

IL PROGETTO VERDE URBANO

Ines MARINOSCI, Valter SAMBUCINI, Nico BONORA, Federico AZZOLINI,
Fabio BAIOTTO, Roberto VISENTIN

(*) APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici -
via Vitaliano Brancati 48, 00144, Roma

Riassunto

Grazie all'iniziativa di ricerca comunitaria *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), l'utilizzo di tecniche di telerilevamento satellitare per finalità ambientali ha ricevuto negli ultimi anni un notevole impulso. Uno dei campi di intervento è il censimento delle aree verdi urbane attraverso l'interpretazione di immagini satellitari ad alta risoluzione.

In tale contesto l'APAT ha di recente avviato il progetto "Verde Urbano", che prevede il censimento delle aree verdi dei 24 capoluoghi di provincia italiani con un numero di abitanti superiore a 150.000, tramite l'utilizzo delle reti neurali artificiali.

Le reti neurali rappresentano a tutt'oggi uno dei modelli matematici più complessi per l'elaborazione delle informazioni e come tali costituiscono in campo applicativo uno strumento particolarmente interessante, in quanto essendo modelli a memoria associativa apprendono direttamente da esempi e non richiedono particolari conoscenze a priori sulla realtà che si vuole esaminare (Buttarazzi *et al.*, 2004; Licciardi, 2004).

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati della classificazione del verde urbano relativi alla città di Roma.

Abstract

Due to the European initiative of communitarian research Global Monitoring for Environment and Security (GMES), the use of remote sensing techniques for environmental purposes has received remarkable impulse. An important activity is represented by urban green mapping by using high resolution satellite images.

In this context APAT started the project "Urban Green", with the aim to classify the urban green areas by neural networks in the 24 Italian cities having more than 150,000 inhabitants.

Neural networks represent one of the more complicated mathematical models to elaborate informations and they are an interesting instrument as models with associative memory.

This paper describes the first result of the urban green classification in Rome.

Introduzione

Come è noto le città rappresentano i luoghi dove insiste la massima la pressione antropica e dove, di conseguenza, si concentrano in maggiore misura gli squilibri ambientali che provocano notevoli danni alla salute fisica e psichica dei cittadini.

In tale ottica la presenza di aree verdi nelle città è di fondamentale importanza per il miglioramento della qualità della vita sotto molteplici aspetti. Uno dei più importanti ed attuali è l'aspetto climatico: basta pensare al beneficio apportato dalla componente arborea che, oltre a contribuire alla riduzione dell'erosione del suolo e della concentrazione di ossidi di carbonio, assume un ruolo

determinante sul miglioramento del microclima. Altrettanto importanti sono il contributo che le aree verdi danno alla biodiversità e la loro funzione puramente estetica e ricreativa. Il censimento delle aree verdi delle città si rivela quindi essere uno strumento indispensabile per la loro corretta gestione.

A livello europeo, per poter effettuare analisi comparative tra le varie realtà urbane, si è reso necessario definire nomenclature e metodologie di classificazione di riferimento. L'Agencia Europea dell'Ambiente utilizza per le aree urbane il sistema di nomenclatura CORINE LAND COVER per le classi naturali, integrata da quella MOLAND per le classi artificiali. In questo tipo di classificazione è già presente la classe *Green Urban Areas* (classe *Corine* 1.4.1.), che include giardini pubblici, parchi ed aree naturali gestite come aree ricreative e le classi del verde residenziale e delle aree agricole permanenti (APAT, 2005).

Al momento attuale si possono considerare due direzioni verso cui vertono analisi e classificazioni in ambito urbano: la prima riguarda l'uso di immagini satellitari a risoluzione medio-alta (*Spot 4-5*), che produce classificazioni con un'unità minima cartografabile che varia da qualche metro ad un quarto di ettaro; la seconda, che utilizza immagini ad alta risoluzione, (*Ikonos* o *QuickBird*), permette classificazioni con unità minima cartografabile uguale o inferiore al metro.

Il progetto "Verde Urbano" ricade in quest'ultima categoria e si propone di censire, a scala 1:5.000 e con unità cartografica minima di 0,36 m², le aree verdi urbane utilizzando immagini del satellite *QuickBird*, interpretate e classificate con una metodologia che prevede l'utilizzo di reti neurali artificiali.

L'obiettivo principale del presente lavoro è di produrre uno strato cartografico dove sarà possibile distinguere (a) la copertura a prato e cespugli, (b) la copertura arborea a conifera, e (c) la copertura arborea a latifolia, con affidabilità dell'interpretazione tematica maggiore o uguale all'85%. Il secondo, ma non meno importante, è quello di produrre basi cartografiche nel risparmio dei costi e dei tempi rispetto alle metodologie convenzionali (Bonora et al., 2008).

Aspetti metodologici

Nell'ottica della sperimentazione di nuove metodologie volte alla realizzazione di cartografie di copertura del suolo a partire da dati telerilevati, il gruppo di lavoro del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINAnet - APAT) ha applicato una metodologia semi-automatica basata su reti neurali artificiali applicate ad immagini da satellite ad alta risoluzione per la rilevazione delle aree verdi nelle città a costi e tempi notevolmente contenuti rispetto alle metodologie di classificazione tradizionali.

Le reti neurali artificiali presentano il pregio di poter apprendere in modo automatico grazie ad un insieme di informazioni preventivamente fornito. Esse simulano l'attività cerebrale durante l'apprendimento e sono costituite essenzialmente da un'interconnessione di semplici elementi computazionali basati su funzioni matematiche (Lawrence, 1994). L'innovazione rappresentata dall'uso delle reti neurali consiste nel fatto che dopo aver addestrato una rete a processare e classificare un'immagine, la stessa viene applicata alle altre scene aventi caratteristiche simili (spettrali, temporali, angolo di ripresa e soprattutto stagionali), riducendo in tal modo i tempi di elaborazione.

Le immagini utilizzate sono quelle del satellite *QuickBird* corrette geometricamente ed ortorettificate (sistema di coordinate UTM33N, *datum* WGS84) (Tabella 1). Esse sono state preprocessate tramite un'operazione di *data fusion* che ha ricampionato i pixel di tutte le bande a 0,60 m.

Sulle immagini sono state identificate e tracciate, sotto forma di poligono, aree di training e di validazione, tante quante sono le classi di output attese. Tali regioni, disegnate sulla base di dati di verità a terra e sulla base dell'analisi della firma spettrale, rappresentano insiemi di pixel con risposte spettrali simili. Dall'elaborazione di queste si sono ottenuti due file: i rispettivi file di training e il file di validazione, entrambi necessari all'addestramento della rete.

Ampiezza di scansione	16,5 Km al nadir
Formato	11 bits
Risoluzione	61 cm (nadir) nel Pancromatico 2,44 m (nadir) nel Multispettrale
Bande	Pancromatico: 725 nm Blu: 479,5 nm Verde: 546,5nm Rosso: 654 nm Vicino IR: 814,5 nm

Tabella 1 – Caratteristiche tecniche del satellite QuickBird

Per la costruzione e l'addestramento del sistema è stato adoperato il software SNNS *Stuttgart Neural Network Simulator* (University of Stuttgart, University of Tübingen, 1998). Dopo diversi test è emerso che la rete che fornisce il miglior risultato nel processo di classificazione è composta da 4 nodi sullo strato di input, 6 nodi su ognuno dei due strati nascosti e 8 nodi sullo strato di output. Il numero dei nodi in input rappresentano il numero delle bande spettrali dell'immagine da analizzare, il numero dei nodi nascosti è quello che ha contribuito a far ottenere un buon risultato ed è frutto quindi dell'esperienza dell'operatore, il numero dei nodi in output indica invece il numero di classi da riconoscere. Nel nostro caso, sullo strato di output, oltre alle 6 classi della legenda (Tabella 2) si è ritenuto opportuno aggiungere la classe 'nuvole' e la classe 'ombra' per una maggiore possibilità discriminativa. Nella fase di addestramento è stato applicato l'algoritmo di *back-propagation*, attraverso cui vengono elaborati gli esempi rappresentativi del problema da affrontare (dati di input) con le corrispondenti soluzioni (dati di output). Dopo ogni ciclo di addestramento il sistema confronta l'output ottenuto con quello reale, modifica i pesi e ripete il ciclo finché non vengono individuate soluzioni simili a quelle reali.

A seconda del risultato ottenuto e per affinare la classificazione, si è reso necessario a volte applicare sull'immagine classificata dalla rete ed opportunamente mascherata, un classificatore di tipo tradizionale, come l'algoritmo *Maximum likelihood*, che è stato utile a risolvere alcune tipologie di classi miste. Il prodotto finale è un'immagine raster restituita poi in vettoriale.

CLASSI VERDE URBANO			CODICI CORINE LAND COVER	
1	Superfici artificiali		1. Superfici artificiali	
2	Superfici agricole		2. Superfici agricole utilizzate	
3	Corpi idrici		4. Zone umide 5. Corpi idrici	
4	Verde urbano	4.01 Prati e cespugli	3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie 3.2.2. Brughiere e cespuglieti	
		4.02 Alberi	4.02.01 Latifoglie	3.1.1. Boschi di latifoglie
			4.02.02 Conifere	3.1.2. Boschi di conifere
5	Suolo nudo		3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente	

Tabella 2 – Legenda di classificazione del verde urbano

Risultati

Si presentano di seguito sia i risultati relativi alla campagna di verifiche a terra, sia i risultati elaborati per la zona del VII municipio del comune di Roma. Per quanto riguarda la campagna di verifiche a terra sono state scelte due scene *QuickBird* aventi data di acquisizione 27/07/2005 e 09/08/2005. Su di esse sono state selezionate in modo casuale 22 aree circolari di circa 314 m² di superficie (raggio di 10 m) di cui 4 sono risultate totalmente inaccessibili e di conseguenza non

sono state prese in esame. Nella tabella 3 è riportata la matrice di confusione con la distribuzione di classificazione a livello del singolo pixel desunta dalle verifiche effettuate sulle 18 aree.

	Reale	Sup. Artificiali	Corpi Idrici	Prati e cespugli	Latifoglie	Conifere	Suolo nudo
Classificata (px)		1	2	3	4	5	6
1	Sup. Artificiali	2185					
2	Corpi Idrici						
3	Prati e cespugli			2807	55	177	
4	Latifoglie			37	107	141	
5	Conifere			65		5709	
6	Suolo nudo	166		115			4195
	Totale	2351		3024	162	6027	4195

Tabella 3 – Errori di classificazione sul singolo pixel relativi ai rilievi in campo

Nella tabella 4 invece si possono osservare in dettaglio le aree controllate con i relativi errori di classificazione espressi in valore percentuale del pixel. In alcuni casi l'errore di classificazione ricade tra suolo nudo e tetti di origine argillosa, ma l'errore principale ricade tra latifoglie e prati erbosi, soprattutto quando questi ultimi presentano un manto denso ed uniforme. Ulteriori elaborazioni dovranno essere prese in considerazione, in quanto questo tipo di errore, che si aggira attorno al 33 non soddisfa, per queste due classi, i requisiti di accuratezza tematica. Elaborando i dati sulle 18 aree l'errore medio di classificazione del singolo pixel è risultato essere invece del 4,7%.

Id_Area	% errore pixel	Classificazione	Verità a terra
1		Area non accessibile	
2		Area non accessibile	
3	0		
4	0,3	Conifere	Prato
5		Area non accessibile	
6	0		
7	0		
8	6,1	Prato	Latifoglie
9	0		
10		Area non accessibile	
11	0		
12	12,9	Suolo nudo	Prato
13	4,8	Suolo nudo	Artificiale
13	15,9	Latifoglie	Conifere
14	19,6	Prato	Conifere
15	0		
16	0		
17	0		
18	0		
19	0		
20	0		
21	0		
22	14,1	Suolo nudo	Artificiale
22	4,3	Latifoglie	Prato
22	7,1	Conifere	Prato

Tabella 4 – Errori di classificazione sulle aree controllate

Nelle figure 1 e 2 sono riportati infine i risultati della classificazione estratti per il VII municipio del comune di Roma.

Dal grafico della figura 1 si evince che l'area di verde urbano rappresenta il 18% della superficie dell'intera circoscrizione ed è così ripartita: 9% di prati e cespugli, 2% di latifoglie e 7% di conifere.

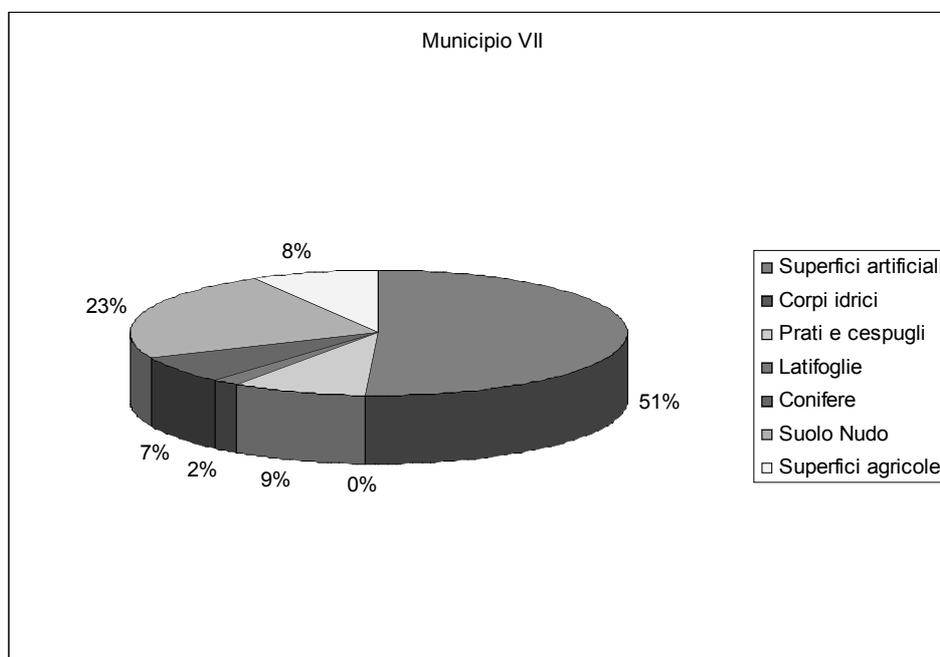


Figura 1 – Dati relativi al VII Municipio del comune di Roma



Figura 2 – Dettaglio della classificazione del verde urbano relativa al VII municipio.

Conclusioni

Dalle elaborazioni effettuate è possibile affermare che l'applicazione delle reti neurali artificiali effettuata su immagini satellitari ad alta risoluzione per la classificazione del verde urbano ha fornito risultati, anche se non definitivi, apprezzabili.

Nonostante il 33% di errore verificatosi tra latifoglie e prati, si è raggiunta un'accuratezza tematica (*overall*) maggiore del 90%.

A seguito di tali risultati, si applicherà la stessa metodologia agli altri capoluoghi di provincia italiani facenti parte del progetto, al fine di ottenere una mappatura delle aree verdi urbane, in formato sia vettoriale che raster, per poter ottenere una stima, sia quantitativa che tematica, della tipologia vegetazionale afferente ad una determinata area urbana..

Ringraziamenti

Si ringrazia la Regione Lazio per la fornitura della copertura Quickbird del comune di Roma e la dott.ssa Marzia Mirabile per la consulenza tecnica in botanica.

Riferimenti Bibliografici

APAT – “La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000”. Rapporti 61/2005.

Bonora N., Sambucini V., Marinosci I., Azzolini F., Baiocco F., Visentin R., Marinelli M. (2008), “Rilevazione delle aree verdi nelle città italiane”, *Rivista italiana di Telerilevamento*, in stampa.

Buttarazzi B., Del Frate F., Solimini C. (2005), “A user-friendly automatic tool for image classification based on neural networks,” *Proceedings of URS/URBAN 2005 Conference*, Tempe, Arizona, USA.

DigitalGlobe Inc. (2007), *QuickBird Imagery Products – Product Guide*, Revision 4.7.3, Colorado, 78.

Licciardi G.A. (2004), *Generazione di mappe di sealing tramite l'impiego di reti neurali*, Università degli studi di Roma Tor Vergata, Tesi di laurea.

Lawrence J. (1994), *Introduction to Neural Networks: Design, Theory and Applications*, Edizioni Sylvia Luedeking, California Scientific Software Press.

University of Stuttgart, University of Tübingen (1998), *Stuttgart Neural Network Simulator - User Manua, Version 4.2*, Department of Computer Architecture, 350.