

Caratterizzazione spettrale di superficie asfaltate e realizzazione di una libreria di firme spettrali

Rosamaria Salvatori, Alessandro Mei, Roberto Salzano

CNR Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
Via Salaria km 29,300, 00016 Monterotondo Stazione (RM),
tel. 06 90672451, fax 06 90672660, e-mail, salvatori@iia.cnr.it

Riassunto

Per le loro caratteristiche spettrali le superfici asfaltate sono un elemento territoriale ben individuabile su immagini riprese a diverse risoluzioni spaziali e spettrali e spesso rappresentano un elemento indispensabile per la loro interpretazione ed analisi multi temporali. Questo lavoro propone un metodologia per l'analisi della risposta radiometrica e delle caratteristiche geometriche. Sono state effettuate misure spettro radiometriche di campo nell'intervallo spettrale 350-250nm, tramite uno spettro radiometro portatile (Fieldspec 3 – ADS); i rilievi radiometrici sono stati corredati dalla raccolta di informazioni ancillari (coordinate geografiche, dati meteo al momento delle misure) e dei dati descrittivi degli asfalti (granulometria, morfologia, percentuale tra inerti e matrice, colore e rugosità dell'asfalto). I dati descrittivi sono stati acquisiti in base ad una serie di codifiche utilizzate nel settore geotecnico, opportunamente modificate per il presente lavoro. I dati raccolti sono stati infine inseriti in una libreria spettrale finalizzata allo studio della relazione tra risposta radiometrica e caratteristiche superficiali degli asfalti.

Abstract

Because of their spectral characteristic, the asphalt surfaces are a well-detectable territorial element in remote sensed images with different spectral and spatial resolutions. Moreover, asphalt surfaces could be used for images interpretation and multi-temporal analysis.

This paper suggests a new methodology to relate the spectral behavior of the asphalt surfaces to their geometrical and physical characteristics, based on spectral-radiometrical measurements and field surveys. The spectral characteristics of different asphalt, in the range 350-2500nm, are measured with a portable spectroradiometer (Fieldspec 3 – ADS). Geographical coordinates, meteorological data, size and type of inert component, amount of bitumen, colour and roughness of the asphalt surface are associated to each spectral signature in a spectral library. Asphalt characterization data are collected following codes created for this research and based on standard codes used in geotechnical studies.

Introduzione

Gli asfalti utilizzati per le pavimentazioni stradali sono costituiti da una miscela di bitume e materiale inerte. Il termine bitume indica in questo contesto una miscela di idrocarburi naturali o residuati, derivanti dal petrolio che fa da legante per il materiale roccioso che costituisce lo scheletro (European Asphalt Pavement Association EAPA; <http://www.eapa.org/>). I clasti rocciosi che compongono lo scheletro hanno litologia e dimensioni diverse in funzione delle disponibilità locali di inerti e della destinazione di uso (Bassi 1993).

La riflettanza spettrale delle superfici asfaltate nell'intervallo di lunghezze d'onda compreso tra 350-2500nm è complessivamente molto bassa e dominata dalla presenza del bitume, che assorbe quasi totalmente la radiazione solare incidente; le caratteristiche spettrali della frazione litica e le

dimensioni dei clasti incido solo in piccola parte sull'andamento spettrale. Infatti, solo in seguito al processo di "invecchiamento" della superficie asfaltata, processo che in termini semplicistici può essere definito come dovuto alla perdita della componente bitumosa e all'affioramento degli inerti, si registra un lieve incremento della riflettanza e la comparsa di picchi di assorbimento legati alle caratteristiche mineralogiche dei frammenti rocciosi affioranti (Herold e Roberts 2005, Herold et al. 2008). Una simile variazione di riflettanza è stata riscontrata anche analizzando le immagini iperspettrali AISA, nell'intervallo spettrale compreso tra 490nm- 800nm (Preparo e Rigetti 2005), e le bande termiche delle immagini MIVIS (Pascucci 2008). Gli asfalti "vecchi" risultano complessivamente più chiari non solo a seguito dei processi di alterazione del bitume in essi contenuto, ma anche per l'asportazione, a seguito di usura, del livello di bitume superficiale, che porta allo scoperto i clasti di materiale roccioso più chiaro (Levinson et al 2007).

Per le loro caratteristiche radiometriche e geometriche, le superfici asfaltate che costituiscono il reticolo stradale e le aree destinate a parcheggio sono però sempre ben riconoscibili sulle immagini riprese dai sensori ottici passivi anche se la loro definizione è ovviamente funzione della risoluzione spaziale delle immagini. Tali superfici spesso rappresentano l'unico elemento di confronto presente su immagini riprese in tempi diversi e con sensori a differente risoluzione spettrale. Volendo utilizzare tali superfici per la calibrazione e/o la correzione delle immagini e come elemento di confronto nelle indagini multitemporali, è sorta la necessità di mettere a punto una metodologia di indagine basata sulla raccolta in campo di firme spettrali di superfici asfaltate da correlare con dati descrittivi delle loro caratteristiche fisiche.

Nel presente lavoro vengono presentati i risultati preliminari di una serie di rilievi spettroradiometrici di campo effettuati su superfici asfaltate con diverse caratteristiche fisiche e geometriche.

I dati di campo

I dati utilizzati in questo lavoro sono stati raccolti parallelamente ad una serie di rilievi di campo dedicati alla raccolta delle informazioni necessarie al corretto utilizzo di dati iperspettrali ripresi in diverse aree geografiche. Nel corso di tale attività è sorta la necessità di acquisire firme spettrali di superfici la cui risposta spettrale rimanesse invariata per la durata della sperimentazione e i relativi sorvoli per l'acquisizione delle immagini telerilevate. Le superfici asfaltate, nonostante le considerazioni radiometriche precedentemente descritte sono risultate le uniche adatte allo scopo prefissato. Sono state pertanto realizzate misure spettro-radiometriche su asfalti di diversa tipologia; campionando sistematicamente aree con una estensione totale di circa 1000m² al fine di ottenere firme spettrali statisticamente significative di aree riconoscibili anche su immagini con la risoluzione spaziale delle immagini Landsat TM o ASTER.

Le firme spettrali sono state rilevate con uno spettroradiometro portatile (Fieldspec 3 - ASD) che opera nell'intervallo spettrale 350-2500nm utilizzando una superficie di Spectralon come superficie di riferimento lambertiana.

Le misure sono state effettuate in situazione di cielo sereno in un arco di tempo compreso tra le 9:00 e le 14:00, con il sensore posto a 50cm sulla verticale del target in modo da riprendere un'area di circa 35 cm².

Per meglio caratterizzare da un punto di vista spettrale le superfici sono state rilevate 10 firme spettrali per ogni tipologia di target indagato.

Il rilievo dei dati di campo è stato corredato dalla raccolta di informazioni ancillari, quali l'ubicazione geografica e le caratteristiche ambientali al momento delle misure. Sono stati inoltre raccolti i dati descrittivi delle caratteristiche fisiche e geometriche degli asfalti quali granulometria, morfologia dei grani, percentuale tra inerti e matrice, colore e rugosità dell'asfalto. Per definire in modo univoco tali caratteristiche ci si è avvalsi del supporto di una serie di tabelle descrittive di riferimento, appositamente preparate, derivate da quelle utilizzate in ambito geotecnico. Per quanto riguarda la codifica del colore delle superfici asfaltate, sono state scelte le tonalità di grigio corri-

spondenti all'asse centrale della scala di Munsell. Per ogni target misurato è stata inoltre acquisita una foto digitale comprendente il bianco di riferimento (pannello di Spectralon) da utilizzare come elemento di confronto tra target di diversa tipologia.

È stata presa nota della presenza e la tipologia di segnaletica stradale (linee di mezzzeria, frecce, "strisce blu" nei parcheggi) poiché i bassi valori di riflettanza delle superfici asfaltate possono essere modificati anche dalla presenza di piccole percentuali di superfici coperte da segnaletica a seguito dell'evidente variazione cromatica delle vernici utilizzate.

La granulometria degli inerti è stata descritta in base alla scala granulometrica di Udden-Wentworth del 1922, prendendo in considerazione unicamente i termini compresi tra le classi Ciottoli grossolani (128-64 mm) e Sabbia fine (0.25-0.125mm); per la morfologia dei grani è stata adottata la classificazione di Powers del 1953, comunemente utilizzata in ambito sedimentologico. Per quanto riguarda la litologia ai fini di questo lavoro sono state prese in considerazione solo 4 tipologie di inerti: carbonatici, silicatici, misti e riciclati. La quantità di legante presente nell'asfalto è stata valutata stimandone la percentuale in base ad un sistema costituito da 6 classi con limite inferiore corrispondente ad un contenuto in legante minore del 10 % e limite superiore maggiore del 50 %, realizzato a partire dai diagrammi di Shvetsov (1954).

Per valutare le caratteristiche geometriche della superficie analizzata, in modo speditivo funzionale alla misura radiometrica, sui target sono stati eseguiti ,tramite l'utilizzo di un profilometro a pettine, 2 profili perpendicolari tra loro. Le indicazioni ottenute verranno utilizzate per elaborare una scala descrittiva della rugosità delle superfici e verificare l'influenza di tale parametro sulla risposta radiometrica della superficie stessa.

Campagna misure: Asita09	Località: Montelibretti (RM), area cnr	
Coordinate G.P.S.: N 42°06.296' – E 12°38.189'		Codice misura: ASI0909MTasf1
Data acquisizione: 29 /09 /2009	Ora acquisizione: 12.30	Quota: 223 metri s.l.m.
Dati descrittivi Asfalti		
Colore	Granulometria inerti	Morfologia inerti
N°3 (scala di grigi di Munsell)	ciottolo medio fine	Sub-angolare
Percentuale matrice / inerte	Tipo di inerti	Presenza "sporco"
70-80%	Silicei (materiale lavico)	No
Presenza di segnaletica	Colore della segnaletica	Tipologia di "sporco"
No	-	-

Tabella 1. Stralcio della scheda per la raccolta dati.

Per la descrizione del livello di alterazione complessivo del sito di misura, è stato preso in considerazione il catalogo dei dissesti delle pavimentazioni stradali elaborato dalla Washington Asphalt Pavement Association's Guide che permette di classificare le condizioni del manto stradale tramite parametri che tengono conto della presenza di irregolarità quali buche o fessurazioni nonché della presenza o meno di rifluimenti o sgranamenti della intera pavimentazione. Per ogni sito preso in esame sono state prese in esame la tipologia di alterazione e il suo livello di "severità" considerando 3 tipologie di alterazione: condizioni, regolarità, fessurazione della superficie.

Analisi dati

Le firme spettrali rilevate in campo sugli asfalti di diversa tipologia presentano andamenti estremamente simili tra loro; nelle figure 1-3 sono riportate per confronto le firme spettrali di superfici asfaltate misurate in località in provincia di Siracusa, Rieti e Roma. I valori di riflettanza di tutte le superfici analizzate sono estremamente bassi e aumentano in modo pressoché lineare all'aumentare della lunghezza d'onda senza particolari picchi di assorbimento, ad eccezione delle strutture comprese tra 2000-2450, da correlare con i picchi di assorbimento degli idrocarburi di cui sono costituiti i bitumi (Herold e Roberts 2005, Herold et al.2008). In tutte le tipologie di superfici analizzate, la presenza di clasti di natura diversa non sembra generare differenze significative nella firma spettrale in cui prevale essenzialmente la risposta spettrale del materiale che costituisce la matrice (bitume).

Analizzando nel dettaglio le firme spettrali è comunque possibile osservare come gli asfalti definiti in campo come di colore grigio chiaro (da 5 a 7 scala Munsell) abbiamo comunque valori di riflettanza non superiori 0.4 (figura 1) mentre gli asfalti identificati come neri, invece, presentano valori di riflettanza prossimi allo zero alle lunghezze d'onda del visibile e non superiori allo 0.2 nell'infrarosso (figura 2).

Le superfici classificate come "asfalti neri" corrispondono a superfici coperte da asfalto messo in posto alcune settimane prima del periodo in cui sono stati effettuati i rilievi radiometrici come evidenziato, oltre che dalle informazioni raccolte in loco, anche dalla diversa pendenza delle curve spettrali nell'intervallo di lunghezze compreso tra 350nm e 920nm. In questo intervallo infatti i valori di riflettanza sono indicativi del maggiore contenuto in bitume. L'abrasione del bitume e la deposizione nel tempo degli ossidi di ferro prodotti dal traffico veicolare, modificano la pendenza della curva spostandola verso valori maggiori di riflettanza (figura 3). Al fine di valutare l'evoluzione di questo processo di trasformazione sono state ripetute su uno stesso sito le misure spettrali nell'arco di 2 mesi, a partire dal momento di messa in posto dell'asfalto seguendo la metodologia proposta. Nella figura 3 è possibile osservare che i valori di riflettanza compresi tra 350 e 1330 nm aumentano nel tempo, e che l'andamento della curva spettrale si stabilizza dopo circa 2 mesi con valori di riflettanza intorno allo 0.1. Alle lunghezze d'onda maggiori non si riscontrano invece variazioni rilevanti a dimostrazione dell'alto contenuto in idrocarburi del materiale bituminoso. Nella figura 3 sono riportate per confronto anche le firme spettrali di una superficie di asfalto chiaro utilizzata come controllo.

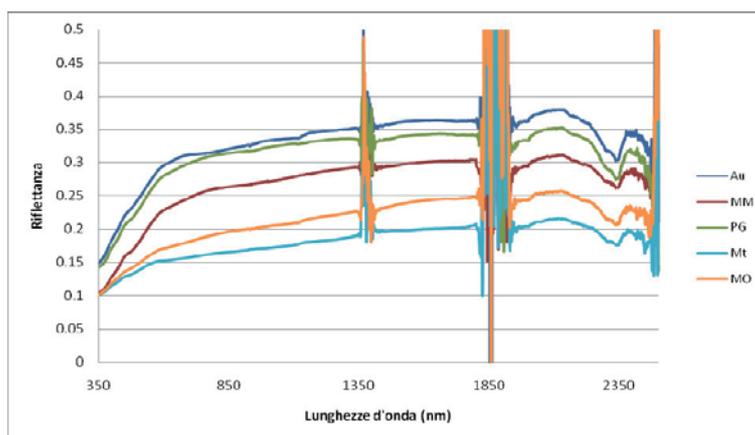


Figura 1: Firme spettrali con valori di grigi tra il 5 e il 7 della scala cromatica di Munsell.
 Au: Augusta; MM: Marina di Melilli; PG: Priolo Gargallo; Mt: Monterotondo; MO: Montelibretti

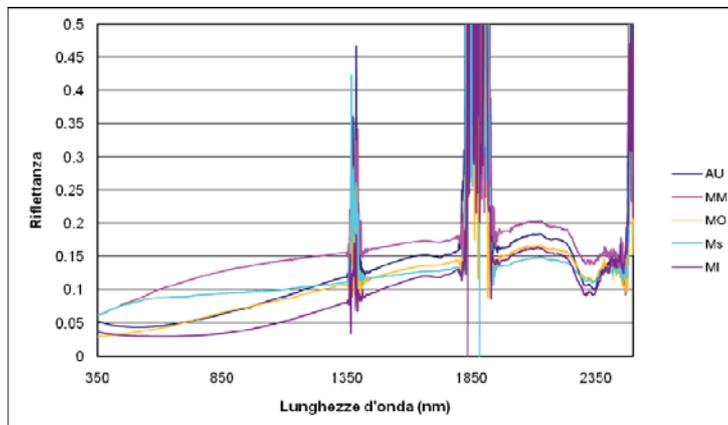


Figura 2: Firme spettrali di asfalti, da appena posati con valori di grigio tra il 1 e il 4 della scala Munsell
 Au: Augusta; MM: Marina di Melilli, MO: Montelibretti Ms: Monopoli-settembre, MI :Montopoli -luglio

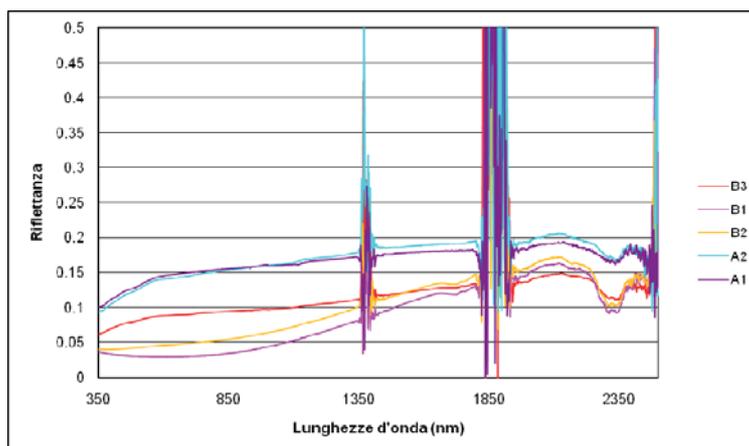


Figura.3: Firme spettrali di asfalti acquisite in due siti (A e B) presso l'abitato di Montopoli in Sabina.
 Sito A : asfalto "vecchio" di riferimento. A1: Asfalto vecchio (luglio), A2: Asfalto vecchio(settembre)..
 Sito B: asfalti "nuovi". B1:Asfalto nuovo al momento della posa (luglio),
 B2: Asfalto nuovo dopo un'ora dalla posa(luglio), B3: Asfalto nuovo a distanza di un mese(settembre).

Conclusioni

Il reticolo stradale e le aree asfaltate adibite a parcheggi presso centri commerciali o impianti industriali sono elementi territoriali ben riconoscibili sulle immagini multispettrali riprese da sensori ottici passivi. Questa tipologia di superficie presenta valori di riflettanza spettrale estremamente bassi a tutte le lunghezze d'onda, caratteristica che rende queste superfici riconoscibili anche su immagini con bassa risoluzione spaziale ed utilizzabili come dark object per la correzione e la calibrazione delle immagini stesse. In molti contesti ambientali, queste aree possono rappresentare un utile elemento di confronto tra immagini riprese in periodi diversi e vengono utilizzate anche come invariant target, ossia come un materiale la cui risposta radiometrica rimane costante nel tempo (Song et al. 2001). Le misure radiometriche riportate in letteratura (Herold e Roberts 2005, Herold et al.2008, Levinson et al. 2007, Noronha et al. 2002) evidenziano però una variazione della risposta

spettrale degli asfalti al variare della età dell'asfalto, pur senza fornire indicazione dettagliate sulla tempistica legata al processo di invecchiamento.

I dati presentati in questo lavoro suggeriscono che le variazioni nella risposta spettrale degli asfalti siano da correlare prevalentemente alla modifiche in cui incorre la componente bitumosa degli asfalti stessi e solo in minima parte alle caratteristiche degli inerti. Il bitume, subito dopo la messa in posto subisce variazioni chimico fisiche che portano però la superficie asfaltata ad assumere un andamento radiometrico stabile nell'arco di qualche mese. I processi di abrasione del bitume e l'apporto di materiali di natura diversa correlati con traffico veicolare (polveri, ossidi, oli...) si propongono nel tempo ma non modificano l'andamento della risposta spettrale in modo sostanziale.

La scala temporale, l'entità di tali variazioni e le loro correlazioni con la risposta radiometrica necessitano però di ulteriori dati ed analisi. A tal fine è in fase di realizzazione una libreria di firme spettrali e relativi dati descrittivi delle superfici asfaltate. La possibilità di conoscere l'intervallo temporale nel quale una superficie asfaltata può essere considerata un target radiometricamente invariante, potrà essere di notevole supporto nell'interpretazione delle immagini riprese in tempi diversi e sicuramente rappresenterà uno strumento importante in fase di esecuzione di campagne di calibrazione e validazione delle immagini.

Riferimenti bibliografici

- Bassi, P., (1993). "Chimica applicata ai materiali da costruzione". *SEI Eds.*
- Herold M., Roberts D., (2005), "Spectral characteristics of asphalt road aging and deterioration: implications for remote-sensing applications". *Applied Optics* 44, 20, 4327- 4334
- Herold M., Roberts D., Noronha V., Smadi O., (2008). "Imaging spectrometry and asphalt road surveys" *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies* 16, 153–166
- Levinson R., P. Berdahl, H.Akbaria, W. Millerb, I. Joedickec, J. Reillyd, Y. Suzukie, M. Vondranf (2007)." Methods of creating solar-reflective nonwhite surfaces and their application to residential roofing materials", *Solar Energy Materials & Solar Cells* 91 304–314
- Noronha, V., Herold. M., Gardner, M., Roberts, D.A., 2002. "Spectrometry and imaging spectrometry for road centerline extraction and evaluation of pavement condition". *Proceedings of the Pecora Conference*, Denver, CO, November 2002.
- Pascucci S., Bassani C., Palombo A., Poscolieri M., Cavalli R., (2008), "Road Asphalt Pavements Analyzed by Airborne Thermal Remote Sensing: Preliminary Results of the Venice Highway", *Sensors*: 8, 1278-1296
- Prearo G. e Righetti G. , (2005), "Procedura di integrazione di dati Laser scanning ed iperspettrali per l'estrazione automatica della geometria stradale". *Atti 9 conferenza ASITA*, Catania 15-18 Novembre 2005, vol2
- Song C., Woodcock C.E., Seto K. C., Lenney Mary Pax, and Macomber S. A., (2001), "Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?", *Remote Sens. Environ.* 75:230–244
- Asphalt Pavement Guide (2008). http://www.asphaltwa.com/wapa_web/index.htm