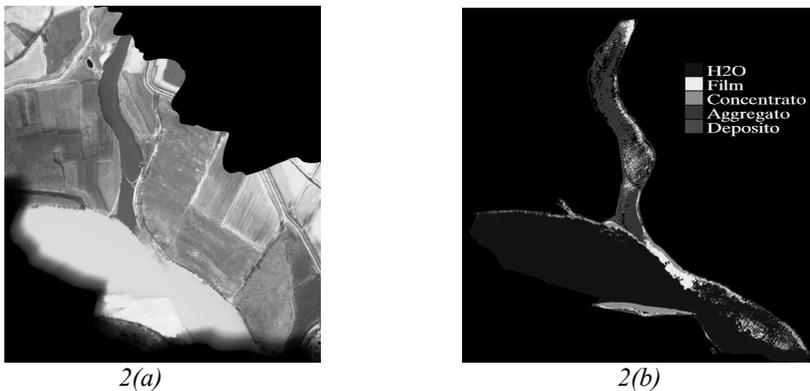


Figura 2 – (a) Immagine relativa alla confluenza del Lambro nel Po, (b) figura 2(a) classificata.

La figura 3 è relativa alla zona di Ponte San Nazzaro, dove sono state collocate le panne oleoassorbenti e le barriere rigide; la figura 3(b) è la sua classificazione: si nota una forte presenza di film e concentrato prima di arrivare alla zona dove sono presenti le barriere (particolare figura 4(b)) all'altezza del ponte dove si nota un accumulo di idrocarburi e ramaglie (figura 5).

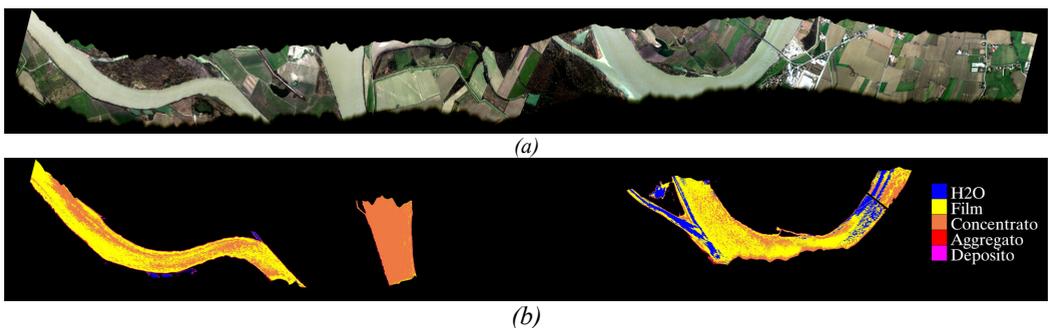


Figura 3 – (a) Immagine relativa alla zona di Ponte S.Nazzaro, (b) figura 3(a) classificata.

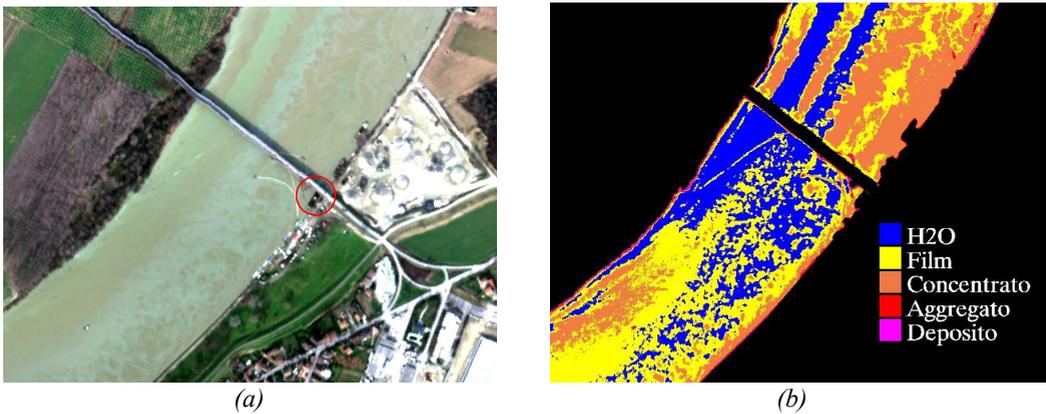


Figura 4 – (a) Particolare zona di Ponte S.Nazzaro, l'area cerchiata si riferisce ad un deposito di idrocarburi e ramaglie), (b) figura 4(a) classificata.



Figura 5 – Esempio di deposito eterogeneo presso il ponte S. Nazario.

Il lavoro fin qui svolto ha permesso la costruzione di una mappa di copertura dell' inquinante.

Conclusioni

Questa esperienza ha permesso di identificare, nell'ambito di acquisizioni iperspettrali, alcune importanti problematiche da valutare attentamente in situazioni di emergenza:

- dettagliata pianificazione del piano di volo in relazione agli obiettivi da investigare;
- acquisizioni in contemporanea delle verità a terra georiferite, la cui informazione minima deve riguardare la presenza/assenza dell'inquinante a livello superficiale;
- fasi di pre e post processing che necessitano di tempi significativi in caso di ampie aree come nel suddetto caso (circa 300 km² per un totale di 250 Gb).

L'organizzazione e la sinergia di queste attività possono fornire dati utili di supporto agli interventi diretti a terra (monitoraggio dei sistemi di contenimento, posizionamento nuove barriere, etc..) già durante la prima fase dell'emergenza.

In generale sono emerse difficoltà di analisi legate alla natura fluviale, dovute in particolare alla presenza di acque torbide, alle correnti centrali, alla mancanza di moto ondoso e alla conformazione morfologica del fiume.

La metodologia concordata tra i diversi enti coinvolti, Agenzia Regionale di Protezione Civile (Regione Emilia Romagna), Servizio Idro-Meteo-Clima (ARPA Emilia-Romagna), e Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, ha permesso a posteriori di ricostruire la copertura di inquinante presente lungo il fiume durante la data del primo volo e appare efficiente nel distinguere le diverse tipologie di acqua (acqua pulita ed acqua inquinata).

Per concludere si ritiene importante definire un iter procedurale in grado di gestire le fasi di pianificazione di tutte le attività necessarie al successo delle acquisizioni telerilevate.

Bibliografia

Dondi C., Lo Jacono F., Sambenedetto G., Tinti S. (2010), “Si risolve in Emilia l'emergenza Lambro-Po”, *Salvo L'Adriatico, Ecoscienza*, 1: 45-47.

Jha M.N., Levy J.K., Gao Y., (2008), “Advances in remote sensing for oil spill disaster management: state-of-the-art sensors technology for oil spill surveillance”, *Sensors*, 8: 236-255

Salem F., Kafatos M., El-Ghazawi T., Gomez R., Yang R.(2005), “Hyperspectral image assessment of oil-contaminated wetland”, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, N. 4: 811-821.

Hyvärinen T., Okkonen J., Koskela M., Herrala E., Dall'Ava A. (2003), AISA airborne hyperspectral sensors. *Proceedings of Airborne Remote Sensing for Geophysical and Environmental Applications*, Rome, 14-16th April 2003.

Kruse F. A., Lefkoff A. B., Boardman J. B., Heidebrecht K. B., Shapiro A. T., 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 the Environment*, v. 44, p. 145 - 163.