

# La modellazione statistica della dispersione urbana nell'area metropolitana di Bologna

Massimo Ventrucchi (massimo.ventrucchi@unibo.it)

Daniela Cocchi

Marian Scott

Linda Altieri

Giovanna Pezzi

*Dipartimento di Scienze Statistiche, Università di Bologna*

*Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna*

*School of Mathematics and Statistics, University of Glasgow*

19 Maggio 2014, Bologna



# Contenuti

La dispersione urbana

2 temi di ricerca

I dati di uso del suolo

Risultati

Conclusioni e progetti futuri

## La dispersione urbana: definizione Environmental European Agency

- “Urban sprawl is commonly used to describe physically expanding urban areas. The European Environment Agency (EEA) has described sprawl as the physical pattern of low-density expansion of large urban areas, under market conditions, mainly into the surrounding agricultural areas. Sprawl is the leading edge of urban growth and implies little planning control of land subdivision. Development is patchy, scattered and strung out, with a tendency for discontinuity. It leap-frogs over areas, leaving agricultural enclaves. Sprawling cities are the opposite of compact cities - full of empty spaces that indicate the inefficiencies in development and highlight the consequences of uncontrolled growth”.

(Urban sprawl in Europe - The ignored challenge (2006),

[http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2006\\_10](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10) )

## La dispersione urbana: definizione Environmental European Agency

- Cause della dispersione urbana sono fattori socio-economici:
  - incremento demografico
  - il desiderio di nuovi stili di vita in ambienti rurali o semi-rurali
  - lo sviluppo infrastrutturale (reti stradali e ferroviarie), che permette una maggiore mobilità da parte delle persone e, soprattutto, favorisce la possibilità di vivere in un luogo e lavorare in un altro
  - l'applicazione di politiche di pianificazione di uso del suolo (su scala locale, regionale o nazionale), o talvolta la mancanza di pianificazione
- Conseguenze della dispersione urbana
  - impatto ambientale (impermeabilizzazione di suolo, perdita di biodiversità, inquinamento atmosferico)
  - costi per la comunità (aumentano i costi energetici e infrastrutturali)

## Il rammendo delle periferie

- “La prima cosa da fare è non costruire nuove periferie. Bisogna che le periferie diventino città ma senza ampliarsi a macchia d’olio, bisogna cucirle e fertilizzarle con delle strutture pubbliche. Si deve mettere un limite alla crescita anche perché diventa economicamente insostenibile portare i trasporti pubblici e raccogliere la spazzatura sempre più lontano. Oggi la crescita anziché esplosiva deve essere implosiva, bisogna completare le ex aree industriali, militari o ferroviarie, c’è un sacco di spazio disponibile. Parlo d’intensificare la città, di costruire sul costruito. In questo senso è importante una green belt come la chiamano gli inglesi, una cintura verde che definisca con chiarezza il confine invalicabile tra la città e la campagna.”

Il Rammendo delle periferie (Renzo Piano, Il Sole 24 ore, 26 gennaio 2013)

## 2 temi di ricerca

### 1. Misurare la dispersione urbana

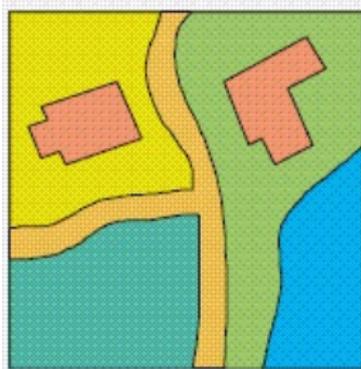
- studiare indicatori utili a quantificare la quantità di urbanizzazione e la compattezza/discontinuità dell'agglomerato urbano
- studiare metodi semplici per il confronto dei livelli di dispersione urbana di diversi comuni e/o unioni di comuni.

### 2. Investigare il trend spaziale e temporale dell'uso del suolo urbano residenziale

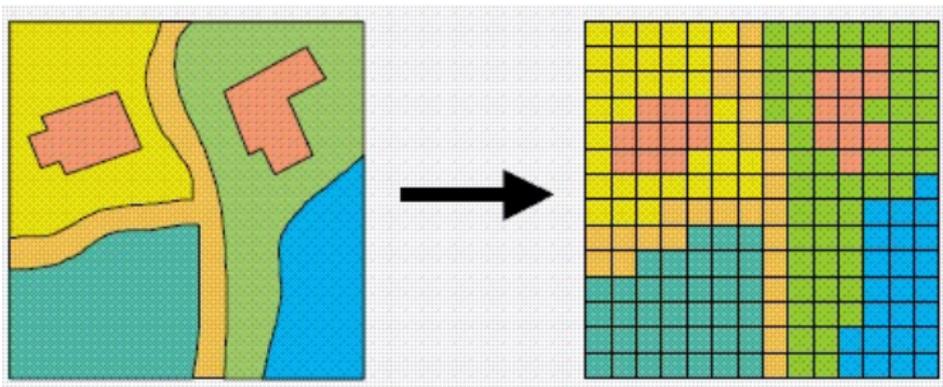
- Localizzare le zone ad alta e bassa urbanizzazione residenziale.
- Cofrontare presente (2008) e passato (1976) per individuare le aree maggiormente sfruttate (per costruire urbano residenziale) negli ultimi 40 anni.
- Stimare il confine fra *città* e *campagna*. Ha senso parlare di confine di una città? Se sì, vogliamo dei metodi per stimare la locazione di tale confine sulla base dei dati di uso del suolo.

## Le mappe dell'uso del suolo: il formato

### Vettoriale



### Raster



**Figure:** A sinistra un esempio di dati vettoriali che producono mappe di poligoni. A destra un esempio di dati raster ovvero una mappa di pixel.

## L'operazione di rasterizzazione: da una foto a un dataset.

- Mappe vettoriali di uso del suolo sono ricavate da fotografie aeree (o strumenti di remote sensing). Una mappa in formato vettoriale è suddivisa in poligoni, ognuno riferito ad una classe di uso del suolo. L'informazione spaziale è molto precisa, ma le elaborazioni di tali dati sono molto costose in termini computazionali.
- L'operazione di rasterizzazione consiste nel suddividere la superficie in quadrati di dimensione fissa, a ciascuno dei quali viene assegnata una e una sola categoria di uso del suolo.
- Vantaggi dell'uso di dati raster: ogni quadratino diventa una unità statistica, possiamo calcolare velocemente indicatori statistici.
- Svantaggi dell'uso dei dati raster: la rasterizzazione restituisce una rappresentazione semplificata del pattern urbano.

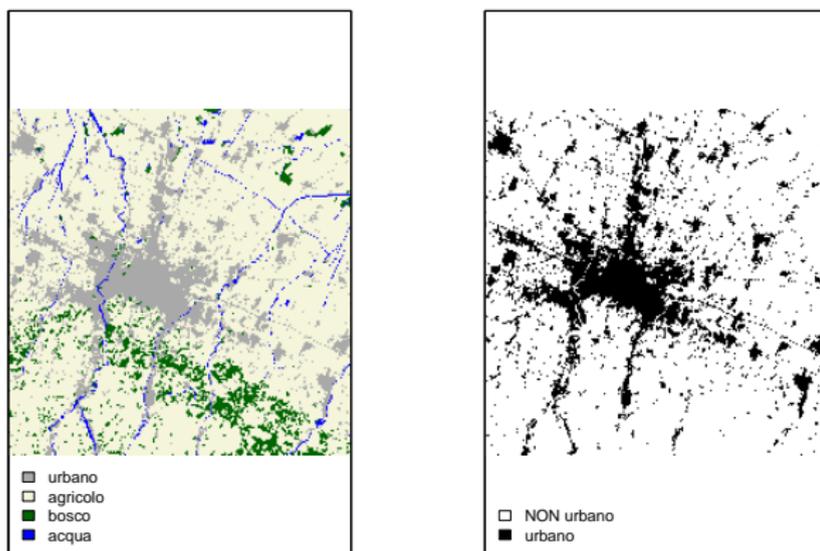
## Dati di uso del suolo per l'area di Bologna

- Dati EEA sulle *Urban Morphological Zones* (UMZ). Mappa raster *binaria* ad alta risoluzione (pixel area  $100\text{ m}^2$ ) e ad amplissima copertura territoriale (circa tutta Europa). Le UMZ derivano dalla rasterizzazione di poligoni classificati secondo lo standard europeo CORINE (44 categorie di uso del suolo). I limiti delle UMZ:
  - Abbiamo solo pixel urbani (nero) non urbani (bianco).
  - Le UMZ sono zone urbane compatte (es., non contengono aree urbane sparse)
- Archivio Cartografico dell'Emilia Romagna (E-R Geoportale):
  - Dati poligonali costruiti sulla base di ortofoto. Nella classificazione dei poligoni si usa lo standard CORINE, arricchito con un ulteriore livello di dettaglio (oltre 80 categorie di uso del suolo)

## Dati di uso del suolo: E-R Geoportale

- Abbiamo rasterizzato le mappe di uso del suolo di E-R Geoportale utilizzando una risoluzione comparabile a quella delle UMZ (pixel area  $170m^2$ ).
- Il risultato è una mappa raster di pixel urbani e non, che può essere utilizzata per analisi quantitative (es., calcolare indicatori di compattezza del pattern urbano, calcolare una stima della superficie di suolo urbano, ecc).
- Possiamo inoltre considerare i diversi tipi di urbano (residenziale, commerciale, industriale)

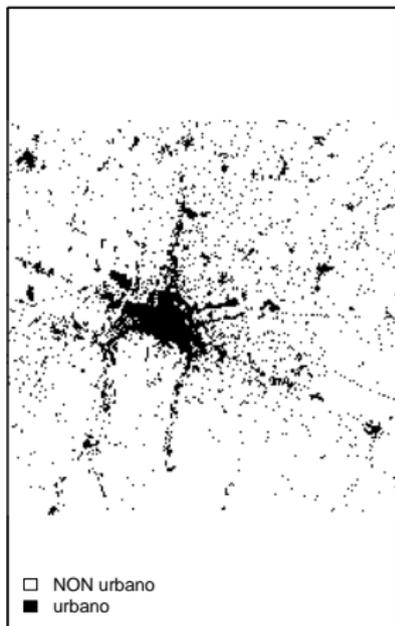
## Dati di uso del suolo: E-R Geoportale



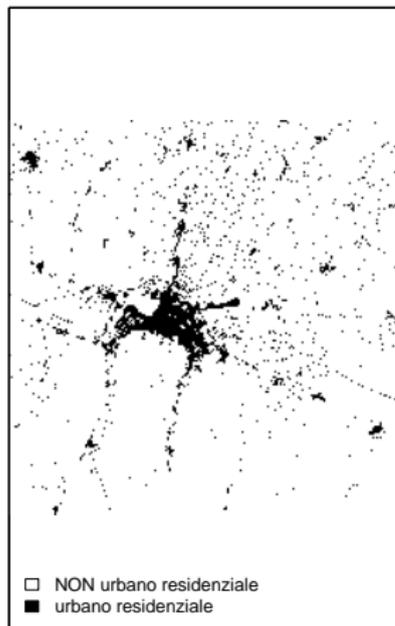
**Figure:** A sinistra i dati raster dell'archivio cartografico dell'Emilia Romagna, categorizzati nelle macroclassi specificate nello standard CORINE. A destra la versione raster binaria che si concentra su uso del suolo urbano o non urbano. I raster costruiti a partire dai dati Geoportale descrivono in maniera più accurata le variazioni di piccola scala del pattern urbano rispetto alle UMZ. L'area presa in esame si riferisce grosso modo alla cintura di bologna.

## Dati: uso del suolo urbano nel 1976

Urbano TOTALE



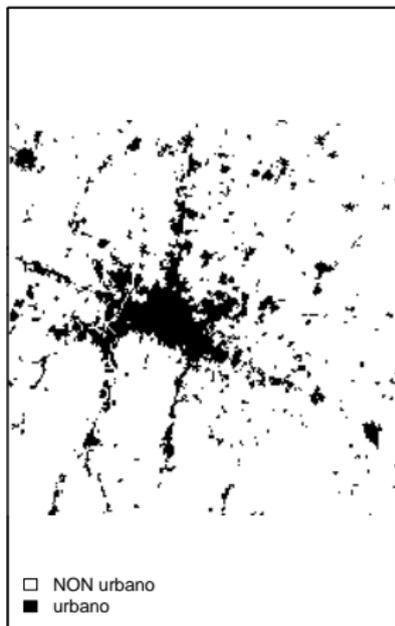
Urbano RESIDENZIALE



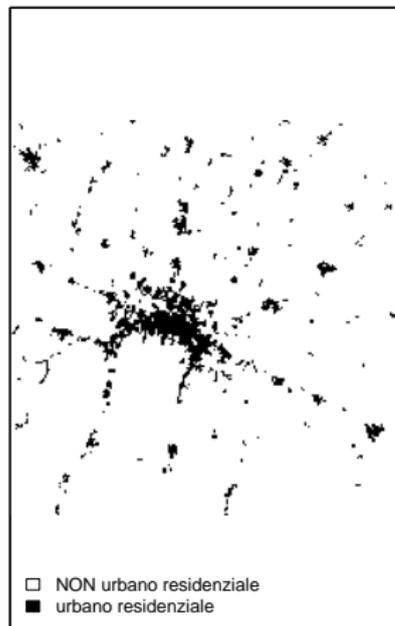
**Figure:** Il pattern dell'uso del suolo urbano totale (sinistra) e di tipo residenziale (destra) in un'area circostante Bologna di circa 1380 Km<sup>2</sup>.

## Dati: uso del suolo urbano nel 1994

Urbano TOTALE



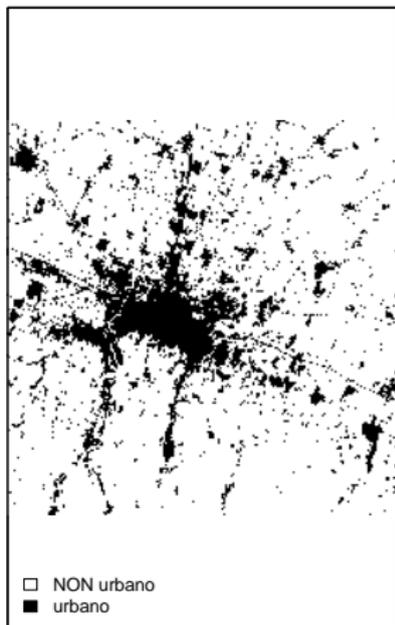
Urbano RESIDENZIALE



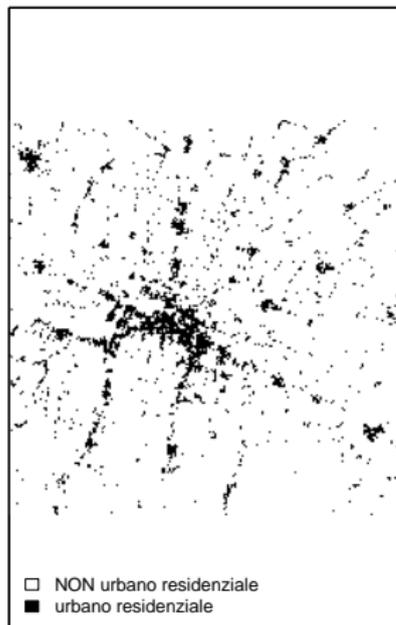
**Figure:** Il pattern dell'uso del suolo urbano totale (sinistra) e di tipo residenziale (destra) in un'area circostante Bologna di circa 1380 Km<sup>2</sup>.

## Dati: uso del suolo urbano nel 2003

Urbano TOTALE



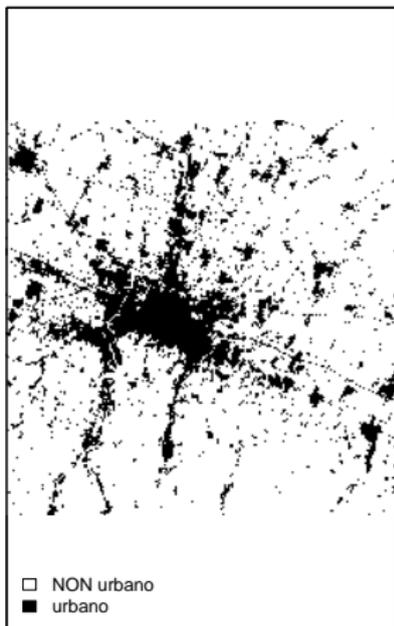
Urbano RESIDENZIALE



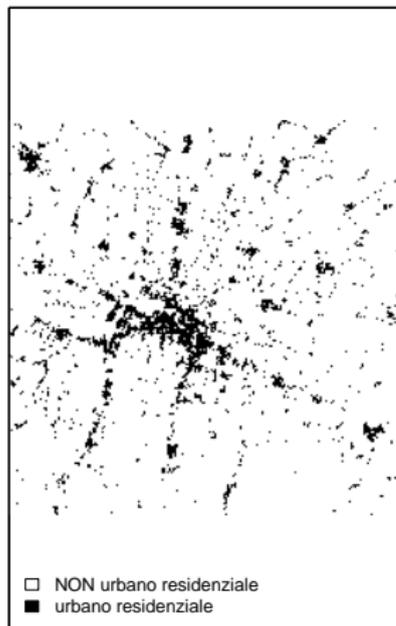
**Figure:** Il pattern dell'uso del suolo urbano totale (sinistra) e di tipo residenziale (destra) in un'area circostante Bologna di circa 1380 Km<sup>2</sup>.

## Dati: uso del suolo urbano nel 2008

Urbano TOTALE



Urbano RESIDENZIALE



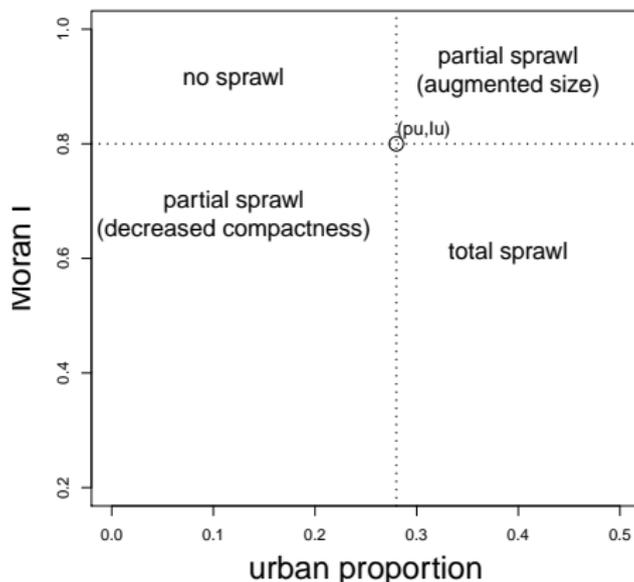
**Figure:** Il pattern dell'uso del suolo urbano totale (sinistra) e di tipo residenziale (destra) in un'area circostante Bologna di circa 1380  $Km^2$ .

# L'uso di indicatori statistici per la misura della dispersione urbana

## Urban Sprawl Scatterplot (USS)

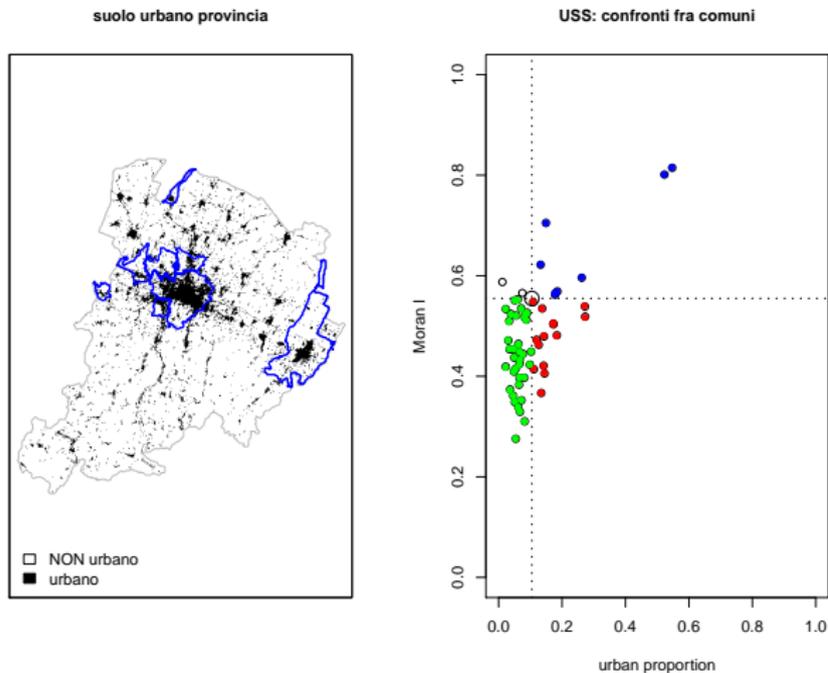
- in ascissa un indice della proporzione di suolo urbano
- in ordinata ascissa un indice della compattezza urbana (Indice di associazione spaziale di Moran)
- per ogni comune calcoliamo tali indicatori utilizzando le versioni raster delle mappe di E-R Geoportale
- Le proprietà degli indicatori utilizzati rendono possibile il confronto locale (e.g. comunale) con un riferimento globale (e.g. provincia)

## USS: l'identificazione di diversi *tipi* di urban sprawl



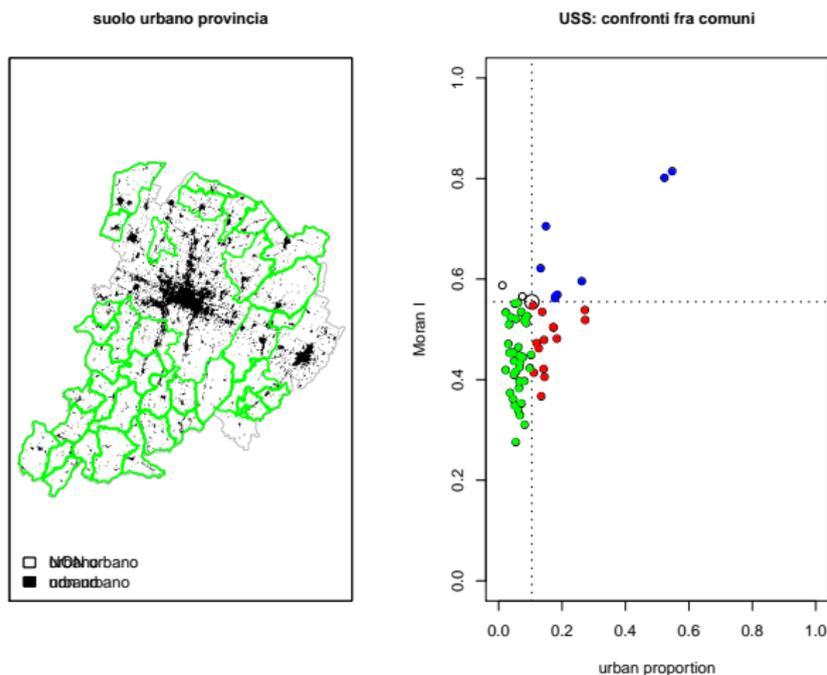
**Figure:** L'interpretazione dei quadranti individuati in corrispondenza della media provinciale (punto denominato  $(p_U, I_U)$ ). I comuni che ricadono nel quadrante *total sprawl* presentano sia un maggior grado di discontinuità spaziale che una maggiore proporzione di suolo urbano **rispetto alla media provinciale**.

## Applicazione USS: il confronto a livello comunale



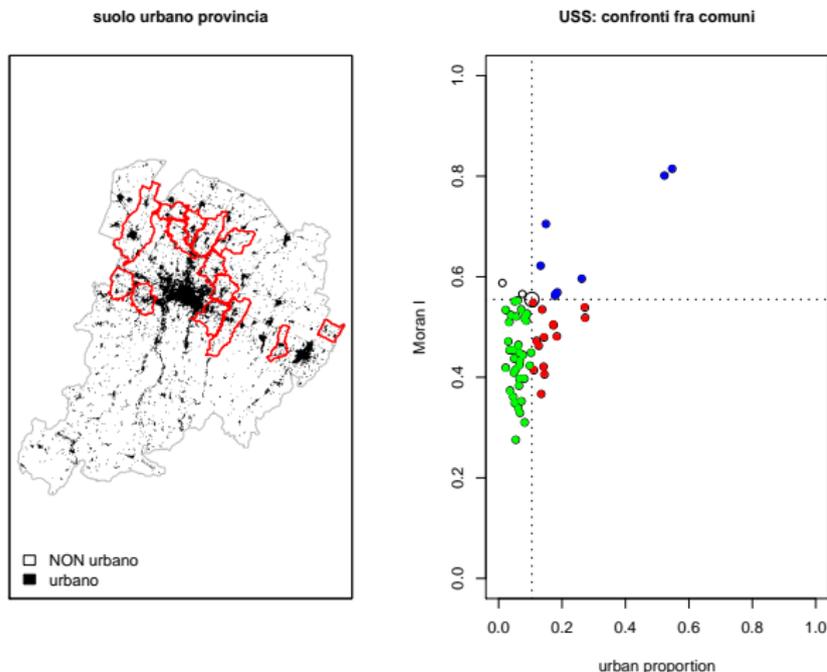
**Figure:** In blue i comuni che hanno una proporzione di suolo urbano maggiore della proporzione di suolo urbano media: Bologna, Imola, Pieve di Cento, Castel Maggiore, Calderara, Anzola, Casalecchio, Bazzano.

## Applicazione USS: il confronto a livello comunale



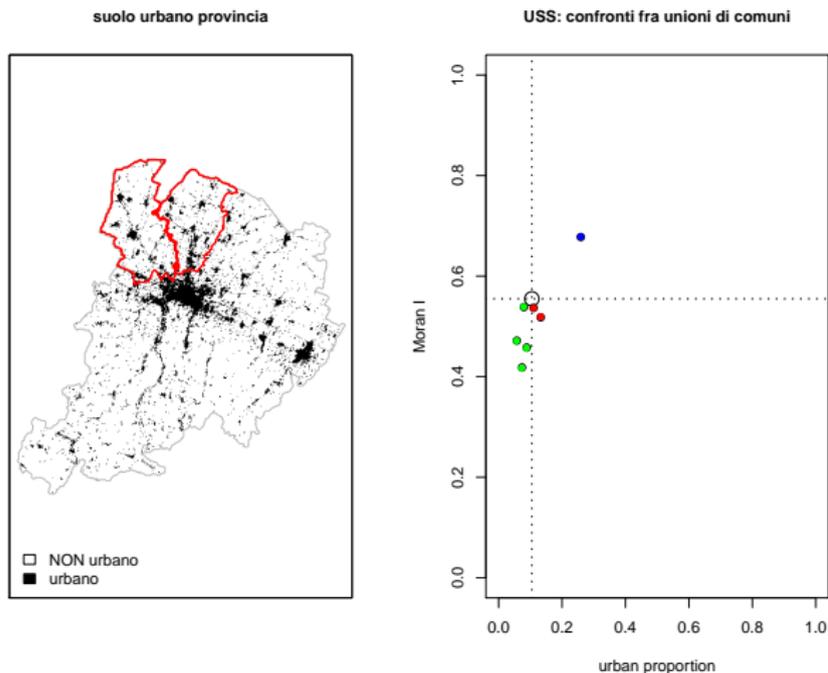
**Figure:** In verde i comuni che hanno un pattern urbano più discontinuo del pattern urbano su scala provinciale.

## Applicazione USS: il confronto a livello comunale



**Figure:** In rosso i comuni che presentano sia un pattern discontinuo nello spazio che un'elevata proporzione di suolo urbano: Mordano, Dozza, Ozzano, San Lazzaro, Castenaso, Granarolo, Minerbio, Bentivoglio, San Giorgio Piano, Argelato, Castello D'Argile, San Giovanni Persiceto.

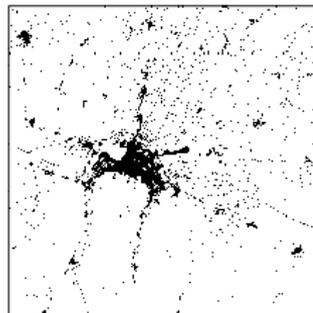
## Applicazione USS: il confronto a livello di UNIONI DI COMUNI



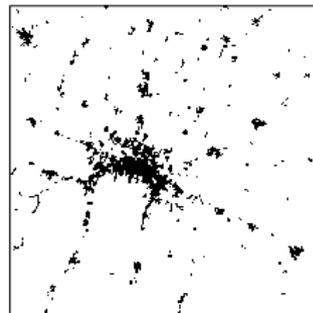
**Figure:** In rosso le unioni TERRE D'ACQUA e RENO GALLIERA che presentano sia un pattern discontinuo nello spazio che un'elevata proporzione di suolo urbano.

## La stima trend spaziali e temporali nei dati di uso di suolo urbano residenziale

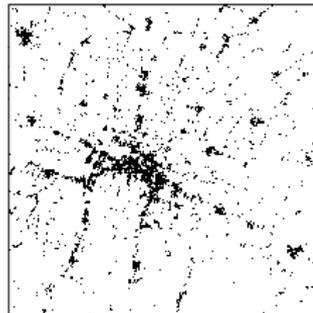
**1976**



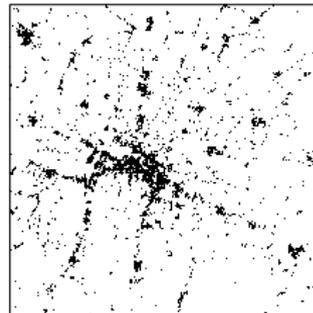
**1994**



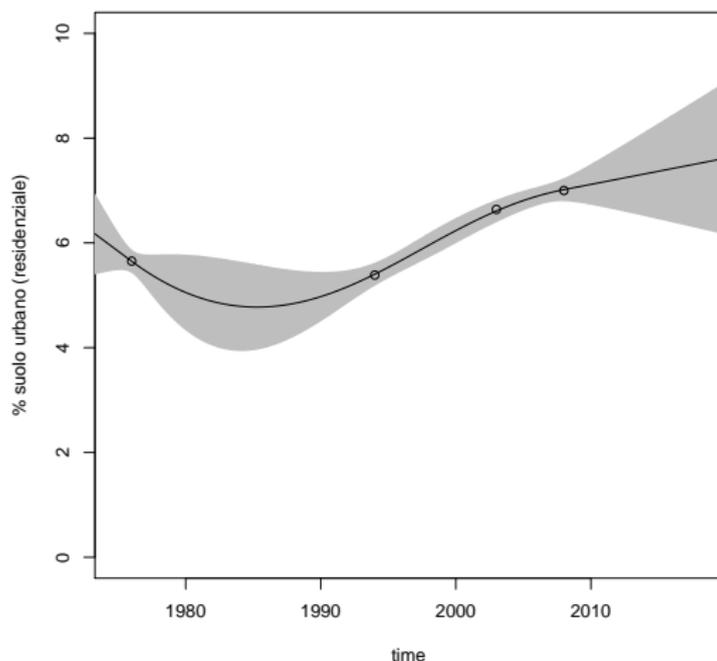
**2003**



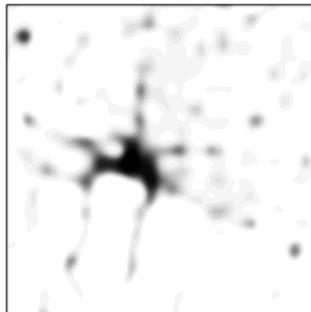
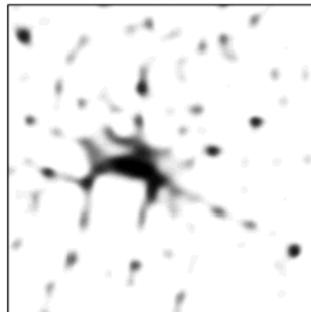
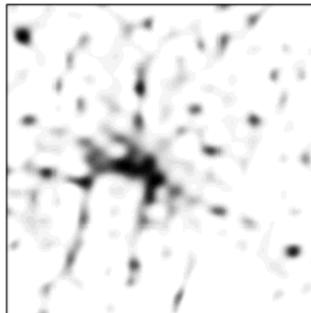
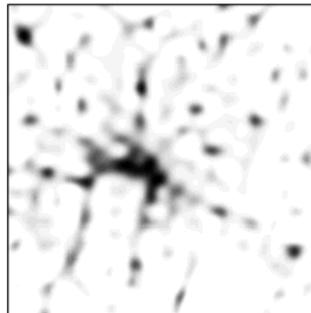
**2008**



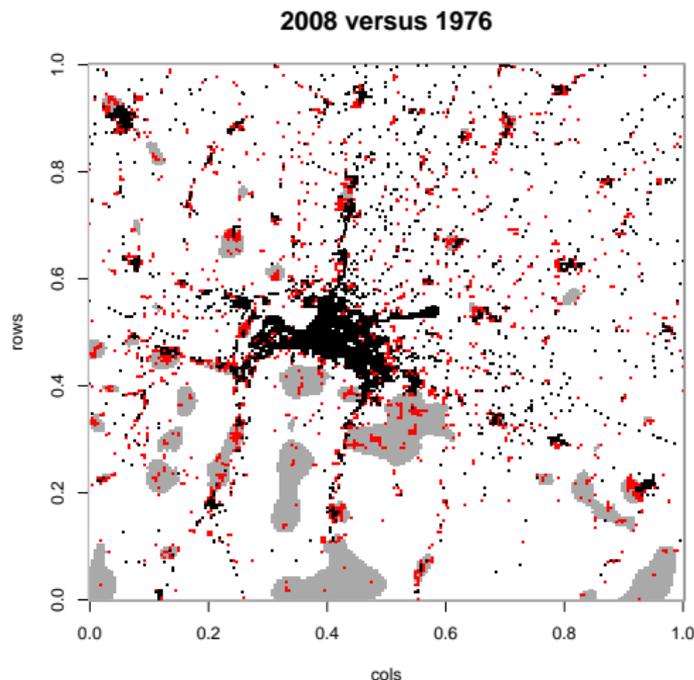
## Trend temporale: stima della copertura di suolo urbano residenziale (in % sul suolo totale) negli anni



## Trend spaziale: stima della superficie di probabilità (di presenza di suolo urbano residenziale)

**1976****1994****2003****2008**

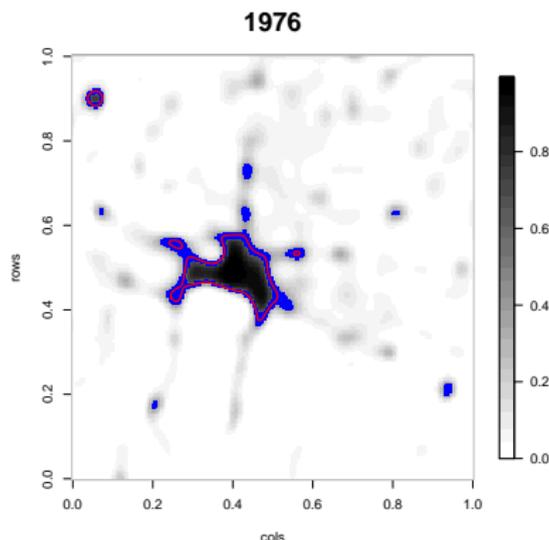
## Confronto presente e passato: le zone maggiormente sfruttate negli ultimi 40 anni per uso urbano residenziale



**Figure:** In grigio le zone sfruttate per uso di suolo urbano residenziale nell'arco di tempo fra il 1976 e il 2008. In nero l'urbano residenziale risalente 1976 e in rosso quello registrato nel 2008.

## Il *confine* della città: 1976

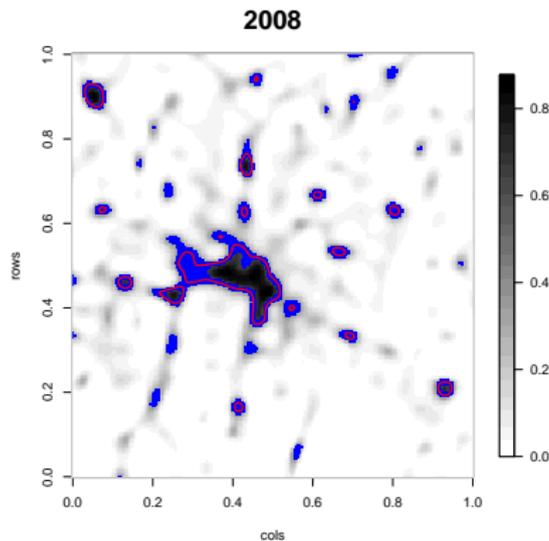
Possiamo di individuare le zone con una copertura di suolo urbano maggiore e minore di una certa soglia (es., 50%).



**Figure:** Confine stimato sulla base dei dati di uso di suolo urbano residenziale. Confine (linea rossa), area di incertezza del confine (area blu).

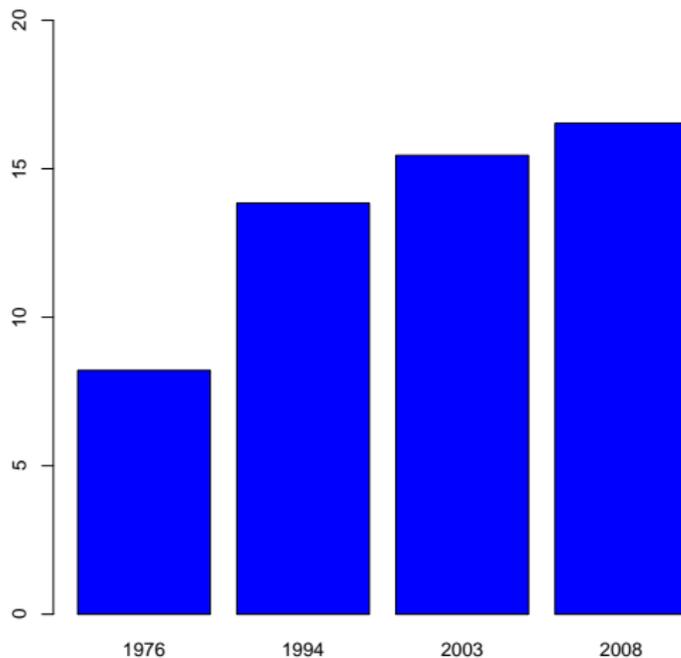
## Il *confine* della città: 2008

Possiamo di individuare le zone con una copertura di suolo urbano maggiore e minore ad una certa soglia (es., 50%).



**Figure:** Confine stimato sulla base dei dati di uso di suolo urbano residenziale. Confine (linea rossa), area di incertezza del confine (area blu).

## L'estensione delle aree di confine nei diversi anni



**Figure:** L'altezza delle barre indica l'estensione in  $Km^2$  delle aree di confine (banda blue nei grafici precedenti).

## Conclusioni

- La metodologia:
  - Modelli statistici avanzati permettono di individuare caratteristiche del fenomeno urbano (trend temporale e spaziale, cambiamenti e discontinuità nei trend) che altrimenti non sarebbero identificabili dalla semplice osservazione dei dati rilevati.
  - Gli output di un modello statistico producono stime di parametri d'interesse sul fenomeno (es., il trend temporale) e quantificano il livello d'incertezza di tali stime.
- Gli strumenti per l'analisi dei fenomeni urbani:
  - Fonti ufficiali: Mappe di uso del suolo (es., E-R Geoportale), dati di popolazione al livello di sezione di censimento.
  - Fonti non ufficiali: es., smartphone data (big data) per lo studio della mobilità dei cittadini/utenti di un'area metropolitana.

Grazie dell'attenzione, alcuni riferimenti bibliografici sono:

- Altieri L, Cocchi D, Pezzi G, Scott M, Ventrucci M (2014). **Urban sprawl scatterplots for Urban Morphological Zones data.** *Ecological Indicators*, vol. 36, pp 315-323 ISSN:1470-160X, doi: 10.1016/j.ecolind.2013.07.011, in press
- Ventrucci M, Cocchi D, Scott M (2013). **Bayesian P-spline models for land use raster datasets.** *Proceedings of the 28th International Workshop on Statistical Modelling, Palermo, July 8-12*, vol. 1, pp 435-440.