

TECNICHE DI REMOTE SENSING PER LO STUDIO DI UN'AREA URBANA: LA CITTÀ DI BARI

D. GUGLIETTA (*), A. ANGELINI (*), C. ATTURO (*), T. CRETA (*),
P. MEROLA (*), A. ALLEGRINI (*)

(*) CNR – Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Area della Ricerca RM1, Via Salaria Km 29,300, 00016
Monterotondo Stazione (RM), tel. 06-90672397, fax 06-90672660
e-mail: guglietta@iia.cnr.it; angelini@iia.cnr.it; atturo@iia.cnr.it; creta@iia.cnr.it; merola@iia.cnr.it
e alessia.allegrini@iia.cnr.it

Riassunto

L'espansione rapida e incontrollata delle città, per far fronte al crescente numero di abitanti seguita dal bisogno di infrastrutture e servizi, ha determinato cambiamenti che in alcuni casi non hanno seguito l'impianto urbanistico originale.

Monitorare i cambiamenti nelle aree urbane è uno strumento importante per comprendere le interazioni tra la copertura del suolo e gli agenti di disturbo.

In questo studio prenderemo in considerazione i cambiamenti verificatesi nelle fasce individuate nel comune di Bari. La città si è sviluppata attorno ad un centro storico protetto da una cinta muraria e nei secoli è divenuta una delle più grandi area portuali del Mezzogiorno.

Per monitorare i processi di urbanizzazione e i cambiamenti nella copertura del suolo sono state utilizzate immagini iperspettrali del sensore MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*), uno scanner elettro-ottico modulare aviotrasportato costituito da 4 spettrometri che riprendono simultaneamente, con un angolo istantaneo di vista di 2 mrad, le radiazioni provenienti dalla superficie terrestre nelle lunghezze d'onda del visibile (20 bande tra 0,43-0,83 μm), dell'infrarosso vicino, NIR, (8 bande tra 1,15-1,55 μm), dell'infrarosso medio, MIR, (64 bande tra 2,0-2,5 μm) e dell'infrarosso termico, TIR, (10 bande tra 8,2-12,7 μm) per un totale di 102 bande. Lo scopo di questo lavoro è di confrontare le dinamiche evolutive (costruzioni, strade e vegetazione) che hanno interessato il territorio.

Abstract

The rapid and uncontrolled expansion of cities, to deal with the growing number of inhabitants and of infrastructure and services, led to changes that in some cases don't have respected the original urban plan.

An important tool to monitor changes in urban areas is to understand the interactions between land cover and untidiness agents. In this work will study the changes occurring in zoning identified in Bari area. The city grew around a historic center protected by a wall and over the centuries has become one of the largest port area in Southern Italy.

MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) images are used to monitor the urban and the land use changes. MIVIS airborne hyperspectral sensors is a modular instrument composed of 4 spectrometers, which simultaneously collect radiation coming from the Earth's surface in 102 bands (Visible, Near-InfraRed, Mid-InfraRed and Thermal-InfraRed).

The goal of our work is to compare the transformations (buildings, roads and vegetation) concerning the study area.

Introduzione e area di studio

La distribuzione spazio-temporale della vegetazione è una componente importante dell'ambiente urbano, infatti la vegetazione influenza le condizioni ambientali e i flussi di energia attraverso la riflessione e l'assorbimento della radiazione solare (Gallo et al., 1993; Roth et al., 1989; Goward et al., 1985) e l'evapotraspirazione (Owen et al., 1998; Gillies et al., 1997; Carlson et al., 1994; Pric, 1990).

Inoltre, i cambiamenti all'interno delle città come la perdita di aree verdi e la forte antropizzazione hanno portato alla formazione del fenomeno denominato "isola di calore urbana" (Oke, 1979).

Le città, in questo modo, sono diventate un mosaico di ambienti, ognuno dei quali, dal centro verso la periferia, risulta caratterizzato dalla maggiore o minore presenza di edifici, strade, aree verdi e terreni coltivati.

In questo lavoro si analizza la città di Bari che rientra in un progetto più vasto il quale prende in considerazione lo sviluppo urbanistico e le dinamiche ad esso collegate di alcune città portuali del sud d'Italia.

Bari è il capoluogo della regione Puglia; con i suoi 320.00 abitanti è il maggior centro della regione per popolazione e per importanza economica. Si affaccia lungo la costa Adriatica e la sua estensione territoriale è di 116 kmq.

La città di Bari è stata suddivisa dalla costa verso l'entroterra per fasce di espansione.

Lo scopo è monitorare le dinamiche di sviluppo e le conseguenze ambientali ad esse collegate.

Materiali e metodi

Il presente lavoro è stato realizzato utilizzando voli acquisiti con il sensore MIVIS (Bianchi et al., 1994) effettuati sulla Regione Puglia nell'estate 2004, di proprietà dell'Arma dei Carabinieri, nell'ambito del Programma Operativo Nazionale per la Sicurezza e lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia.

La quota di volo delle riprese aeree è di 2500 m., a cui corrisponde una risoluzione media al suolo del pixel di 5 x 5 m. (25 mq).

I dati hanno subito un pre-processamento ed una calibrazione radiometrica al fine di rendere più agevole l'estrazione delle informazioni contenute nell'immagine.

Per mettere in risalto i cambiamenti evidenziati nelle immagini MIVIS, causati da fattori naturali o umani al variare delle scale temporali e spaziali, sono state utilizzate differenti tecniche di elaborazione:

- calcolo degli indici di vegetazione;
- analisi termica;
- classificazione *supervised*.

Il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Gong Dao-Yi, Shi Pei-Jun, 2003, Bannari et al., 1995; Christensen, Goudriaan, 1993; Goward et al., 1991), è uno degli indici di vegetazione più studiati ed applicati alle immagini telerilevate. Questo indice è basato sulla differenza normalizzata dei valori di riflettività (ρ) nelle bande dell'Infrarosso Vicino (NIR) e del Rosso (R). Viene messa in relazione l'assorbimento spettrale della clorofilla nel R con il fenomeno della riflessione nel NIR, influenzato dal tipo di struttura fogliare. L'NDVI è definito come il rapporto tra la differenza e la somma di due bande, rispettivamente il NIR e il R. Questo rapporto normalizzato fornisce valori numerici adimensionali compresi tra -1 e +1. I valori negativi dell'indice corrispondono all'acqua, valori prossimi allo zero ma positivi (0-0.2) corrispondono ai suoli e valori da 0.3 a 0.6 indicano la presenza di superfici vegetate con massimi intorno a 0.8 nel caso di vegetazione molto densa.

Le bande dell'Infrarosso Termico (TIR, *Thermal InfraRed*) (Carlson et al., 1994) sono adatte alla misura delle temperature delle superfici e permettono di estrarre informazioni di tipo statistico sulla temperatura emessa dai corpi. Il risultato finale, che nel primo *output* è una rappresentazione in

scala di grigio, è enfatizzato attraverso la tecnica del “*density slicing*”, in base alla quale le differenze di temperature sono indicate con differenti colori.

La classificazione delle immagini costituisce uno strumento fondamentale per il riconoscimento spettrale e/o geometrico degli oggetti presenti sulla scena esaminata.

Essa è basata sull'analisi di tutti i *pixel* presenti in un'immagine digitale e la loro assegnazione ad un gruppo finito di classi (firma spettrale).

La *Spectral Angle Mapper* (SAM) (Gomasasca, 2006; Kruse et al., 1993; Guyot, 1989), utilizzata in questo lavoro, è una classificazione assistita (*supervised*) che utilizza un algoritmo che opera attraverso il riconoscimento spettrale basato sul confronto angolare tra i vettori rappresentanti la proiezione spettrale della classe di riferimento (*target*) e i *pixel* da classificare.

Lo studio dell'evoluzione delle dinamiche ambientali sulla città di Bari è stata effettuata per fasce di espansione:

- la prima fascia comprende il centro storico (la cosiddetta Bari Vecchia);
- la seconda fascia, situata all'interno dell'anello ferroviario, comprende il quartiere Murat-San Nicola (borgo nuovo o murattiano) sviluppato dagli inizi del '900;
- la terza fascia, situata a sud dell'anello ferroviario, comprende il quartiere di Picone-Carrassi
- la quarta fascia, compresa tra il limite quartiere Picone-Carrassi e la tangenziale, comprende il quartiere di Poggiofranco;
- la quinta e ultima fascia, ad ovest del centro storico, comprende la zona Fiera e la zona commerciale-industriale.

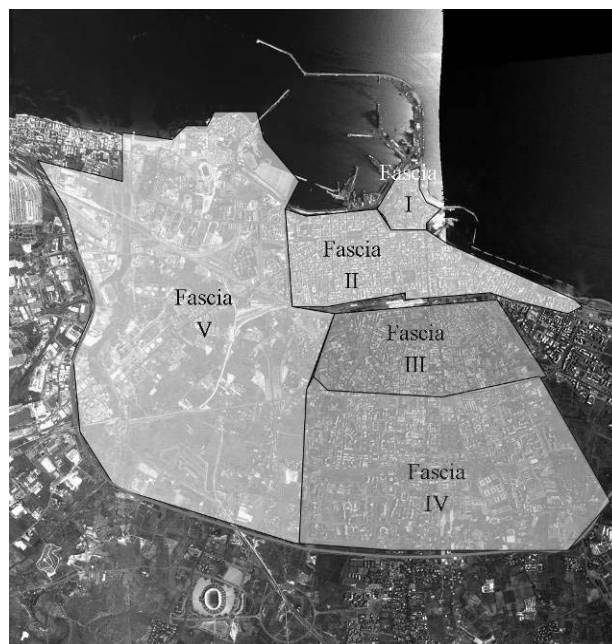


Figura 1 – La città di Bari suddivisa in 5 fasce di studio.

Risultati e discussioni

Le fasce I e II della città di Bari, che si estendono tra la costa e la linea ferroviaria con strade a reticolo ortogonale, sono costituite dalla città vecchia (fascia I) compresa tra i porti “nuovo” e “vecchio” e dalla città nuova (fascia II), fondata da Gioacchino Murat nel 1813, dove la densità di strutture antropiche (edifici, strade..) risulta essere maggiore rispetto alla presenza di vegetazione che è limitata alle piazze, al parco del castello Normanno-Svevo e ai viali alberati del lungomare. In queste fasce più del 90% della superficie urbana risulta edificata e questa percentuale diminuisce nelle aree di nuova espansione (fasce III, IV e V).

In genere la crescita urbana è caratterizzata dall'espansione, nelle zone immediatamente adiacenti al centro storico, di aree residenziali suburbane percepite come aree caratterizzate da una percentuale maggiore di verde.

Tale fenomeno non si riscontra nell'area più prossima alla ferrovia (fascia III), sviluppata a partire dall'inizio del '900 con una urbanizzazione incontrollata, confusa e irregolare rispetto alla Bari di Murat. Di fatto il "probabile" piano regolatore non ha tenuto conto della necessità di attrezzare questa zona di nuove aree verdi.

Al contrario nelle zone più vicine alla tangenziale (fascia IV) la densità di edifici e infrastrutture è più bassa e si alternano campi colti e incolti e zone verdi.

Questi dati sono confermati dall'analisi dell'indice NDVI i cui valori rispecchiano l'andamento dell'urbanizzazione della città: nell'odierno centro urbano (fascia I e II) predominano i toni del nero rispetto al verde (in figura 2 in toni di grigio) a causa dell'assenza di vegetazione.



Figura 2 – La città di Bari: immagine in NDVI.

Tuttavia valori positivi dell'indice NDVI si ritrovano sia fra le rigide maglie del centro murattiano, in corrispondenza del giardino di piazza Garibaldi e di piazza Umberto I, sia a poca distanza dal mare, ai margini della città vecchia, nei Giardini di Isabella d'Aragona, e infine in corrispondenza dei viali del lungomare-sud.

Quindi in questa zona della città la presenza di aree verdi è legata ai giardini storici che nel corso dei secoli non sono stati interessati dalla speculazione edilizia.

Un risultato diverso appare dall'immagine NDVI dove si nota un graduale aumento dei pixel di vegetazione rispetto a quelli di urbano spostandoci dall'area a sud della ferrovia (fascia III) verso la tangenziale (fascia IV) (vedi figura 2).

Un discorso a parte merita la fascia V, ad ovest del centro cittadino, in quanto il crescente aumento delle attività commerciali-industriali determinano un cambiamento dell'uso del suolo, da agricolo a urbano (nuovi quartieri, centri commerciali, industrie e strade).

In particolare questi nuovi insediamenti sono caratterizzati da un uso massiccio dell'asfalto e del cemento rendendo impermeabili i suoli con conseguenze negative per lo smaltimento delle acque piovane, per la ricarica delle falde acquifere e per il micro clima delle aree.

I dati telerilevati permettono un censimento delle superfici e anche dei materiali di rivestimento attraverso le tecniche di classificazioni (in tonalità scura gli edifici e in chiaro la vegetazione, in nero il non classificato, vedi figura 3).

Inoltre dall'analisi dell'Infrarosso Termico le superfici impermeabili hanno una temperatura maggiore rispetto alle aree verdi. Il continuo cambiamento di uso di suolo può essere monitorato tramite dati da remoto e un'attenta pianificazione dei nuovi nuclei in cui la presenza di un equilibrato rapporto edificato/verde consentirà di risolvere o quanto meno attenuare le problematiche delle aree urbane.

In figura 4 si può osservare che più scura è la tonalità di grigio maggiore è la temperatura del materiale, i valori variano dai 30 ai 60 °C mentre in nero sono rappresentati i materiali con temperatura inferiore ai 30 °C).



Figure 3 e 4 – Quartiere Murat: classificazione dei materiali e analisi termica.

Conclusioni

Questo lavoro, che rientra in un progetto più ampio che interessa diverse città dell'Italia meridionale, rappresenta solo la fase iniziale del monitoraggio approfondito delle variazioni spazio-temporali della città di Bari dal punto di vista delle dinamiche urbane e della densità di vegetazione. I primi risultati confermano una scarsa presenza di aree di verde in una città a continuità storica come il capoluogo apulo.

Bibliografia

- Bannari A., Morin D., Bonin F. (1995), "A review of vegetation Indices", *Remote Sensing*, 13, pp. 95-120.
- Bianchi R., Marino C.M., Pignatti S. (1994), "Airborne Hyperspectral remote sensing in Italy", Europto, Rome 27-29 September 1994, *SPIE V 2318*, pp. 29-37, 1994.
- Carlson T.N., Gillies R.R., Perry E.M. (1994), "A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover", *Remote sensing Reviews*, 9:161-173
- Christensen S., Goudriaan J. (1993) "Deriving light interception and biomass from spectral reflectance ratio", *Remote Sensing of Environment*, 43, pp.87-95.
- Choudhury B.J. (1987), "Relationships between vegetation indices, radiation absorption and net photosynthesis evaluated by a sensitivity analysis", *Remote Sensing of Environment*, 22, pp.209-233.
- Gallo K.P., McNab A.L., Karl T.R., Brown J.F., Hood J.J., Tarpley J.D. (1993), "The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect", *International Journal of Remote Sensing*, 14: 2223-2230

- Gillies R.R., Carlson T.N., Cui J., Kustas W.P., Humes K.S. (1997), "A verification of the triangle method from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature", *International Journal of Remote Sensing*, 15: 3145-3166.
- Gomasasca M.A. (2006), *Elementi di Geomatica*. Associazione Italiana di Telerilevamento.
- Gong Dao-Yi and Shi Pei-Jun (2003), "Northern hemispheric NDVI variations associated with large-scale climate indices in spring", *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 2559-2566
- Goward S.N., Cruickshanks G.D., Hope A.S. (1985), "Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape", *Remote Sensing of Environment*, 18: 137-146
- Goward S.N., Markham B., Dye D.G., Dulaney W., Yang J. (1991), "Normalized Difference Vegetation Index Measurement from Advanced Very High Resolution Radiometer", *Remote Sensing of Environment*, 35, pp. 257-277
- Guyot G. (1989), "Signatures spectrales des superface naturelles", *Teledetection satellitaire*, 5, Paradigme, Caen, France.
- Kruse F.A., Lefkof A.B., Boardman J.W., Heidebrech K.B., Shapiro A.T., Barloon J.P., Goetz A.F.H. (1993), "The spectral image processing system (SIPS). Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data", *Remote Sensing of Environment*, 44, pp. 145-163, 1993.
- Oke T.R. (1979), "Urban climates and global environmental change", *Applied climatology: Principles and Practice*, edited R.D. Thompson and A. Perry, 273-287.
- Owen T.W., Carlson T.N., Gillies R.R. (1998), "An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization", *International Journal of Remote Sensing*, 19: 1663-1681
- Roth M., Oke T.R., Emery W.J. (1989), "Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology", *International Journal of Remote Sensing*, 10: 1699-1720
- Wilson J.S., Clay M., Martin E., Stuckey D., Vedder-Risch K. (2003), "Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing", *Remote Sensing of Environment*, 86: 303-321