

FORMA URBANA E RETE STRADALE: UN MODELLO DESCRITTIVO PER LA
SIMULAZIONE DELL'URBANIZZAZIONE DISCONTINUA

Marco SALATINO¹

¹ Università della Calabria, via P. Bucci Cubo 46B, 87036, Rende CS

SOMMARIO

Il presente studio si propone di illustrare le potenzialità di un modello che descrive la distribuzione spaziale dell'urbanizzazione discontinua. L'approccio seguito è di tipo puramente morfologico. Tale approccio consente di affrontare la complessità urbana senza far riferimento alle variabili socio-economiche che la sottintendono ma basandosi unicamente sulla forma degli insediamenti e della rete stradale. Il nucleo del modello è costituito da una funzione logistica che fornisce, punto per punto, la probabilità di insorgenza di urbanizzato discontinuo. Tale funzione tiene conto della presenza di infrastrutture viarie e della distanza dall'urbanizzato compatto. Il modello è stato testato e calibrato su una porzione del territorio lombardo comprendente gran parte della provincia di Milano. La realizzazione del modello ha consentito infine di valutare, tra le variabili considerate, il ruolo che gioca ciascuna nella guida delle dinamiche spaziali di espansione urbana, in particolare la rete stradale.

1 INTRODUZIONE

La città cambia pelle continuamente. Muta e si espande, talvolta in maniera esplosiva, disseminando il territorio circostante di nuovi insediamenti. L'accrescimento segue regole che sfuggono ad una descrizione univoca e onnicomprensiva. Nel corso dei secoli, ogni ondata di nuova urbanizzazione ha generato una propria modalità originale di accrescimento, in un carosello di forme sempre nuove. L'urbanizzazione compatta attorno ai nuclei medievali

lungo tutta l'era moderna, la crescita regolare ottocentesca oltre le mura, l'espansione delle periferie industriali, i quartieri popolari di matrice razionalista, il boom edilizio del secondo dopoguerra fino alle forme irregolari e disperse del contemporaneo *sprawl*. Dalla città moderna compatta e continua, a quella post-moderna, dilatata e discontinua, dominata, per usare le parole di Secchi (2000) dalla figura del *frammento*. Modalità di accrescimento assai diverse tra loro eppure unite da un comune denominatore: il rapporto dinamico con le infrastrutture viarie. In ogni epoca e luogo la rete stradale ha accompagnato la crescita delle città, talvolta seguendone gli esiti, altrove anticipandone le forme e imprimendo la direzione di espansione da seguire. Essa rende il territorio permeabile all'attraversamento, trasforma lo spazio indifferenziato in un continuum anisotropo e relazionale. La strada collega, unisce, talvolta separa le diverse parti della città, si pensi alle sopraelevate ed ai viadotti, vere e proprie barriere urbanistiche. Il diverso grado di accessibilità segna il destino dei luoghi: dalle aree periferiche e marginali a quelle dislocate lungo le vie di grande comunicazione, lungo le quali sempre più spesso trovano posto i nuovi centri commerciali e gli insediamenti produttivi.

Il presente studio mira pertanto alla costruzione di un modello descrittivo dell'urbanizzazione dispersa che tenga conto della rete stradale, consentendo di misurare il modo in cui essa incide sul propagarsi dell'urbanizzazione discontinua.

Prima di procedere Alla descrizione del modello è necessario fare chiarezza sui termini utilizzati. Descrivere le trasformazioni urbane significa cercare di comprenderne le dinamiche. Per fare ciò si può ricorrere ai modelli. Un modello è una rappresentazione semplificata e maneggevole della realtà, una sorta di laboratorio virtuale in cui lo studioso può valutare le reazioni del sistema (output) a determinate perturbazioni esterne (input). Il modello costituisce spesso l'unica possibilità per testare la validità di una teoria. Chi può dirci se la realizzazione di una determinata opera produrrà un certo tipo di impatto sul territorio? L'osservazione empirica richiederebbe innanzitutto la realizzazione dell'opera, completata la quale occorrerebbe attendere anni o addirittura decenni prima di ricevere una risposta. Nella pianificazione territoriale i modelli possono pertanto costituire uno strumento di supporto alle decisioni, soprattutto quando si operano scelte di localizzazione su vasta scala. La fase di costruzione dei modelli serve invece agli studiosi per comprendere a fondo i meccanismi delle trasformazioni territoriali; durante il processo di implementazione possono ad esempio manifestarsi comportamenti tali da richiedere l'introduzione di nuove variabili e l'apporto di modifiche alle ipotesi su cui si fonda il modello. È questo il caso del modello in esame, appartenente alla schiera dei modelli di simulazione della crescita urbana.

È necessario spendere qualche parola a proposito dell'urbanizzazione discontinua alla quale fa riferimento il titolo. Con questa locuzione si intendono le forme più recenti di espansione urbana, che negli ultimi decenni hanno trasformato i comprensori rurali delle maggiori città del Paese in vere e proprie metropoli regionali. Per distinguerle dalle forme di urbanizzazione

del passato la comunità scientifica italiana ha coniato le espressioni *dispersione urbana* e *città diffusa* mentre altrove prevalgono i termini *périurbanisation*, *suburbanization* e soprattutto *sprawl*.

Nel presente testo si è scelto di utilizzare la locuzione *urbanizzazione discontinua* poiché in tal modo è possibile identificarle con le aree corrispondenti alla classe 112 della legenda di CORINE Land Cover. Per la precisione la legenda di questa cartografia fa riferimento ad “aree modellate artificialmente con tessuto urbano discontinuo” nelle quali “gli edifici, la viabilità e le superfici ricoperte artificialmente coprono dal 50 all’80% della superficie totale” (Centro Interregionale).

La somiglianza tra la dispersione urbana e le aree della classe 112 non è un’identità: la percentuale cui si fa riferimento nella legenda CORINE nulla dice sulla *densità*, che la comunità scientifica internazionale ritiene essere la variabile più significativa nella distinzione tra *sprawl*, periferia tradizionale e aree rurali. Inoltre la classe 112 di CORINE non comprende né “le abitazioni agricole sparse delle periferie delle città o nelle zone di coltura estensiva comprendente edifici adibiti a impianti di trasformazione e ricovero” né “le residenze secondarie disperse negli spazi naturali o agricoli” (Centro Interregionale).

Ritornando infine al modello, esso non ha la presunzione di competere con la più recente produzione modellistica mondiale, Americana soprattutto, che annovera modelli estesi e onnicomprensivi. UrbanSim, ad esempio, ha un’architettura modulare estremamente articolata la cui implementazione ha richiesto oltre 20 anni di lavoro e che comprende modelli demografici, macroeconomici, di stima della domanda di mobilità, per il calcolo dell’accessibilità, di stima del costo dei suoli e così via (Noth et al., 2003). D’altra parte il fine del presente lavoro, come affermato poc’anzi, consiste nel trasformare in modello la relazione tra rete stradale ed urbanizzazione discontinua, e non nel fornire un’interpretazione totalizzante della crescita urbana.

2 LA STRUTTURA DEL MODELLO

L’architettura del modello si ispira al criterio di parsimonia dei parametri, nella convinzione che nello studio del territorio non sia indispensabile un modello *complicato* per descrivere la *complessità*. C’è da chiedersi inoltre quanto costi una maggiore capacità predittiva in termini di minore gestibilità del modello e dei risultati prodotti. L’elemento fondamentale consiste in una funzione che consente di calcolare la probabilità puntuale di insorgenza dell’urbanizzazione discontinua al variare dei fattori esplicativi. La funzione logistica è sembrata la più adatta allo scopo poiché essa viene solitamente utilizzata proprio per collegare la probabilità del possesso di un certo attributo dicotomico ad un insieme di variabili esplicative (Fabbris, 1997). Il legame tra la probabilità che la variabile dipendente Y assuma

valore unitario, ossia che presenti l'attributo dicotomico (in questo caso l'urbanizzazione discontinua), e le variabili esplicative assume nella funzione logistica la forma seguente

$$\ln\left(\frac{p(x_1, \dots, x_n)}{1 - p(x_1, \dots, x_n)}\right) = \mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 x_1 + \dots + \mathbf{b}_n x_n \quad (1)$$

dove la quantità al primo membro è detta comunemente *logit* mentre al secondo membro appare il prodotto tra le variabili esplicative e i relativi coefficienti. L'espressione utilizzata nel modello, esplicitando il valore della probabilità diventa

$$p(x_1, \dots, x_n) = \frac{e^{\mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 x_1 + \dots + \mathbf{b}_n x_n}}{1 + e^{\mathbf{b}_0 + \mathbf{b}_1 x_1 + \dots + \mathbf{b}_n x_n}} \quad (2)$$

La scelta delle variabili esplicative comporta qualche considerazione in più. Nella fase di implementazione è apparso con chiarezza che l'utilizzo della sola rete stradale non sarebbe bastato a spiegare la distribuzione spaziale dell'urbanizzazione discontinua; l'accessibilità costituisce infatti una condizione necessaria ma, come è ovvio, non sufficiente. Inoltre, per mantenere l'approccio puramente morfologico cui si è fatto riferimento in precedenza, si è scelto di non fare riferimento alle variabili socio-economiche, soluzione che avrebbe comportato sia l'allontanamento dall'obiettivo principale, sia un grado di complessità eccessiva del modello. Considerare tra i fattori esplicativi anche gli usi del suolo limitrofi è quindi risultata una scelta obbligata.

Si è perciò assunto che in ogni punto la probabilità di insorgenza di urbanizzato discontinuo è funzione, non solo della distanza dalla rete stradale, ma anche della distanza dai nuclei urbanizzati compatti e dagli insediamenti industriali. Il modello si basa sull'ipotesi che l'urbanizzazione discontinua abbia luogo laddove questa probabilità superi un certo valore di soglia.

Il modo di procedere dell'algoritmo principale è illustrato in figura 1. Esso si muove lungo la griglia esaminando le celle da sinistra a destra e dall'alto in basso. Per ciascuna cella esso calcola la probabilità di attivazione mediante la funzione logistica, utilizzando come input della funzione i valori che le tre variabili esplicative – le distanze di cui si è discusso poc'anzi – assumono nella cella. Se il valore della probabilità supera quello della soglia di attivazione, la cella assume lo status di urbanizzato discontinuo nello scenario simulato. Ovviamente l'algoritmo procede finché tutte le celle presenti nella griglia sono state esaminate.

Per l'implementazione informatica è stata scelta una struttura essenziale: il programma, scritto in Visual Basic, si limita ad applicare il modello illustrato in figura 1, acquisendo i dati in ingresso da file di testo. La struttura dei dati è altrettanto semplice: sia gli input che gli output sono contenuti in file di testo (con estensione TXT) gestibili mediante il software ArcView.

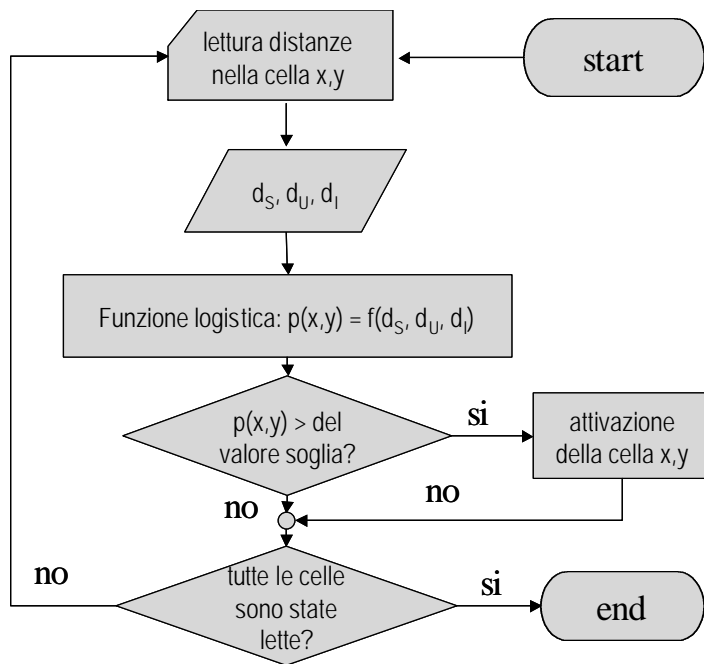


Figura 1 Diagramma di flusso dell'algoritmo di simulazione.

Proprio mediante questo programma sono state calcolate le distanze che costituiscono le variabili esplicative del modello, a partire dai dati cartografici vettoriali a disposizione, come si vedrà in dettaglio nel paragrafo 3.

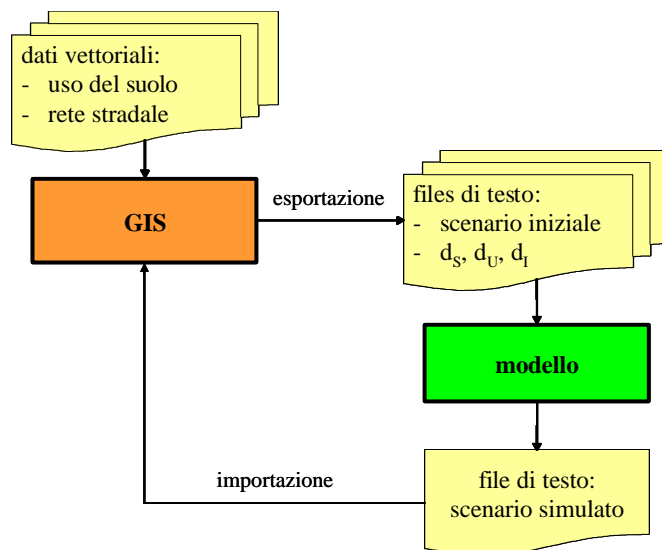


Figura 2 Utilizzo dei dati.

Per quanto riguarda infine la rappresentazione cartografica dello scenario simulato, è evidente che l'implementazione di un'interfaccia grafica *stand-alone* esula dalle finalità dello studio.

Si è pertanto deciso di fare ricorso anche in questo caso ad ArcView, essendo questo in grado di importare dati raster georeferenziati da file ASCII, purché opportunamente formattati.

3 APPLICAZIONE DEL MODELLO ALL'AREA DI STUDIO

L'area di studio individuata per testare il modello, illustrata in figura 3, ha forma rettangolare, misura circa 49 km x 32 km e si estende su un'area di 1610 kmq, comprendente Milano e la parte settentrionale del suo hinterland. Sull'area urbana milanese insistono numerosi studi modellistica ed econometrici; recentemente essa è stata oggetto di un'analisi dei costi della dispersione urbana (Camagni, 2002). La cartografia CORINE utilizzata nel presente studio è disponibile sul sito del Centro Interregionale in formato compresso (Centro Interregionale) mentre il grafo della rete stradale (fonte: Sistema Informativo Territoriale - Regione Lombardia) è stato cortesemente fornito dal Laboratorio di Cartografia dell'Università degli Studi di Milano.



Figura 3 L'area di studio.

Entrambe le cartografie, originariamente vettoriali, sono state trasformate in dati raster mediante suddivisione dell'area di studio in celle quadrate di lato pari a 75 m. Questo valore è dettato dalla necessità di non perdere l'informazione relativa alla rete stradale; effettuando alcuni tentativi si può facilmente constatare che con dimensioni pari o superiori all'ettometro la rete appare sconnessa in diversi punti.

3.1 Calibrazione del modello

La particolare struttura del modello richiede due fasi distinte per la calibrazione, una riguardante i coefficienti della funzione logistica, l'altra la determinazione del migliore valore per il parametro soglia.

Il primo step di calibrazione è stato implementato tramite uno dei numerosi pacchetti statistici attualmente disponibili. Date le dimensioni in gioco, la trasformazione delle informazioni vettoriali in dati raster mediante ArcView ha comportato la suddivisione dell'area in 286.230 celle, numero non gestibile mediante il software a disposizione. Si è reso perciò indispensabile uno sfoltimento mediante estrazione casuale, per mezzo del quale la numerosità è stata ridotta, ai fini delle due fasi di calibrazione, a 5.000 celle.

Nel processo di regressione logistica, implementato col software SPSS, gioca un ruolo chiave la quantità

$$G_M = -2 \log \frac{\max(L_0)}{\max(L)} \quad (3)$$

nota nella letteratura anglosassone come “likelihood ratio test” o “model chi square”, poiché la sua distribuzione è di tipo chi-quadro. Essa misura la differenza tra la devianza del modello con la sola intercetta e la devianza del modello completo, dove con il termine devianza è uso comune indicare il logaritmo della verosimiglianza (in inglese *likelihood*) moltiplicato per -2. I coefficienti della funzione logistica, calcolati con metodo iterativo, sono quei valori in corrispondenza dei quali si ha il massimo valore possibile di G_M . Nel caso in esame la soluzione trovata, mostrata in tabella 1, risulta ampiamente significativa ($\alpha < 0,01$).

Tabella 1 Coefficienti della funzione logistica.

Variabile	Coefficienti	Errori Std	Test di Wald	Significatività
Distanza dall'urbanizzato continuo	-2,0E-04	2,2E-05	99,134	0,0000
Distanza dalle strade	-6,9E-03	4,0E-04	355,927	0,0000
Distanza dalle aree industriali	2,1E-05	4,4E-05	0,227	0,6337
Costante	2,5E-01	7,9E-01	9,907	0,0016

I coefficienti di segno negativo indicano che al crescere della distanza dai centri urbani compatti e dalle strade si riduce la probabilità di insorgenza dell'urbanizzazione discontinua; al contrario la distanza dalle aree industriali rappresentano un incentivo all'espansione urbana. I primi due valori nella colonna del test di Wald, pari al quadrato del rapporto tra i valori dei coefficienti ed i corrispettivi errori standard, mettono in luce la forte significatività delle due variabili “distanza dall'urbanizzato continuo” e “distanza dalle strade”. Lo stesso non può dirsi della variabile “distanza dalle aree industriali” che ha pertanto uno scarso valore esplicativo nei confronti dell'urbanizzazione discontinua. Si può verosimilmente individuare la causa di ciò nella grande varietà di tipologie di aree industriali, per alcune delle quali, a più forte impatto ambientale, risulta confermato l'effetto “incentivo” della distanza, mentre per altre, ad esempio le piccole imprese a carattere familiare con annessa l'abitazione del proprietario, la distanza gioca un ruolo inverso. Si preferisce comunque mantenere la variabile

tra i fattori esplicativi, per poter effettuare qualche considerazione sulla natura della regressione.

Per ciascuno dei 5.000 valori della variabile “distanza dalle strade” utilizzati per la stima, è stata calcolata la probabilità di insorgenza dell’urbanizzazione discontinua tramite il modello. Nel grafico 4.a è esposta la nuvola dei suddetti valori, la cui forma ricalca l’andamento di una curva esponenziale decrescente; lo stesso grafico è riportato in figura 4.b con l’asse y in scala logaritmica.

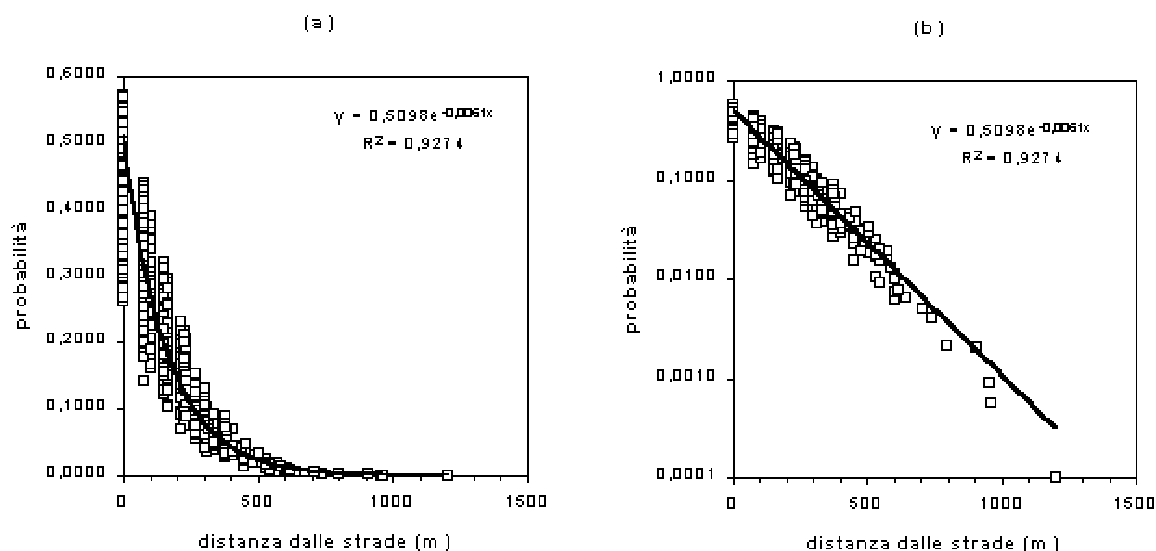


Figura 4 La variabile esplicativa “distanza dalle strade” e l’output della funzione logistica.

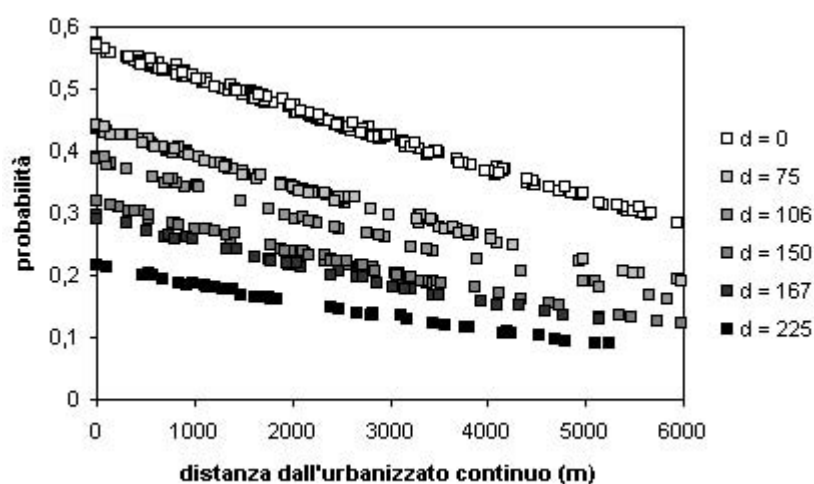


Figura 5 La variabile “distanza dall’urbanizzazione continua” e l’output del modello.

Se invece si effettua la stessa operazione con i valori della variabile “distanza dall’urbanizzato continuo”, i punti si dispongono come mostrato in figura 5. Questa volta il legame è di tipo lineare e si leggono chiaramente le rette corrispondenti ai diversi valori della variabile “distanza dalle strade”; cui la variabile “distanza dall’urbanizzato”, rappresentata lungo le ascisse è fortemente correlata.

È necessario fornire qualche indicazione sull’origine dei valori mostrati nella legenda della figura 5. Le variabili esplicative, contrariamente a quanto si possa immaginare, non sono continue, ma a valori discreti. Essendo infatti l’area di studio suddivisa in celle, la distanza di ciascuna cella da un’altra può assumere alcuni valori e non altri. La sequenza dei valori possibili è funzione della dimensione della cella, pari a 75 m. Questa caratteristica è schematizzata in figura 6, nella quale sono elencati alcuni valori prossimi alla cella centrale.

225	167	150	167	225
167	106	75	106	167
150	75	0	75	150
167	106	75	106	167
225	167	150	167	225

Figura 6 Distanze valutate lungo la griglia.

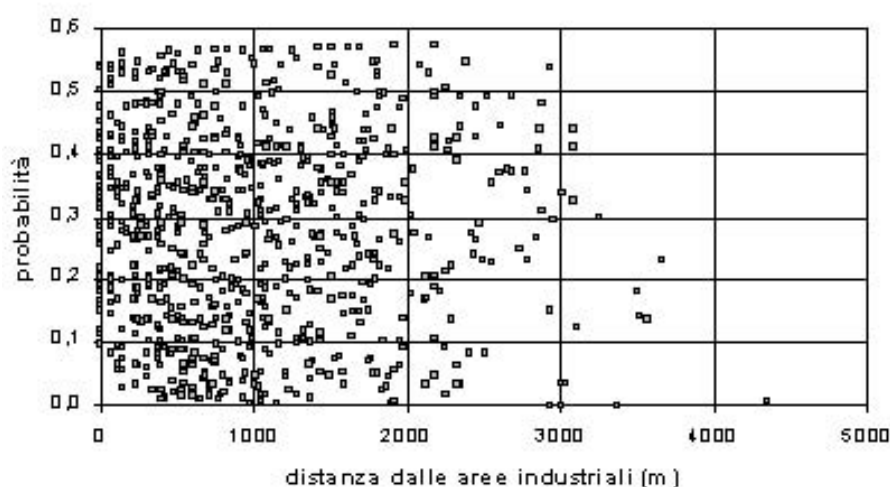


Figura 7 La variabile “distanza dalle aree industriali” e l’output della funzione logistica

La relazione tra la variabile “distanza dalle aree industriali” e la probabilità calcolata dalla funzione logistica appare piuttosto debole, come mostrato in figura 7, e non consente l’individuazione di alcun pattern riconoscibile nella distribuzione dei punti sul grafico.

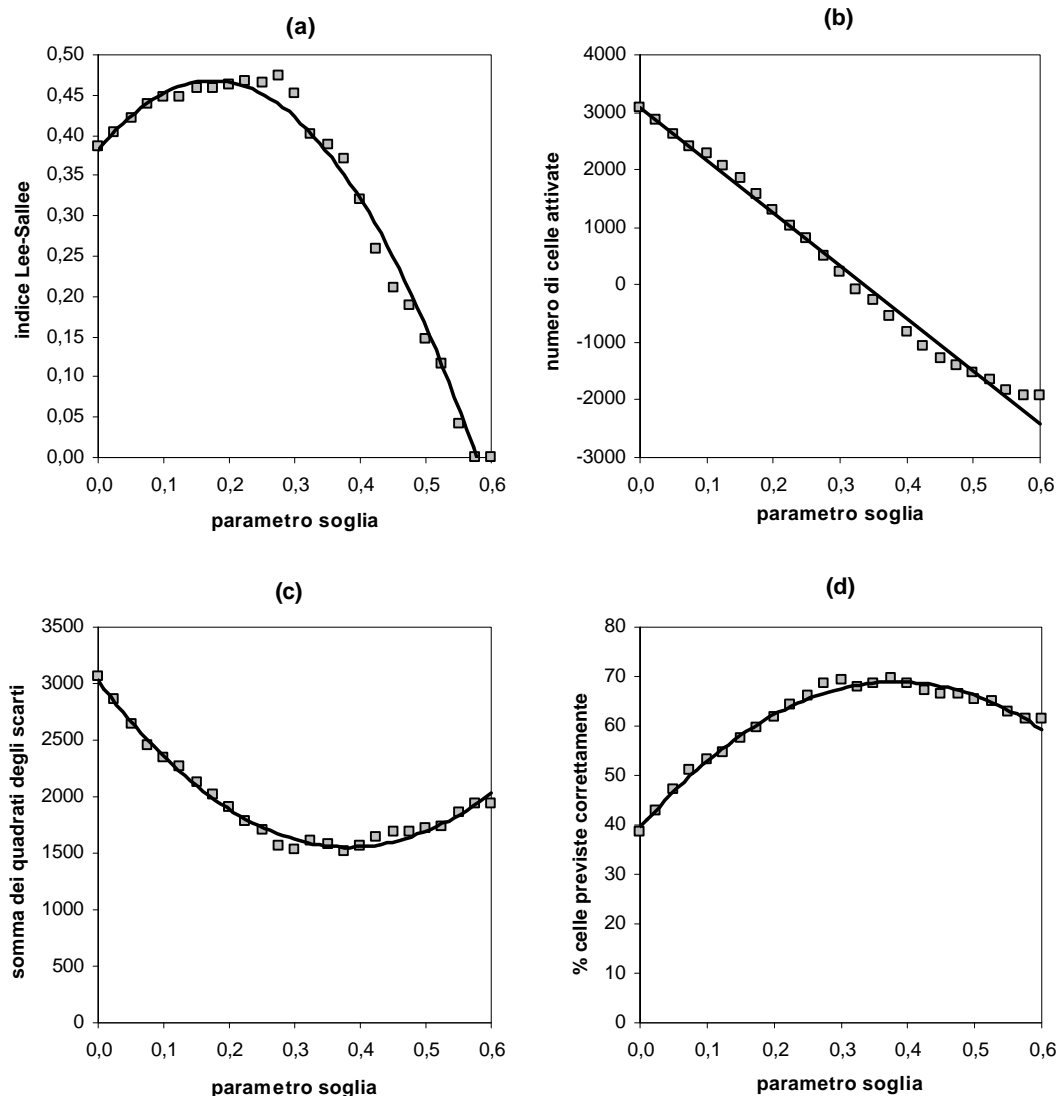


Figura 8 Curve per la stima del parametro soglia.

La seconda fase del processo di calibrazione, consistente nella stima del valore più idoneo per il parametro soglia, ha richiesto invece l’implementazione di un procedimento originale di tipo empirico. Alla base di tale procedimento c’è l’utilizzo dei quattro indici spaziali seguenti,

- indice Lee-Sallee,
- percentuale di celle previste in modo esatto (abbreviazione: % corrette),
- differenza tra il numero di celle previste dal modello e la realtà (abbr.: numero celle),
- quadrati delle differenze tra i valori osservati e quelli previsti,

che consentono di misurare il grado di *fitting* della soluzione. L'indice Lee-Sallee misura il grado di corrispondenza tra due insiemi spaziali e varia tra 0, che si verifica quando gli insiemi sono disgiunti e 1, corrispondente per converso a due insiemi perfettamente coincidenti (Lee e Sallee, 1970).

Il suo utilizzo torna particolarmente utile nella calibrazione dei modelli di crescita urbana come testimonia la frequenza con cui appare nella letteratura statunitense sull'argomento, si veda ad esempio la stima del modello SLEUTH (Jantz, 2004). L'espressione per il calcolo di questo indice è la seguente:

$$Lee - Sallee = \frac{A \cap B}{A \cup B}. \quad (4)$$

Ai fini della stima sono stati letti, in corrispondenza di venti valori di tentativo del parametro soglia, le misure dei quattro indici. Riportando i punti su quattro grafici, come illustrato in figura 6, si osserva che essi si dispongono lungo curve ben precise, ciascuna dotata di un massimo o un minimo. Fa eccezione l'indice "numero celle", i cui punti osservati si dispongono lungo una retta; in tal caso il miglior valore del parametro soglia è quello corrispondente all'intersezione della retta con l'asse x, che si ottiene quando il modello prevede esattamente lo stesso numero di celle dello scenario da simulare. Sono state quindi effettuate delle interpolazioni sui punti di figura 8 mediante polinomi di secondo grado per tutti gli indici, ad eccezione dell'indice "numero celle" per il quale, in ragione delle considerazioni sopra esposte, come curva interpolante è stata scelta una retta. In tabella 2 sono elencati i coefficienti delle curve interpolanti.

Tabella 2 Curve interpolanti per la determinazione del parametro soglia.

Curva interpolante	a₂	a₁	a₀	Test F	Significatività
Indice Lee-Sallee	-2,869	0,997	0,381	697,633	0,000
% Corrette	-201,712	154,116	39,474	809,945	0,000
Numero Celle	-	-9128,677	3067,483	2257,432	0,000
Quadrati degli scarti	10085,589	-7705,815	3025,300	809,945	0,000

Tutte le curve si adattano bene ai punti, prova ne sono gli elevati valori del test F, la cui significatività è rilevante. Proprio il test F è stato individuato per mediare i diversi valori del parametro soglia forniti da ciascun indice, secondo formula seguente

$$\hat{y} = \frac{\hat{y}_1 F_1 + \hat{y}_2 F_2 + \hat{y}_3 F_3 + \hat{y}_4 F_4}{F_1 + F_2 + F_3 + F_4}. \quad (5)$$

I valori utilizzati nella formula 5 sono mostrati nella tabella 3. Si può osservare come le stime corrispondenti agli indici “% corrette” e “quadrati degli scarti siano identiche, come lo sono anche i rispettivi test F.

Tabella 3 Stima del parametro soglia.

Criterio	parametro soglia stimato	peso (Test F)
Indice Lee-Sallee	0,174	697,633
% Corrette	0,382	809,945
Numero Celle	0,339	2257,432
Quadrati degli scarti	0,382	809,945

Data la particolare struttura dei dati, di natura binaria (1 = urbanizzazione discontinua presente, 0 = assente), massimizzare il rapporto

$$\% \text{ Corrette} = \frac{a+d}{a+b+c+d} \quad (6)$$

delle quantità mostrate in tabella 4, corrisponde a minimizzare i quadrati degli scarti tra valori osservati e valori previsti. Vista l'identità dei valori forniti dai due criteri, ai fini del calcolo ne è stato utilizzato solo uno.

Tabella 4 Matrice di verità per il criterio "% corrette".

		valori osservati, O_i	
		0	1
valori previsti, E_i	urbanizzazione discontinua presente (0)	<i>a</i>	<i>b</i>
	urbanizzazione discontinua assente (1)	<i>c</i>	<i>d</i>

L'applicazione della formula 5 ha permesso di calcolare un valore del parametro soglia pari a = 0,317.

3.2 La simulazione

L'individuazione delle aree edificabili ricadenti nell'area di studio richiederebbe la conoscenza dell'intero mosaico degli strumenti urbanistici vigenti. L'acquisizione di queste informazioni non ricade però tra i propositi di questo studio. Pertanto si è preferito considerare edificabili le superfici classificate nella legenda CORINE come “territori agricoli seminativi” nonché tutte le aree già interessate da urbanizzazione discontinua.

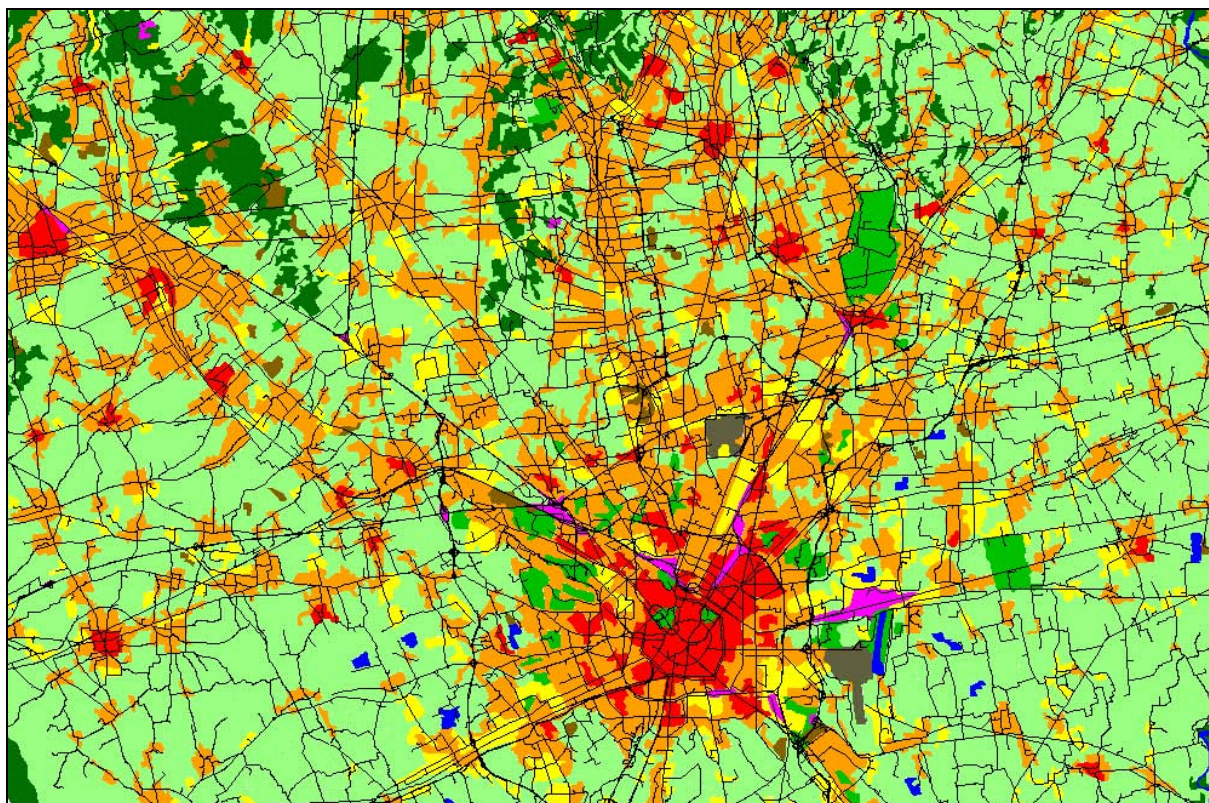


Figura 9 Scenario reale.

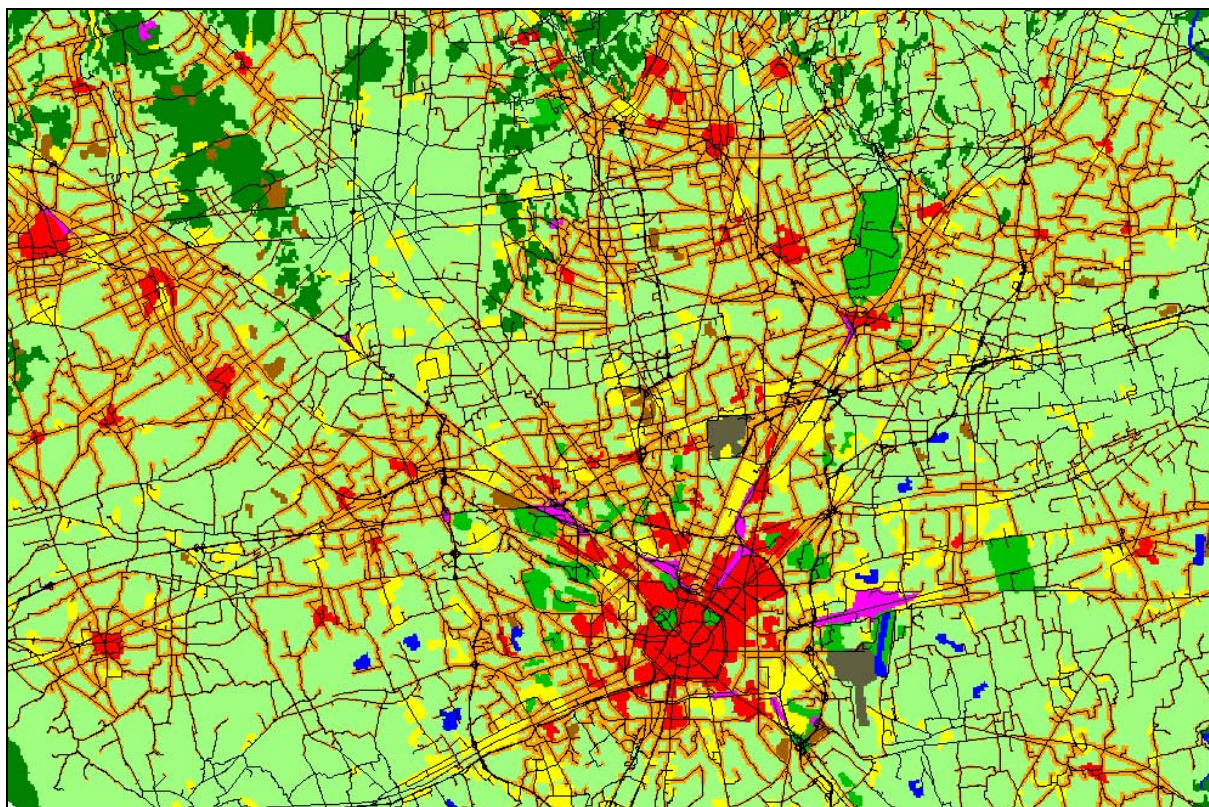


Figura 10 Scenario con l'urbanizzazione discontinua simulata.

In altri termini il modello “cancella” dallo scenario da simulare l’urbanizzazione discontinua e la ricostruisce sulla base delle indicazioni fornite dalla funzione logistica di probabilità. Lo scenario reale è illustrato in figura 9 mentre nella figura successiva è mostrata il risultato dell’applicazione del modello; la legenda è esposta in figura 11.

La simulazione dell’urbanizzazione discontinua interessa esclusivamente le celle colore arancio, mentre tutti gli altri usi del suolo, inclusa l’urbanizzazione continua (in rosso) sono invariabili. L’urbanizzazione simulata aderisce perfettamente alla rete stradale; inoltre la sua frequenza decresce rapidamente man mano che ci si sposta dai centri urbani consolidati alle aree rurali. Nella figura 12 sono confrontati i dettagli relativi alla zona di Magenta per entrambi gli scenari, quello reale (a) e quello simulato (b).

Rete stradale



Usi del suolo

- Urbanizzazione continua
- Urbanizzazione discontinua
- Aree industriali
- Nodi infrastrutturali
- Aeroporti
- Verde e sport
- Zone agricole
- Boschi
- Bacini d’acqua
- Discariche

Figura 11 Legenda.

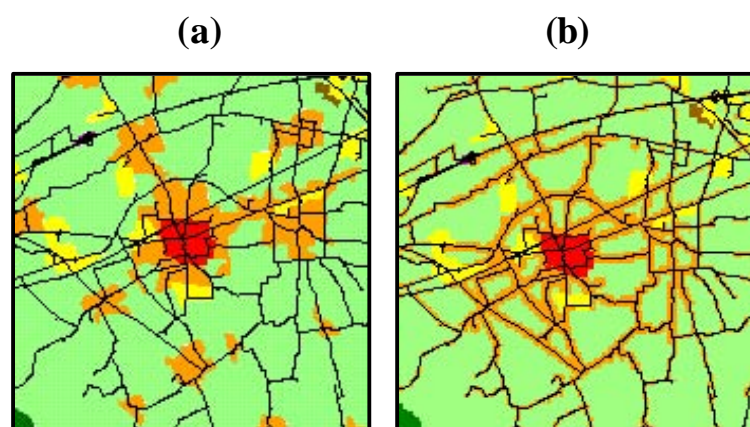


Figura 12 Dettagli della simulazione per il centro urbano di Magenta.

4 CONCLUSIONI

La stima della domanda di trasporto si avvale di numerosi strumenti in grado di misurare gli effetti dell'assetto territoriale sulle reti stradali, ossia di quantificare gli effetti indotti dal sistema delle attività e delle residenze sulla mobilità. I modelli appartenenti a questa categoria, la cui attendibilità è supportata da oltre quarant'anni di ricerche (Ortùzar, 1990), sono entrati da tempo a far parte della pratica professionale della pianificazione dei trasporti. Non è così fitta invece, la schiera dei modelli che si occupano della relazione inversa, ossia di determinare le ripercussioni a lungo termine che la realizzazione di nuove infrastrutture di trasporto esercita sul sistema urbano. Determinare gli effetti indotti sulla domanda di residenza dalla presenza delle arterie stradali è compito assai più difficile, poiché tali effetti non sono gli unici in gioco nella costruzione della città. La complessità delle interazioni tra gli attori che generano le trasformazioni urbane rendono difficile isolare e quantificare l'impatto di ciascuna causa. Il modello qui esposto, se applicato per formulare previsioni, può innestarsi su questa seconda e meno numerosa categoria di modelli. Che genere di previsioni? La pianificazione urbanistica può trarne, ad esempio, informazioni sull'andamento dell'urbanizzazione dispersa lungo le arterie stradali in progetto, formulando per tempo le contromisure più adatte. Durante lo studio del modello, la forza della relazione tra presenza stradale e urbanizzato discontinuo è emersa prepotentemente, come risulta dai dati mostrati. Il modello si presta ad un ulteriore approfondimento di questa relazione, sia da un punto di vista statistico (mediante analisi della regressione logistica ed altre tecniche) sia modellistico, con l'implementazione di un modello previsionale anziché descrittivo.

5 BIBLIOGRAFIA

- Camagni R., Gibelli M. C., Rigamonti P., (2002), *I costi collettivi della città dispersa*, Alinea, Firenze.
- Centro Interregionale *Corine Land Cover*, <http://www.centrointerregionale.it/>.
- Fabbris L. (1997) *Statistica multivariata*, McGraw-Hill, Milano.
- Jantz C.A., Goetz S.J., Shelley M.K. (2004) *Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore-Washington metropolitan area*, *Environment and Planning B*, 31(2), 251-271.
- Lee, D., Sallee, G. (1970) *A method of measuring shape*, *Geographical Review*, 60, 555-563.
- Noth M., Borning A., Waddell P. (2003) *An Extensible, Modular Architecture for Simulating Urban Development, Transportation, and Environmental Impacts*, *Computers, Environment and Urban Systems*, 27 (2), 181-203.
- Ortùzar J.D. (1990) *Modelling transport*, John Wiley & Sons, New York.
- Secchi B. (2000) *Prima lezione di Urbanistica*, Laterza, Bari.

ABSTRACT

This study tries to demonstrate the potentialities of a model describing spatial distribution of urban sprawl. The type of approach is purely morphological. It allows to deal with urban complexity without making reference to the socio-economic variables but only with the road network. The model's core is a logistic function that furnishes, in every point, the probability of urban sprawl rising. The logistic function has three inputs, the distance from road infrastructures, the distance from compact cities and the distance from industrial areas. The model has been tested involving the metropolitan area of Milan. Finally, the paper concludes with some simulations of actual urban sprawl carried out by the model. The main study's result suggest that road network is involved in generating new sprawl settlements.