



L'uso del GIS come strumento di analisi e rappresentazione del consumo di suolo

Valentina Sannicandro. Università degli Studi Federico II di Napoli, sanni.vale@gmail.com
Carmelo M. Torre. Politecnico di Bari, carmelomaria.torre@poliba.it

Parole chiave: consumo di suolo; analisi spaziali; *Spatial Decision Support System*

ABSTRACT

L'esperienza raccontata si è maturata nell'ambito dell'Osservatorio sul risparmio di suolo del laboratorio MITO del Politecnico di Bari.

Il consumo di suolo viene espresso come misura del territorio urbanizzato a giacitura del suolo occupato dall'edificazione e dalle infrastrutture.

Nelle operazioni di mappatura la rappresentazione spaziale dell'indice di densità sull'impermeabilizzazione non si è basata su una logica binaria, ma sulla gradazione reale della superficie degli elementi geografici minimi di supporto.

La catalogazione di elementi spaziali, l'elaborazione e il monitoraggio dei dati hanno reso possibile perimetrare le aree "libere", intese come quelle parti del territorio non inficiate dal consumo di suolo, non tutelate e non vincolate dai piani sovraordinati a quello comunale, così da prevedere la possibile futura espansione urbana.

La prospettiva di realizzare uno *Spatial Decision Support System*, consentirà di costruire le politiche alternative di risparmio di suolo; il livello di precisione dell'analisi varia in funzione del punto di equilibrio che viene trovato tra comunicazione *expert oriented* e comunicazione sociale del problema, sottolineando l'impossibilità di ritenerli strumenti sufficienti per lo studio e la valutazione delle alternative.

1. Definizione dell'ambito di riferimento: il consumo di suolo

Oggi, in Italia, l'intensità e la continuità dei processi di consumo di suolo impongono la necessità di un intervento articolato ed efficace, sia di livello legislativo, statale e regionale, sia nella ridefinizione mirata di contenuti e strategie degli strumenti di governo del territorio a scala locale e territoriale.

In particolar modo, **il consumo di suolo**, inteso come la perdita definitiva di una o più delle funzioni che il suolo svolge nell'ecosistema e nella regolazione dell'equilibrio tra capitale naturale e attività antropiche, induce a riflettere sulla necessità di acquisire una metodologia di analisi che metta a sistema le n-dimensioni influenzate da questo fenomeno.

Oltre una questione quantitativa, il consumo di suolo è anche una questione distributiva. La domanda crescente di suoli disponibili è imputabile allo sviluppo delle aree urbane ed alle relative infrastrutture (Rapporto CRCS, 2010); non solo si costruisce tanto ma anche al di fuori dei centri abitati, erodendo quel territorio agricolo che è fondamentale per garantire la produzione di cibo ma anche per regolare il clima e il ciclo dell'acqua (Pileri 2007); tanto che lo sfruttamento e la continua sottrazione di suolo dai contesti tipicamente naturali e rurali, sta determinando cambiamenti radicali non solo per l'ecosistema e per l'ambiente, ma anche per il paesaggio, urbano ed agrario.

Tale problematica è una conseguenza diretta dell'impermeabilizzazione, ovvero la sigillatura del suolo, la separazione fisica della pedosfera dagli altri comparti ambientali. Questa "membrana" ha l'effetto di ostacolare il passaggio di acqua, aria e sostanze organiche, e in generale comporta l'alterazione definitiva delle normali funzioni chimiche, fisiche e biologiche del suolo.

L'efficacia di qualsiasi politica di contenimento delle trasformazioni d'uso che determinano degrado e/o perdita dei suoli può essere valutata e monitorata solo se basata su una disponibilità di dati di uso e copertura dei suoli che siano aggiornati, confrontabili e scalabili ai diversi livelli entro cui operano le scelte di governo territoriale (Rapporto CRCS 2009).

Purtroppo, non sono disponibili dati omogenei e attendibili su tutto il territorio nazionale. Con i dati oggi a disposizione può essere effettuata una valutazione del consumo di suolo attraverso la foto-interpretazione e la classificazione di immagini satellitari incrociata ai dati provenienti da indagini censuarie o da statistiche socio-economiche.

Ciò nonostante, gran parte delle basi di dati utilizzate per valutare tale fenomeno nascono per rispondere a esigenze specifiche aventi la necessità di definire alcuni sistemi di classificazione, come il *Rapporto Land Cover vs. Land Use*, poco adatti a fornire uno scenario completo, contraddistinto da omogeneità,





accuratezza tematica e unità di rilevazione. Per cui, la misurazione dell'uso del suolo va compiuta con la consapevolezza dello scopo finale e di chi sia l'utilizzatore dei dati.

2. Verso la costruzione di un modello di analisi quantitativa e distributiva del fenomeno

Trasformare un'area "consumata", con l'intento di ripristinare lo stato dei suoli, innovare la città e salvaguardare l'ambiente ed il paesaggio, è un'azione complessa, forse perché, ad oggi, ancora pochi sono gli studi e i centri di ricerca finalizzati a mettere a punto metodologie in grado di supportare la scelta degli interventi da realizzare nei progetti di rigenerazione urbana.

Lo schema di riferimento per la costruzione del modello di analisi quantitativa e distributiva è stato quello utilizzato dal *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* di Torino (provincia.torino.it), uno dei pochi piani provinciali a carattere prescrittivo.

Il Piano si serve di un sistema di norme rivolte a recuperare e riutilizzare il patrimonio edilizio esistente e contemporaneamente a penalizzare i Comuni che hanno consumato più suolo negli anni passati assumendo il principio che il suolo "libero" ha un alto valore ed è pertanto inedificabile.

Il modello di densità proposto dal PTCP per classificare le aree in "dense", "di transizione" e "libere", è caratterizzato dalle seguenti fasi:

1. acquisizione dell'impronta vettoriale dell'urbanizzato;
2. conversione dell'immagine da vettoriale a raster, a cui associare una matrice quadrata;
3. calcolo dell'indice di densità e attribuzione del codice binario 0-1 per ogni cella;
4. calcolo del valore medio degli indici da attribuire a ciascuna finestra (operazione di *smoothing*) circoscrivendo un'area buffer.

Le **aree dense** sono costituite dalle porzioni di territorio urbanizzato aventi un impianto urbanistico significativo, ovvero caratterizzate da un indice di copertura elevato.

Le **aree di transizione** sono caratterizzate da porzioni di territorio di limitata estensione con un indice di copertura medio.

Le **aree libere** si contraddistinguono per la prevalente funzione agricola, per la presenza di insediamenti minori o sparsi, generalmente esterne al tessuto densificato e aventi un indice di copertura basso.

L'obiettivo della tecnica *smoothing* è quello di fornire un'idea sulla variazione della densità tra due aree limitrofe, mediante una compensazione tra il valore esatto e il valore medio (Castiglioni et al. 2011). Per l'applicazione si utilizza una finestra simmetrica centrata sul punto di interesse, che può essere circolare o quadrata, ipotizzando implicitamente una condizione di isotropia.

Questa applicazione ha raggiunto nel caso di Torino le finalità per le quali è stata concepita, tuttavia, se trasposta ad un nuovo contesto urbano, presenta alcuni limiti. Il modello non fornisce una stima dell'errore e si applica su superfici piane; non tiene conto della volumetria dell'edificato, la quale produce un consumo di suolo dipendente da più fattori indotti come la pressione antropica e la superficie destinata al rispetto degli standard urbanistici, in più lo stato della vegetazione non viene né approfondito né valutato. Inoltre, non vi è univocità nella dimensione della maglia da utilizzare ed anche il perimetro dell'area buffer che smorzi il valore esatto in maniera graduale, non è definito.

Per le ragioni suddette, è stata condotta un'analisi rivolta a calcolare l'indice di densità della perdita di suolo naturale cioè della superficie urbanizzata, basata non su una logica binaria (0-1) ma sulla gradazione reale della superficie degli elementi geografici minimi di supporto.

È opportuno precisare che per **superficie urbanizzata** si intende la somma della superficie edificata e della superficie occupata dall'infrastruttura per la viabilità, per **indice di densità** si intende il rapporto tra la superficie urbanizzata e la superficie della cella, scelta pari ad un quadrato di lato 50m.

Infine, oltre alla quantificazione del consumo di suolo, l'analisi evidenzia la distribuzione della densità del suolo consumato; in particolar modo si nota come la componente infrastrutturale sia quella che incide maggiormente sul territorio e come il rispetto delle aree tutelate e soprattutto vincolate possa ridurre notevolmente il consumo di suolo "vergine".

In sintesi, questa metodologia si propone come un primo contributo all'approfondimento degli elementi da individuare all'interno di un'area e delle condizioni da valutare nel contesto, per tracciare le possibili azioni di trasformazione in grado di innescare dei processi di mitigazione della problematica e riqualificazione del territorio più ampi.





3. Applicazione del modello

L'introduzione al caso di studio consiste nella scelta della Provincia "Campione" da osservare, analizzare e sul quale si è elaborata una mappa territoriale che consente facilmente di codificare l'uso del suolo. Il caso studio selezionato per la fase di test è la **provincia di Bari** della regione Puglia.

Il percorso metodologico, per grandi linee, si articola nel modo seguente:

- I. analisi approfondita delle aree interessate dal consumo di suolo;
- II. individuazione e caratterizzazione della superficie urbanizzata;
- III. elaborazione di una mappatura dell'uso del suolo rispetto all'indice di densità;
- IV. sovrapposizione del livello dei vincoli e delle tutele;
- V. classificazione.

La prima fase della ricerca consiste nel focalizzare le aree interessate da questo fenomeno. Gli elementi investigati sono stati:

- **Viabilità urbana:** il cui maggiore fattore strutturale è legato ai cambiamenti della morfologia urbana e alle modifiche dell'intero sistema urbano. Rientrano in questo ambito: le strade e le infrastrutture annesse, i sistemi di trasporto pubblico e privato, la mobilità delle persone e delle merci ed i parcheggi.
- **Agricoltura:** si considerano appartenenti a questo ambito tutti i suoli agricoli coltivati e non, le aree destinate a verde, i parchi urbani, i corridoi ecologici.
- **Paesaggio (vincoli e tutele):** "il paesaggio rappresenta un elemento chiave del benessere individuale e sociale, e la sua salvaguardia, la sua gestione e la sua pianificazione comportano diritti e responsabilità per ciascun individuo" (*Convenzione Europea sul Paesaggio*, Firenze 2000). In questa categoria sono compresi tutti i beni architettonici, storici, culturali e paesaggistici vincolati dalla legge, le zone di protezione speciale e i siti di interesse comunitario, i parchi nazionali e le *Important Birds Areas*.
- **Residenze e servizi annessi:** si indaga lo *sprawl* urbano ovvero la crescita disordinata e rapida della città soprattutto nelle zone periferiche, il mercato dell'edilizia residenziale e delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria in nuove aree di espansione.
- **Terziario:** costituito dalla presenza di aree industriali e/o commerciali dismesse o sottoutilizzate, dalla quantità di mq occupati dai centri commerciali, dalle infrastrutture turistiche.

Per indagare l'assetto del territorio in ognuno di questi ambiti, si è ritenuto opportuno condurre questo studio attraverso l'interpretazione e le elaborazioni della Carta Tecnica e della Carta di Uso del Suolo della Regione Puglia, cartografie georeferenziate disponibili sul portale SIT-Puglia (www.sit.puglia.it), dalle quali è possibile individuare tutte le caratteristiche tecniche, fisiche e ambientali del territorio in questione.

La seconda fase è costituita dall'elaborazione dei dati, finalizzata a calcolare:

- **Superficie urbanizzata:** data dalla somma della superficie edificata e della superficie per la viabilità, qualsiasi superficie antropizzata non classificabile come suolo agricolo o naturale;
- **Superficie permeabile:** ogni superficie, sgombra da costruzioni sopra o sotto il suolo, in grado di garantire l'assorbimento delle acque e in grado di favorire la produttività del suolo;
- **Superficie impermeabile:** ogni superficie cementificata, utilizzata e ricoperta da qualsiasi tipo di struttura;
- **Superficie tutelata:** un luogo pubblico o privato di grande interesse naturalistico, storico o artistico che lo Stato, o un altro ente o associazione, protegge allo scopo di impedire che venga rovinato o distrutto;
- **Superficie vincolata:** ogni zona in cui l'inserimento di opere edilizie e infrastrutture risulta vincolato ad un parere sovraordinato, rendendo il più possibile compatibili le attività dell'uomo con la bellezza e il pregio di questi posti.

L'output è una "mappatura dello stato del suolo", che consiste nella suddivisione del territorio comunale in n particelle utilizzando un'apposita matrice (50m). Data la difficile quantificazione, l'obiettivo della "mappatura" consiste nella catalogazione e monitoraggio dei dati; in questo modo i dati possono essere utilizzati anche in altri contesti con lo stesso metodo semplice, ordinato e univoco e quindi si possono confrontare le diverse situazioni con le mappe della densità dei vari comuni (fig.1).





Figura 1. Mappatura della superficie urbanizzata (Comune di Ceglie del Campo).

Per proseguire l'analisi rispetto allo stato di fatto del "suolo consumato" si investiga nello specifico sulla densità territoriale, ritenuta in letteratura la principale causa del consumo di suolo.

Il modello analitico sperimentato per la classificazione delle aree in "dense", "di transizione" e "libere" rinvie dalla *best-practice* torinese, per quanto afferisce al PTCP (II edizione), costruito sulla misura esatta della superficie urbanizzata, data dalla superficie occupata dal tessuto edificato e dalla rete infrastrutturale, ricadente in una particella e di conseguenza sulla media dei valori attribuiti ad ogni cella dell'area buffer, pari a 150 m. Dunque, l'**indice di densità dell'impermeabilizzazione** è dato dal rapporto tra l'area urbanizzata e l'area della cella (fig.2).

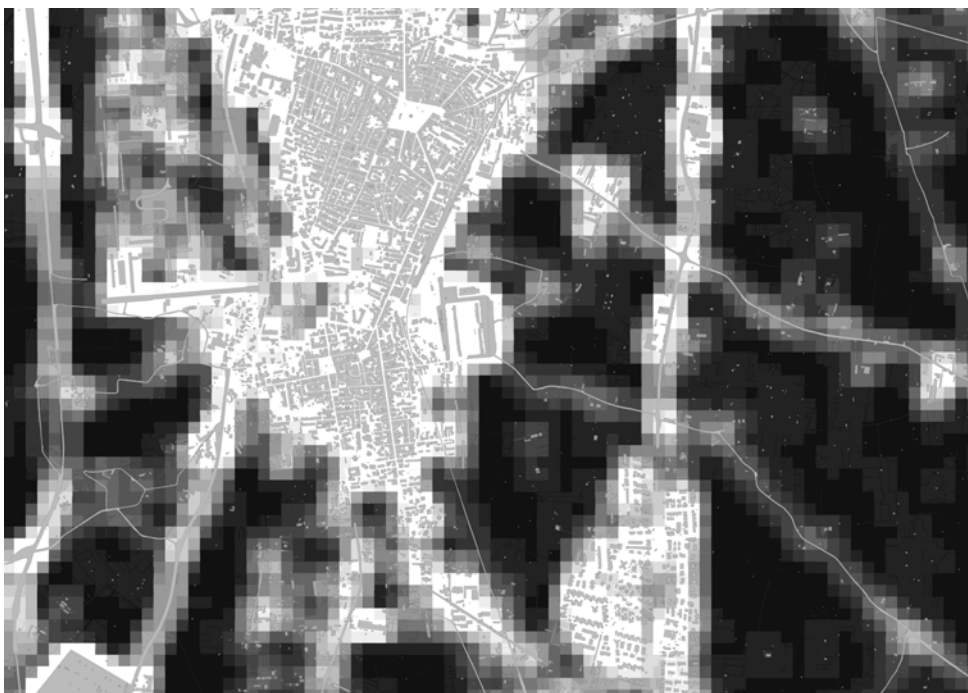


Figura 2. *Smoothing* della distribuzione dell'indice di densità (Comune di Ceglie del Campo).





Infine, la cartografia elaborata con la tecnica *smoothing* rispetto all'indice di densità, che esprime la quantificazione del consumo di suolo, è stata incrociata con il livello dei vincoli e il livello delle tutele (costituite dal *Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia*), da cui emerge la distribuzione sul territorio delle aree precedentemente classificate per delineare le aree effettivamente "libere" e "di transizione" rispetto alle quali muovere proposte di pianificazione urbanistica (fig.3).

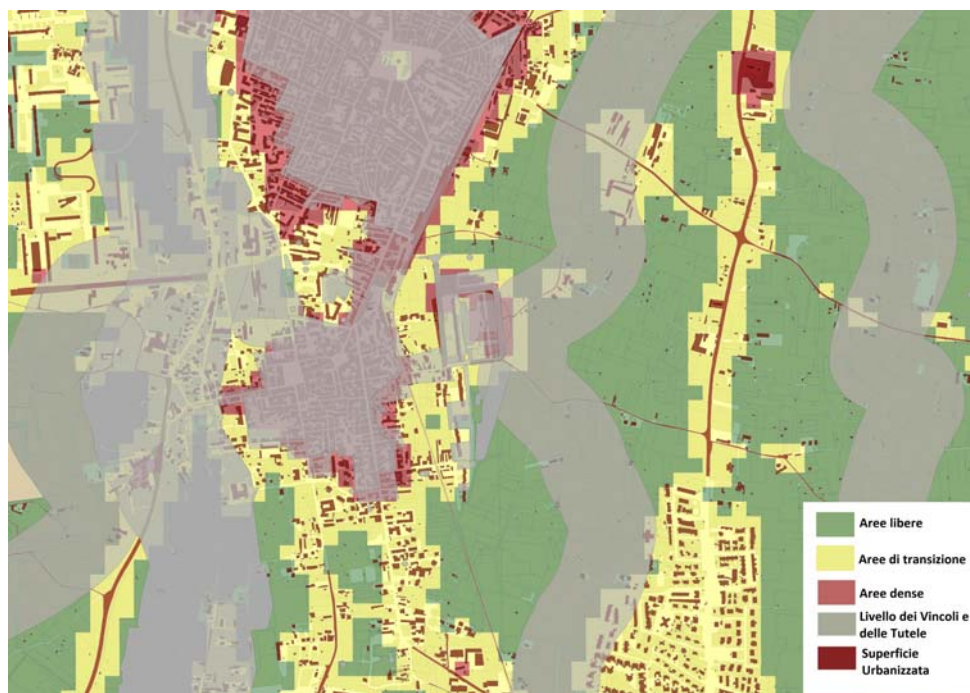


Figura 3. Classificazione delle aree rispetto al livello dei vincoli e delle tutele (Comune di Ceglie del Campo).

4. Tempi di monitoraggio dei dati

Il presente studio si è maturato nell'ambito dell'Osservatorio sul risparmio di suolo, uno dei "progetti pilota" del Laboratorio MITO del Politecnico di Bari, avviato a settembre 2014.

La ricerca, a partire da precedenti sperimentazioni inerenti l'analisi del consumo di suolo, si inserisce in un filone che l'Osservatorio intende proseguire, oltre la chiusura del progetto prevista nel 2015.

L'analisi è stata espletata attraverso l'utilizzo del software ArcGIS, per le potenzialità che offre un Sistema Informativo Territoriale. Il GIS rappresenta un'innovazione epocale per la pianificazione urbanistica nella gestione e nella produzione cartografica (Borrough 1986).

Difatti, con questo modello si intende studiare e realizzare uno *Spatial Decision Support System* che contenga una legenda strutturata in modo gerarchico, con la finalità di sostenere la pianificazione territoriale a vari livelli, in funzione delle caratteristiche specifiche di ciascuna area di applicazione.

5. Stato di avanzamento lavori

La ricerca basata sulla misura del consumo di suolo è in corso d'opera. Si ritiene di aver raggiunto notevoli traguardi in seguito a questa sperimentazione, tuttavia sviluppando il modello si nota che il valore massimo ottenuto dallo *smoothing* si basa sulla dimensione dell'intorno; inoltre, la scala di valori si riflette sulla scelta degli intervalli, per cui la classificazione deve necessariamente essere sottoposta ad una analisi preliminare.

Pertanto, la prospettiva della ricerca si prefigge di associare ulteriori elaborazioni preparatorie per la fase di classificazione delle aree e di approfondire le indagini rispetto alla mappatura, affinché si possa non solo quantificare il consumo di suolo ma anche qualificarne gli usi.





6. Conclusioni

L'attenzione all'ambiente, alla politica ecologica e ai valori del paesaggio è da considerarsi l'opzione prioritaria rispetto ad ogni altra politica e in particolare a quelle economiche e territoriali: è sul territorio che si svolge pressoché totalmente l'attività umana dalla quale provengono le interazioni con l'ambiente, che mettono spesso a rischio i suoi fragili equilibri.

Risulta evidente che la pianificazione dell'uso del suolo e dell'organizzazione delle azioni che su di esso si svolgono, se si fa carico di valutazioni ambientali divenga uno strumento regolatore fondamentale per la salvaguardia della intera sfera ecologica.

L'integrazione tra il GIS e i diversi metodi di valutazione (Malczewski 1999), costituisce un supporto fondamentale in quanto permette di catalizzare i processi metodologici e di ripetere le operazioni per tutto il territorio in qualsivoglia istante, costituendo una risorsa importante nella costruzione di uno *Spatial Decision Support System*, nel quale la varietà dell'informazione territoriale, determinata da elementi sociali, economici e ambientali, può essere facilmente combinata con le differenti alternative di uso del territorio.

Le parole chiave sono divenute: partecipazione, negoziazione, redistribuzione, costruzione del consenso, risoluzione dei conflitti (Couclelis 1991). In questo senso, la possibilità di realizzare, con il supporto delle moderne tecnologie, nuovi approcci alla valutazione, consente di costruire una pianificazione *aperta* (Nedović-Budić 2000) a diversi punti di vista ed *inclusiva*.

Ringraziamenti

Gli autori sono grati al gruppo di lavoro del progetto MITO (Multimedia Information for Territorial Objects) del Politecnico di Bari; in particolar modo, si ringraziano: Pasquale Balena, i collaboratori dell'Osservatorio del risparmio di suolo e i consulenti tecnico-scientifici della società REDO.

Riferimenti

- Arcidiacono, A., Di Simine, D., Oliva, F., Pareglio, S., Pileri, P. e Salata, S. (2009, 2010). *Rapporto sul Consumo di suolo*, Centro di Ricerca sul Consumo di Suolo, (a cura di) INU Legambiente, Dipartimento di Architettura e Pianificazione del Politecnico di Milano, Fondazione Cariplo.
- Borrough, P.A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Clarendon Press, Oxford, UK, p. 194.
- Castiglioni, S., Castellarin, A., Montanari, A., Skoien, J.O., Laaha, G. and Blosch, G. (2011). Smooth regional estimation of low-flow indices: physiographical space based Interpolation and top-kriging, *Hydrology and Earth System Sciences*.
- Craglia, M. and Wise, S. (2007). GIS and Evidence- Based Policy Making, *Innovations in GIS*, CRC Press Inc.
- Couclelis, H. (1991). Requirements for planning-relevant GIS: a spatial perspective, *Regional Science*, 70, n. 1, pp. 9-20.
- Krige, D.G. (1984). Geostatistics and the definition of uncertainty, *Inst. Min. Met. Trans.*, 93-A, pp. A41-47.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley, ISBN9780471329442, NewYork, USA.
- Nedović-Budić, Z. (2000). Geographic information science implications for urban and regional planning, *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, 12, n. 2, pp. 81-93.
- Pileri, P. (2007). *Compensazione ecologica preventiva*, Carocci, Roma.

