

Procedura semi-automatica per la misura dell'urban sprawl tramite serie multitemporale dei dati MIVIS

Alessia Allegrini, Catia Atturo, Giuliano Fontinovo, Elisabetta Mercuri

CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Via Salaria Km 29.300, 00015 Monterotondo (RM)
Tel. 0690672395, atturo@iia.cnr.it

Riassunto

In questo lavoro si illustra la metodologia sperimentata, dal laboratorio di telerilevamento dell'IIA del CNR per il calcolo di indicatori di interesse urbanistico-ambientale per la determinazione dell'urban sprawl, utilizzando dati multitemporali acquisiti con il sensore MIVIS.

Si parte dall'applicazione di tecniche di classificazioni unsupervised su una serie dei dati MIVIS, per determinare la quantità di suolo consumata. In questo contributo la quantità di suolo consumata, corrisponde alla "misurazione" dei territori urbanizzati così come definiti dal primo livello della legenda CLC. Sono stati presi in considerazione tre comuni del Casertano. L'analisi dei dati è stata effettuata attraverso la creazione di una maglia di 2 Km x 2 Km.

Il livello di urbanizzazione di ogni singola area (maglia), è stato determinato per singolo indicatore, per singolo indice e in totale, assegnando a ciascuno di loro dei pesi (valori). Viene illustrata inoltre, la scelta dei criteri utilizzati nel metodo di valutazione, nonché i dettagli del punteggio e la loro aggregazione nei sistemi coinvolti. Ulteriori dettagli vengono forniti per lo sviluppo del metodo in ambiente GIS. Inoltre saranno presentati e discussi nel documento i risultati delle analisi e la possibilità di utilizzare la metodologia in altri campi della valutazione ambientale, ed infine gli ulteriori usi e sviluppi e alcune delle difficoltà incontrate nello sviluppo del metodo.

Abstract

This paper describes the methodology tested from the IIA the CNR laboratory of remote sensing for the calculation of interest in urban-environmental indicators for the determination of urban sprawl using multi-temporal data acquired with the sensor MIVIS. It starts from the application of techniques of unsupervised classifications MIVIS the data series to determine the amount of land consumed. In this contribution, the amount of land consumed, corresponds to the "measurement" of urbanized areas as defined by the first level of the CLC legend. Were taken into account the three municipalities of Caserta. Data analysis was performed by creating a mesh of 2 km x 2 km. The level of urbanization of each area (mesh), was determined for each indicator, single index and in total, giving each of them of the weights (values). Discusses also the choice of criteria used in the method of evaluation, as well as details of the scoring and aggregation of systems involved. Further details are provided for the development of the method in GIS environment. They will also be presented and discussed in the paper the results of the analysis and the possibility of using the methodology in other fields of environmental assessment. Finally, additional uses and developments will be discussed and some of the difficulties encountered in developing the method.

Introduzione

I processi di urbanizzazione che sono avvenuti negli ultimi anni comportano sempre più un maggiore consumo di uso di suolo. La crescita disorganizzata delle città (urban sprawl), sottrae parti di territorio utilizzabili ad altri scopi quali quelli agricoli o naturali, modificando gli ecosistemi naturali. Non solo l'urbanizzazione ma anche l'agricoltura e le attività estrattive determinano un

consumo di suolo. La prima dal punto di vista qualitativo modificando le caratteristiche chimico fisiche del terreno, la seconda sottraendo suolo al territorio naturale.

Lo scopo di quantificare l'occupazione (riduzione quantitativa e qualitativa) del territorio da parte del processo di antropizzazione è dato da un indicatore "consumo di suolo". Questo è dato dal rapporto tra la somma delle aree destinate ad usi urbani (residenziali, produttivi, commerciali, infrastrutturali) e l'area totale del territorio preso in considerazione. Scopo dell'indicatore è la valutazione delle pressioni a cui è sottoposta la risorsa suolo al fine di attuare politiche mirate ad uno sviluppo antropico compatibile.

Sia in Italia (SPTU) che all'estero vi è un'insufficiente valutazione del fenomeno "consumo di suolo" e il risultato è la mancanza di dati (aggiornati ed affidabili) e sulla disponibilità di suoli liberi. Inoltre, anche laddove regioni ed enti locali provvedano autonomamente, il rilevamento e l'interpretazione dei dati di uso del suolo, anche con strumenti avanzati di foto-interpretazione aerea o satellitare, pone enormi problemi dovuti ai tempi lunghi per l'acquisizione di immagini e la loro elaborazione e per la mancanza di una codifica che consenta l'effettuazione di confronti coerenti.

Fonti

La metodologia proposta, implica l'utilizzo di dati provenienti da fonti eterogenee Per cercare di superare queste difficoltà, si è deciso di impiegare metodologie GIS (*Geographic Information System*) (Bernhardsen, 1999). In particolare si è normalizzata tutta la documentazione nel sistema di riferimento UTM WGS84 33N.

Le immagini MIVIS considerate e gli strati informativi realizzati sono relativi a due momenti temporali:

1. acquisite nel 2004 ad una quota di circa 2500 m.; ne è risultata una risoluzione spaziale di 5x5m.. Per queste immagini si è effettuato un pretrattamento di georeferenziazione.
2. acquisite nel 2009 ad una quota di circa 1500 m.; ne è risultata una risoluzione spaziale di 3x3m.. Per queste immagini si è effettuato un pretrattamento di ortorettifica.

Attraverso i dati telerilevati con tecniche di classificazione si è sviluppata una metodologia per il popolamento e la valutazione dell'indicatore "Consumo di suolo".

Per la selezione degli indicatori ambientali, determinati in base ai dati disponibili, si è avuto come primo obiettivo, in questa sperimentazione, la valutazione degli impatti negativi causati dai processi di urbanizzazione.

Il risultato di questa selezione è mostrato in tabella 1, che illustra la collocazione degli indicatori nel sistema di riferimento suggerito dall'OCDE (2003) noto come PSR (Pressione = impatti sull'ambiente, Stato = condizioni delle componenti eco-sistemiche e Risposta = politiche di intervento).

| <i>Tema e/o macro-indicatore</i> | Indicatore di pressione (P) | Indicatore di stato/impatto (S/I) |
|----------------------------------|--|--|
| SUOLO | • diffusione insediativa | • componente naturale |

Tabella 1 – Set di indicatori selezionati.

Metodologia

La metodologia utilizzata in questo studio è partita da un'analisi preliminare degli studi già effettuati sia in territorio nazionale (Romano et al. 2006, Peccol et al. 2009) che internazionale (Jaeger 2000, Jaeger et al.-2009, Jat et al. 2008, Bhatta et al. 2010), dei dati disponibili ed in particolare della possibilità di suddividere le categorie di dati.

Il primo passo è stata l'individuazione di aree campione ove applicare la metodologia. Successivamente sono stati individuati gli indicatori che permettessero di identificare il livello di qualità urbana del paesaggio preso in esame e i relativi impatti sul paesaggio. La quantificazione di

questi indicatori è stata inizialmente di tipo qualitativo, così definita: alto, medio, basso e successivamente di tipo quantitativo espressa in m² di superficie utilizzata.

In questa prima fase di sperimentazione sono stati utilizzati solo due indicatori, la diffusione insediativa e la componente naturale (tabella 2) entrambi gli indicatori determinano la natura dell'integrità e la frammentazione dell'ecosistema.

| |
|---|
| Indicatore: Diffusione insediativa |
| Presenza di superfici artificiali che hanno occupato più dal 40% al 50% della cella |
| Presenza di superfici artificiali che hanno occupato più dal 20% al 40% della cella |
| Presenza di superfici artificiali che hanno occupato meno del 20% della cella |
| Indicatore: Componente naturale |
| Aree dominate da superfici agricole e naturali (meno del 40%) |
| Aree miste: Aree agricole e superfici naturali (dal 40% al 20%) |
| Aree dominate da superfici naturali (+ del 40%) |

Tabella 2 – Indicatori utilizzati.

Ogni area è stata, poi suddivisa con una griglia principale di 2 x 2 Km per una valutazione di tipo qualitativo. Successivamente nelle aree con alti livelli di criticità, questa griglia è stata ulteriormente suddivisa con una sotto-griglia di 250x250 metri questo per analizzare in dettaglio, le variazioni di una piccola porzione di territorio pari a 0.0625 kmq.

I dati MIVIS sono stati classificati ed esportati in formati vettoriale per poterli quantificare e creare nuovi layer all'interno del sistema GIS. Questi hanno permesso di definire il valore totale di ogni quadrante e i valori dei diversi sotto-indicatori scelti nei diversi anni. Le unità di misura utilizzate sono state l'estensione (mq).

I risultati così ottenuti determinano il consumo di suolo, preso nella sua totalità o nelle sue componenti, ma non ci indicano il livello di criticità di questo indicatore. Per questo successivamente si è passati alla "pesatura" di tali indicatori. Per compiere questa operazione, si è utilizzata la tecnica del confronto a coppie. Una volta stabilito i pesi agli indicatori, determinati dal confronto a coppie, l'integrazione dei dati e la conseguente valutazione, all'interno dell'ambiente GIS è stata utilizzata la Map Algebra. Per l'applicazione di questa è necessario che tutte le variabili siano in formato raster. Per questo tutte le variabili sono state convertite in formato raster tramite e all'interno del progetto GIS (Conversion Tool). Dopo tale conversione, tutti i raster sono stati riclassificati, nel senso che sono stati attribuiti ai pixel i valori corrispondenti ai punteggi definiti secondo i criteri. In tal modo si sono ottenuti raster con valori che variano lungo la stessa scala, da 0 a 1. Tutte le variabili considerate assumono valori diversi per ogni singola cella di territorio. Nella costruzione della mappa finale di criticità bisogna considerare per ogni cella un solo valore che deriva dai diversi raster, ovvero si deve utilizzare un modello che sintetizzi in un unico valore i valori delle corrispondenti celle di ogni variabile.

L'integrazione dei raster può avvenire tramite varie tecniche, ma la più utilizzata in questi casi è la combinazione lineare pesata o WLC (Weighted Linear Combination)

Caso di studio

La scelta delle aree è caduta su tre comuni del casertano, a causa dell'elevata presenza di abusivismo edilizio principalmente lungo la fascia costiera. Le tre zone sono state scelte in funzione della loro eterogeneità, in modo da avere ambiti territoriali rappresentativi e differenziati per mettere a punto una metodologia applicabile su altre aree.

Le tre aree sono state così identificate: Zona C1 - Comune di Castel Volturno; Zona C2 - Comune di Cancellò ed Arnone e Zona C3 - Comune di Villa Literno (fig. 1).



Figura 1 – Aree di studio: tre comuni.

All'interno del software ArcGIS 9.3 sono state create features poligonali ed estratti i valori in Km², relativamente: alle area di studio totale (C1= 72,23 Km²; C2=km² 49,00 Km²; C3=61,65 Km²). I dati MIVIS delle tre aree sono stati classificati tramite il software Envi 4.5. I dati, geometricamente corretti sono stati classificati utilizzando una classificazione unsupervised. La scelta è caduta sul metodo *Isodata* in quanto non è necessaria la conoscenza della realtà a terra. Inoltre si basa su algoritmi che analizzano tutti i pixel e li raggruppano in un certo numero di classi (cluster) in base ai soli valori di radianza. Sono stati impostati solo alcuni variabili quali il numero massimo di cluster nel nostro caso 15 (fig. 2) e il numero minimo di pixel necessari (102) per formare un cluster. Successivamente le classi sono state accorpate nelle seguenti 5 classi (1° livello Corinne Land Cover - CLC): Superfici artificiali, superfici agricole utilizzate, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone umide e corpi idrici.

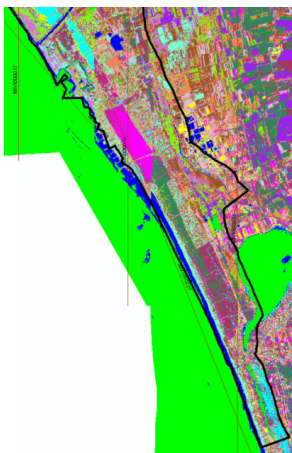


Figura 2 – Risultati della classificazione Isodata 15 classi.

Le classi estrapolate all'interno del software Envi sono state trasformate in formato vettoriale e raster. I dati vettoriali e raster così ottenuti sono stati inseriti in ambiente GIS. Le classificazioni in formato vettoriale ottenute (5 classi) sono state ritagliate e quantificate all'interno di ogni cella con una procedura semi-automatica utilizzando le SML (Simple Macro Language) di Arc INFO (moduli Arc e ArcEdit). Stabilito così le quantificazioni dei singoli indicatori per ogni cella, si sono visualizzati, attraverso un gradiente di colore (rosso=alto, medio=arancione, basso=giallo) (fig. 3).

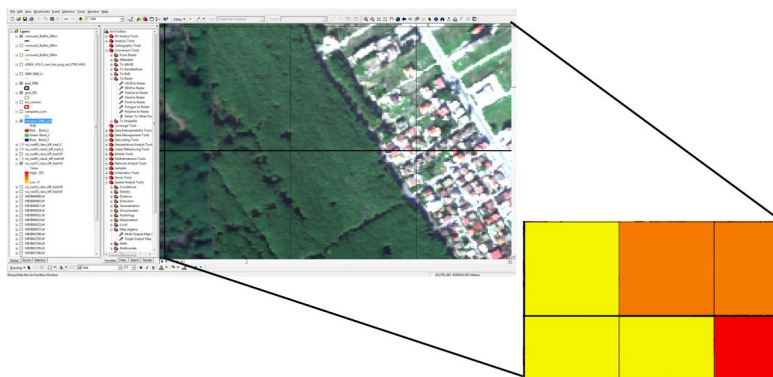


Figura 3 – Risultato indicatore “componente naturale” attraverso il gradiente di colore.

La mappa così ottenuta per singolo indicatore è stata poi trasformata in formato raster (Conversion Tool di ArcMap) e sono state attribuite ad ogni cella i valori corrispondenti al peso definito tramite il “confronto a coppie” (tab. 3).

| Indicatore A: Diffusione insediativa (peso=0,65) | | Livelli di criticità |
|---|---|-----------------------------|
| A1 | Presenza di superfici artificiali che hanno occupato più dal 40% al 50% della cella | Alto (peso = 0,6) |
| A2 | Presenza di superfici artificiali che hanno occupato più dal 20% al 40% della cella | Medio (peso = 0,3) |
| A3 | Presenza di superfici artificiali che hanno occupato meno del 20% della cella | Basso (peso = 0,1) |
| Indicatore B: Componente naturale (peso=0,35) | | Livelli di criticità |
| B1 | Aree dominate da superfici agricole e naturali (meno del 40%) | Alto (peso = 0,51) |
| B2 | Aree miste: Aree agricole e superfici naturali (dal 40% al 20%) | Medio (peso = 0,32) |
| B3 | Aree dominate da superfici naturali (+ del 40%) | Basso (peso = 0,18) |

Tabella 3 – Pesì degli indicatori.

Successivamente, per semplificare le procedure, l'implementazione del modello di valutazione è avvenuto attraverso il modulo “Model Builder” di ArcGIS. Questo ha permesso di velocizzare e automatizzare l'esecuzione delle funzioni del processo, di visualizzare e risolvere il problema e di avere alla fine una documentazione grafica del lavoro svolto.

Dall'analisi effettuata nelle aree prese in esame risulta che in questi ultimi anni (2004-2009) la percentuale di suolo naturale è rimasta invariata, mentre in due delle aree (C1e C2) c'è stata una crescita di consumo di suolo principalmente di tipo edilizio (privato) a scapito di quello agricolo, principalmente lungo le direttrici viarie e a saturazione dei lotti. Mentre la terza area (C3) è rimasta pressoché invariata. Si è inoltre notato che negli anni presi in esame nelle aree agricole sono aumentate le superfici destinate alle serre.

Conclusioni

La metodologia proposta, va ad oggi considerata di tipo sperimentale in quanto necessita di ulteriori affinamenti che saranno oggetto di studi successivi. In particolare, l'attenzione sarà rivolta maggiormente alla valutazione degli indicatori; alla ricerca di più accurati parametri che fissano

limiti di consumo d'uso di suolo e alla raccolta ed elaborazione di dati di confronto ottenuti con differenti metodologie e/o su aree simili.

L'elaborazione automatica dei dati telerilevati, attraverso le classificazioni (*isodata*) rende più immediata e meno soggettiva la determinazione degli indicatori di interesse, a scapito però dell'accuratezza e precisione delle classi identificate. Mentre l'utilizzo di comandi e moduli di ArcGIS permette di stabilire le differenze di una valutazione modificando semplicemente un parametro senza compromettere il modello. Consente, inoltre di velocizzare l'elaborazione e la visualizzazione cartografica del modello di valutazione

Tale procedura, una volta messa a punto, non richiederebbe risorse o esperienza di tipo specialistico e porterebbe a risultati numerici facilmente confrontabili con dati di riferimento o da letteratura.

Bibliografia

AA.VV. (1996), Gruppo di esperti sull'Ambiente Urbano, Città Europee Sostenibili, Bruxelles, Commissione Europea,

AA.VV. (1992), *CorineLand Cover: a European Community project*. Presented in the framework of the International Space Year, Proceedings of 1992 European Conference of the International Space Year, Commission of the European Communities, Brussels.

Bhatta, B., Saraswati, S., and Bandyopadhyay, D. (2010), "*Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data*", Appl. Geogr., 30, 1, 96–111.

Bernhardsen T. (1999), *Geographic Information System an introduction*, Canada, John Wiley & Sons, Inc.

Di Zio S. (2009), "*Un modello GIS multi criterio per la costruzione di mappe di plausibilità per la localizzazione di siti archeologico: il caso della costa teramana*", Archeologia e Calcolatori, 309-329.

Romano, S. e Cozzi, M. (2006), "*Modelli multicriteriali geografici per la valutazione delle trasformazioni di uso del suolo e impatti della politica agricola nei territori rurali*", L'Italia Forestale e Montana, fasc. n. 5: 423-471.

SPTU (Servizio Programmazione Territoriale e Urbanistica), *L'indice del consumo di suolo nella pianificazione urbanistica comunale piacentina*, Amministrazione Provinciale di Piacenza – Area Programmazione Territoriale Infrastrutture e Ambiente

OECD 1993. OECD core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the group on the state of the environment. Environment Monographs, 83, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Peccol E., Bonfanti P., (2009), "*Indicatori per l'analisi della diffusione insediativa nel territorio rurale: un'applicazione ai sistemi territoriali udinese e pordenonese*", IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria, Ischia Porto, 12-16 settembre 2009, memoria n. 6-6

Jaeger J.A.G. (2000), "*Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation*", Landscape Ecology **15** (2), 115–130.

Jaeger, J.A.G., Bertiller, R., Schwick, C. & Kienast, F. (2009), "*Suitability criteria for measures of urban sprawl*", Ecological Indicators, 10, 397-406.

Jat, M.K.; Garg, P.K.; Khare, D. (2008), "*Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques*", International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 10(1), 26-43.