

Analisi di immagini Quickbird per l'identificazione e la classificazione delle superfici asfaltate

Alessandro Mei, Rosamaria Salvatori, Fabio Cipolletti, Alessia Allegrini

CNR-IIA, Via Salaria Km 29,300 C.P. 10 00015 Monterotondo, Roma
Tel. 0690672636, mei@iia.cnr.it, salvatori@iia.cnr.it, cipolletti@iia.cnr.it, alessia.allegrini@iia.cnr.it

Riassunto

L'utilizzo di immagini remote per la classificazione delle superfici asfaltate è contraddistinto da un sempre più crescente interesse. Questo è dovuto principalmente alla necessità di ottenere, in tempi brevi, il maggior numero di informazioni circa la vetustà del manto stradale al fine consentire un rapido aggiornamento del Catasto Stradale e, di conseguenza, una gestione ottimale di del reticolo stradale. Al fine di verificare l'applicabilità della metodologia già impiegata su immagini iperspettrali MIVIS per l'estrazione e classificazione delle superfici asfaltate, sono state selezionate immagini multispettrali QuickBird del 2007 (Fiumicino), del 2005 (Sabaudia – Gaeta) e del 2003 (Castel Porziano e Follonica). In mancanza di una diretta corrispondenza tra le bande MIVIS e quelle QuickBird, l'analisi scatterogrammetrica è stata condotta sulle bande 1 (0.45 - 0.52 μ m) e 4 (0.76 - 0.89 μ m) al fine di identificare l'addensamento di pixel relativo agli asfalti e di calcolare il coefficiente angolare della sua retta interpolante da utilizzare come valore di *threshold* nella *Spectral Angle Mapper*.

Abstract

In the last years the use of remote sensed images for paved surfaces classification is marked by a growing interest. This is mainly due to the need to get more information about roads age and distress to allow rapid updating of Road Databases and, consequently, to reach optimal management of road network. In order to verify the applicability of the methodology already used with MIVIS hyperspectral images for the extraction and classification of paved surfaces, QuickBird multispectral images of 2007 (Fiumicino), 2005 (Sabaudia - Gaeta) and 2003 (Castel Porziano and Follonica) were selected.

In the absence of a direct correlation between the MIVIS bands and QuickBird, scatter plot analysis was conducted on band 1 (0.45 - 0.52 μ m) and 4 (0.76 - 0.89 μ m) to identify asphalt pixels and calculate the slope of his interpolated line to use as threshold value in the Spectral Angle Mapper.

Introduzione

Poter stimare lo stato di vetustà e l'età degli assi viari tramite immagini satellitari rappresenta ancora oggi un traguardo da raggiungere.

Attualmente queste determinazioni sono basate su osservazioni di campo, eseguite da esperti del settore, attraverso le quali è possibile definire una priorità di intervento. La problematica è stata già affrontata da diversi autori che hanno utilizzato immagini iperspettrali AVIRIS-HyperSpectir (Noronha et al. 2002, Herold et al. 2008) o dati LIDAR-AISA (Prearo et al. 2005). Recentemente la possibilità di valutare la vetustà delle superfici asfaltate con dati iperspettrali MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) è stata presa in considerazione da Pascucci et al. (2008) che hanno effettuato elaborazioni object-oriented e da Mei et al. (2011) che integrano dati radiometrici di campo (liberie spettrali) e classificazioni *supervised SAM*.

La maggior parte delle indagini svolte fin'ora (Herold et. al 2008, Sengoz 2007, Ben-Dor 2001, Heiden 2007 ecc.) si basa sulla considerazione che sulle superfici asfaltate il deterioramento è

strettamente legato alla diminuzione della componente bituminosa presente sui clasti. Questa diminuzione, che fa assumere al conglomerato bituminoso (asfalto) un comportamento meno viscoelastico e termoplastico (Claine Petersen J. 1984, Mack C. et al 1964, Lethersich W 1942), ha come conseguenza una variazione colorimetrica dell'asfalto.

Sulla base di questa considerazione l'elaborazione delle bande 2 e 16 ($\lambda=0.46\mu\text{m}$ e $\lambda=0.74\mu\text{m}$) del sensore MIVIS, integrata ai dati derivanti da campagne spettroradiometriche, ha consentito di individuare che sullo scatterogramma di queste due bande, le diverse classi di asfalti che si dispongono lungo una retta ("retta degli asfalti"). L'elaborazione dei coefficienti angolari di tali rette, uniti all'estrazione degli *endmembers* da scatterogramma, ha consentito di ottenere dei buoni risultati in fase di classificazione con l'algoritmo *Spectral Angle Mapper* (Mei et al 2011).

Al fine di verificare l'applicabilità di tale metodologia su immagini da satellite, sono state utilizzate 4 diverse immagini multispettrali QuickBird. In mancanza di una diretta corrispondenza tra le bande individuate con il sensore MIVIS e quelle QuickBird, l'analisi scatterogrammetrica è stata condotta sulle bande 1 (0.45 - 0.52 μm) e 4 (0.76 - 0.89 μm) in quanto sono le due che meglio approssimano l'intervallo spettrale delle bande MIVIS 2 e 16.

Tipologia del dato ed area di studio

Per lo svolgimento di questo lavoro sono state adoperate immagini multispettrali ad alta risoluzione Quickbird della Digital Globe. Queste immagini hanno una risoluzione spettrale definita da 4 bande (0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.63-0.69, 0.76-0.90 μm) cui è associata una banda pancromatica (0.45-0.90 μm) e risoluzione geometrica di 2.44 m in modalità MS e di 0.61 m in modalità pancromatica. In particolare sono state analizzate immagini del 2007 per la zona di Fiumicino, del 2005 per l'area di Sabaudia-Gaeta e del 2003 per la località situata in prossimità di Castel Porziano-Follonica; queste immagini sono state trasformate in valori di radianza al fine di poterle confrontare con i dati MIVIS e di campo.

Elaborazione delle immagini

Il primo passo in questo lavoro è stato quello di individuare, all'interno delle immagini Quickbird, le bande che meglio rappresentassero gli intervalli spettrali delle bande 2 e 16 del MIVIS. In mancanza di una diretta corrispondenza tra tali bande e quelle QuickBird, è stata condotta un'analisi scatterogrammetrica sulle bande 1 (0.45 - 0.52 μm), 3 (0.63 - 0.69 μm) e 4 (0.76 - 0.89 μm) al fine di identificare il binomio ottimale. Tale analisi ha evidenziato che l'addensamento di pixel riferibile alle superfici asfaltate è maggiormente evidente utilizzando le bande 1 e 4 sebbene i loro *range* spettrali (rispettivamente 0.07 e 0.14 μm) siano nettamente più ampi rispetto a quelli delle bande 2 e 16 (rispettivamente 0.023 e 0.02 μm).

Inoltre, come per i dati MIVIS, negli scatterogrammi ottenuti da immagini Quickbird, i pixel corrispondenti alle aree vegetate e ai suoli sono ben raggruppati in altri insiemi chiaramente distinti dal corrispettivo degli asfaltati. Pertanto, analogamente a quanto emerso dai dati MIVIS, la "macro classe asfalti" è stata facilmente evidenziata applicando allo scatterogramma un *density slice* (figura1_a). Analogamente a Herold et al. (2008) sono state scelte per lo più aree in cui, sugli assi stradali, fosse presente la minor percentuale possibile di ombre e copertura vegetale di modo sia da conservare l'informazione e non avere sovrapposizioni tra la classe asfalti nuovi (quindi scuri) e aree in ombra, come già evidenziato con l'utilizzo di dati MIVIS (Mei et al. 2011)

Sono stati quindi estratti dagli scatterogrammi i pixel ricadenti nella "macro classe asfalti" come file ASCII ed elaborati all'interno di MICROSOFT EXCEL (figura1_b), analogamente a quanto precedentemente fatto sia con i dati di campo che con i dati MIVIS; sono state quindi calcolate le rette interpolanti (del tipo $y = \alpha x + b$) e i loro coefficienti angolari (α). Questi valori, riportati in figura 1_c, variano da 0.628 a 0.786 con intercette sull'asse y prossime all'origine e sono pertanto paragonabili ai valori ottenuti con i dati MIVIS ($\alpha \approx 0.681/0.858$).

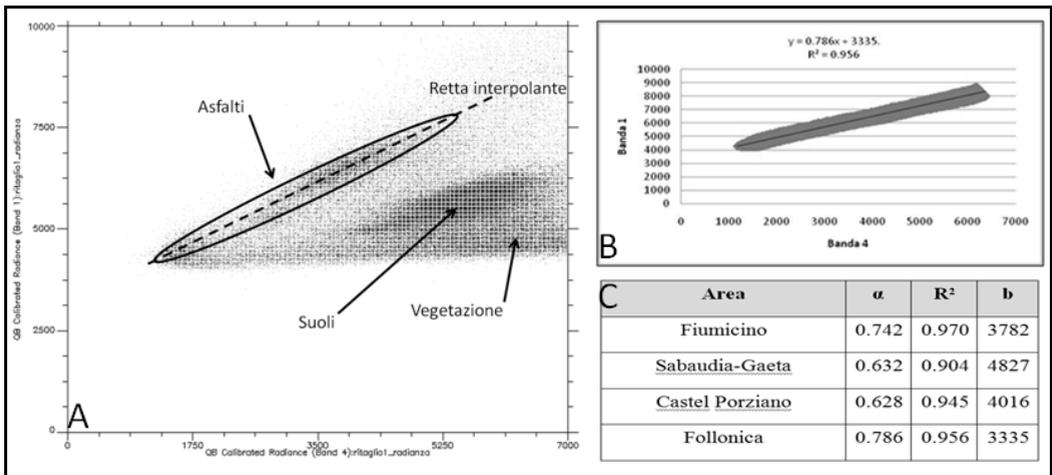


Figura 1 – Scatter plot ottenuto selezionando le bande 1 e 4 di una delle immagini Quickbird (Follonica). Individuazione dell’addensamento di pixel relativi ai suoli, alla vegetazione e agli asfalti con relativa retta interpolante (A). Elaborazione con Excell dei dati scatterogrammetrici (B) e tabella riassuntiva dei parametri delle rette interpolanti (C).

A partire da dati spettroradiometrici, acquisiti nell’intervallo spettrale 350-2500nm, dai dati descrittivi degli asfalti, quali percentuale di bitume sui clasti, colore e dissesto, contenuti all’interno della libreria spettrale appositamente realizzata (Salvatori et al. 2009), sono stati riconosciuti i cluster corrispondenti a 4 raggruppamenti cromatici che, espressi come classi di colore secondo la scala di grigi di Munsell (M), sono stati suddivisi in: $|1 < M < 2|$, $|3 < M < 4|$, $|5 < M < 6|$ e $|7 < M < 8|$ (Mei et al. 2011). A partire da queste classi, riconosciute anche sui dati MIVIS, sono state identificate e poi estratte dagli scatterogrammi ottenuti a partire dalle immagini Quickbird le *Region Of Interest* (ROI) da usare come *endmembers* nella classificazione con l’algoritmo *Spectral Angle Mapper* (SAM) (figura 2).

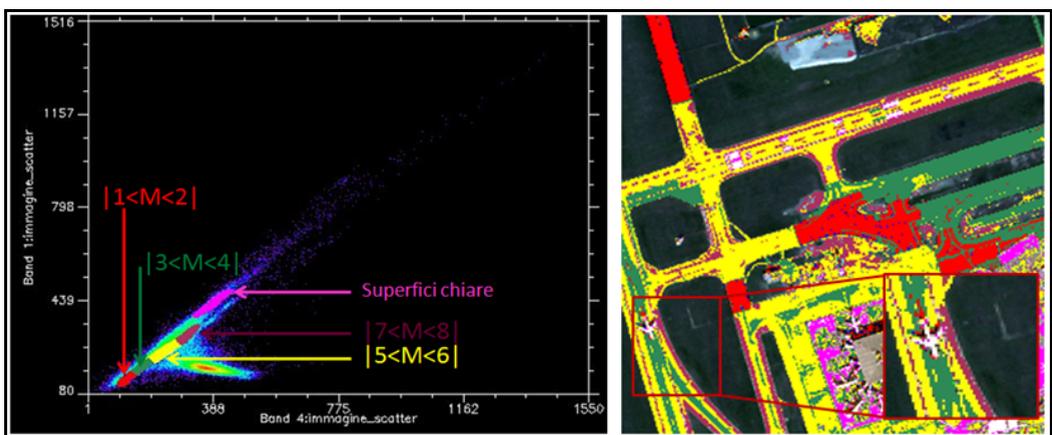


Figura 2 – Individuazione delle classi di colore sullo scatter plot di un’area dell’aeroporto di Fiumicino (dx) e loro visualizzazione sull’immagine (sx). Viene indicata inoltre un’ulteriore classe denominata “superfici chiare” in quanto si tratta di tetti chiari o di superfici (strade o altro) sui quali generalmente è stata applicata della segnaletica orizzontale.

Dopo opportuna trasformazione del dato tramite la routine MNF-Mimimum Noise Fraction, è stato applicato un classificatore SAM, utilizzando come valore di *threshold* l'angolo α precedentemente calcolato.

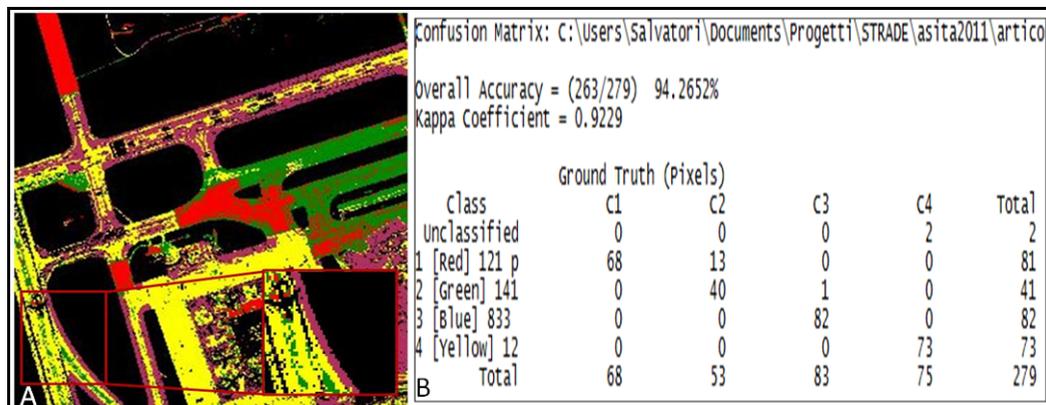


Figura 3 - Classificazione con il metodo descritto dell'area aeroportuale di Fiumicino (A) e sua matrice di confusione (B).

Su base foto interpretativa e conoscitiva delle aree di interesse, sono state infine create delle ROI di controllo che hanno consentito di valutare la bontà della classificazione ottenuta attraverso il calcolo dei valori di accuratezza e dei coefficienti K per ogni immagine classificata.

A titolo di esempio si riporta in figura 3 la classificazione ottenuta di parte della pista di decollo dell'aeroporto di Fiumicino Leonardo Da Vinci e la sua *Confusion matrix*. Come si può notare il risultato ottenuto è del tutto confrontabile con quello ottenuto usando direttamente lo *scatter plot* in figura 2.

Immagini	Overall Accuracy (%)	k-coefficient
Fiumicino aeroproto	94.2652	0.9229
Sabaudia-Gaeta	93.7079	0.9247
Castel Porziano	90.8234	0.8759
Follonica	98.0769	0.9707

Tabella 1 – Accuratezza e coefficienti K.

Infine, in tabella1 vengono riportati i risultati ottenuti per tutte e quattro le immagini classificate da cui si evidenziano valori di accuratezza superiori al 90%.

Conclusioni

Sono state esaminate le bande del sensore multispettrale Quickbird al fine di poter applicare il metodo per l'estrazione e classificazione del reticolo stradale già sperimentato con le immagini iperspettrali MIVIS. Se si considerano le bande 1 e 4 del Quickbird è infatti possibile definire una "macro classe asfalti" che, a sua volta, può essere segmentata in 4 sotto classi di asfalto, definite analizzando dati radiometrici di campo contenuti nella librerie spettrale e riconducibili allo stato di conservazione dell'asfalto.

La definizione dell'equazione della "retta degli asfalti" ha permesso, anche con questo tipo di immagini, di ricavare il coefficiente angolare α da utilizzare come valore di *threshold* nell'algoritmo di classificazione *Spectral Angle Mapper*. Le classificazioni ottenute hanno mostrato una accuratezza che varia dal 90 al 98% e un coefficiente K dell'ordine dello 0.95, valori questi paragonabili con quelli derivati dai dati MIVIS.

Pertanto, utilizzando le banda 1 e 4 delle immagini Quickbird, l'analisi scatterogrammetrica, oltre a permettere un'istantanea percezione del tessuto stradale dell'area di studio, agevola la scelta degli *endmembers* da utilizzare nella successiva fase di classificazione e consente di individuare il valore di *threshold* da adoperare nella SAM.

Bibliografia

- Ben-Dor E. (2001), "Imaging spectrometry for urban applications", *F. D. Van der Meer & S. M.*
- Heiden U., Segl, K., Roessner, S., & Kaufmann, H. (2007), "Determination of robust spectral features for identification of urban surface materials in hyperspectral remote sensing datas", *Remote sensing of Environment*, 11: 537-552.
- Herold M., Roberts D., Noronha V., Smadi O., (2008), "Imaging spectrometry and asphalt road surveys", *Transportation Research, Part C: Emerging Technologies*, 16: 153-166.
- 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*, vol.2:15-18.
- Salvatori R., Mei A. & Salzano R. (2009), "Caratterizzazione spettrale di superfici asfaltate e realizzazione di una libreria di firme spettrali", *Atti 13a conferenza nazionale ASITA, Bari 1-4 dicembre*.
- 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.
- 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*.
- Mei A., Salvatori R. & Allegrini A., (2011), "Analisi delle superfici asfaltate tramite dati di campo e immagini iperspettrali MIVIS", *Italian Journal of Remote Sensing*, Vol. 43: 147 - 159.
- Lethersich W. (1942), "The Mechanical Behaviour of Bitumen", *Journal of the Society of Chemical Industry, Transactions and Communications*, n. 61: 101-108.
- Mack C. (1964), "Physical Chemistry, Bituminous Materials Asphalts", *Tars and Pitches Interscience* Vol. 1: 25-123.
- Claine P. J. (1984), "Chemical composition of asphalt as related to asphalt durability", *U.S. Dept. of Transportation, federal highway administration, National Technical Information Service*.