

URBAN SPRAWL, COME VALUTARE L'URBANIZZAZIONE

PER GARANTIRE UNA GESTIONE TERRITORIALE SOSTENIBILE SERVONO STRUMENTI DI ANALISI SINTETICI, IN GRADO DI MISURARE I FENOMENI SPAZIALI DI ESPANSIONE INCONTROLLATA E DISCONTINUA DELLE URBANIZZAZIONI (URBAN SPRAWL). DALL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA UN METODO DI INDAGINE CHE PUÒ TROVARE APPLICAZIONI NEL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE.

L'immagine attuale dei territori a elevata densità urbana è quella di una rete di centri dai limiti dissolti, diffusi in maniera discontinua lungo le linee di flusso, le infrastrutture viarie. Il movimento caratterizza e disegna lo spazio, definendo la rapida evoluzione delle città verso forme prive di identità, non più compatte, ma disgregate in un esteso intorno periurbano, costituito da insediamenti dispersi e decentralizzati. La configurazione spaziale della città contemporanea è il risultato dell'interazione di molti fattori (tecnologici, economici, sociali, culturali, politici) che si manifestano a livello globale e con specificità locali a partire dagli anni 50 del secolo scorso. Proprio a partire da questo decennio, anche in Emilia-Romagna si verificano importanti variazioni nelle modalità di organizzazione del territorio, con l'interruzione delle dinamiche di *land use* che avevano caratterizzato il periodo precedente. In accordo con quanto avviene a livello europeo, si registra il disaccoppiamento tra espansione della superficie urbanizzata e *trend* demografico, con una risultante riduzione della densità abitativa e l'avvio del processo di diffusione insediativa (*urban sprawl*). Le modificazioni antropiche di maggiore intensità avvengono nella pianura dove si registra, tra il 1954 e il 2003, il 78% delle nuove urbanizzazioni a livello regionale. Questa conversione irreversibile di suoli a usi urbani in continua crescita provoca, oltre a rilevanti alterazioni dell'assetto idrogeologico per eccessiva impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*), un progressivo isolamento ambientale, con una conseguente interruzione dei flussi biologici. Inoltre, il processo di diffusione urbana, consentito in ampia misura dall'affermarsi dell'automobile come mezzo di locomozione privato di massa, implica alti consumi energetici e un incremento di inquinanti. Lo *sprawl* incide, dunque, gravemente sul paesaggio (inteso come

dimensione ecologica del territorio), provocando disturbi e stress di natura strutturale e funzionale che si traducono in un progressivo degrado territoriale, un aumento della fragilità dei sistemi ambientali e un impoverimento della biodiversità (dal livello genetico a quello degli ecosistemi).

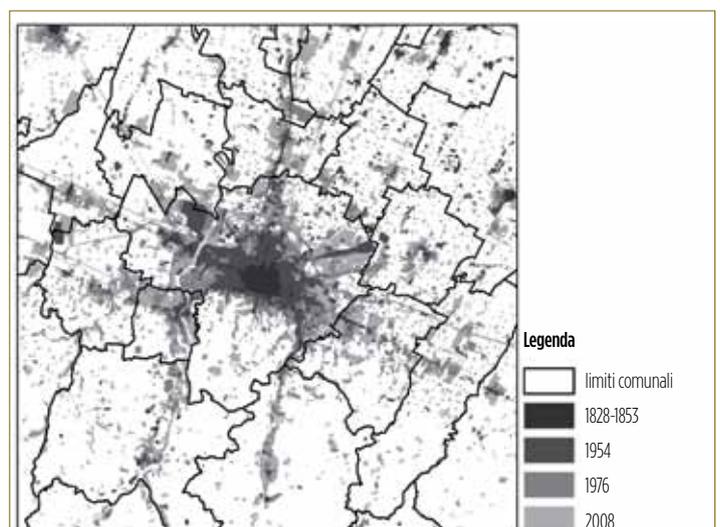
Gli elevati costi connessi alle nuove modalità di organizzazione dello spazio rendono necessario approfondire la conoscenza del fenomeno, definendo, tra l'altro, metodi di analisi spaziale che consentano di valutare lo stato attuale dei sistemi ambientali e le tendenze evolutive delle trasformazioni in atto, per guidare



FOTO: REGIONE EMILIA-ROMAGNA - AGEA 2008

FIG. 1
SPRAWL URBANO

Lo sviluppo spaziale disperso delle aree edificate determina una graduale riduzione della compattezza dei nuclei urbani e la tendenza delle città a diffondersi oltre i limiti amministrativi.



le scelte decisionali verso una gestione sostenibile del territorio. Negli ultimi 20 anni il *pattern* spaziale dello *sprawl* urbano è stato oggetto di numerosi studi. L'approccio più diffuso prevede, in primo luogo, l'elaborazione di una cartografia tematica (di uso/copertura del suolo, in prevalenza), derivante da fotointerpretazione di immagini aeree e/o da satellite. Inoltre, la definizione dell'area di studio rappresenta un aspetto fondamentale da considerare. Poiché la diffusione urbana determina la dissoluzione dei margini delle città, che sempre più costituiscono sistemi uniti funzionalmente e strutturalmente – superando i confini amministrativi, (figura 1) – risulta difficile definire i limiti di un aggregato urbano. Un metodo di delimitazione è quello delle zone morfologiche urbane (*Urban Morphological Zones, UMZs*), proposto dall'Agenzia europea per l'ambiente. Sono considerate appartenenti alle UMZs le classi/coperture del suolo a una distanza inferiore di 200 m e comprese nel gruppo di primo livello della legenda Corine Land Cover "superfici artificiali". Alle informazioni spaziali georiferite, gestite all'interno di un GIS (*Geographic Information System*), sono applicati indici impiegati in larga misura nella *landscape ecology (landscape metrics)* per quantificare caratteri compositivi e configurazionali dei territori. L'utilizzo delle *landscape metrics* consente di misurare aspetti spaziali dello *sprawl* urbano, fornendo informazioni di sintesi (sono tradotti in forma numerica aspetti qualitativi del fenomeno) che vanno a costituire dati comparabili nello spazio e nel tempo. Nel complesso, seppure l'approccio metodologico risulti uniforme per le linee generali descritte, i casi studio relativi al *pattern* dello *sprawl* si presentano altamente eterogenei nella scelta dei caratteri spaziali misurati (nella maggior parte dei casi riferiti al tessuto edificato e non al territorio che subisce gli effetti della diffusione urbana) e degli indici adottati per misurarli. Disporre di dati omogenei e di un sistema di analisi condiviso è fondamentale per condurre analisi comparative, sia sincroniche che diacroniche, e poter così definire efficaci strategie d'azione per una gestione razionale del territorio. Perciò, allo scopo di definire un metodo di studio omogeneo dello *sprawl urbano*, si propone un set di indici per la misura di indicatori spaziali del fenomeno. Il set rappresenta una sintesi dei casi studio riferiti alla dimensione spaziale dell'*urban sprawl*, in quanto riunisce i caratteri

Tab. 1 Indicatori (caratteri) e indici per l'analisi spaziali dell'urban sprawl

Oggetti di studio	Indicatore	Indice	Fonti	
Zone urbanizzate	Estensione urbana	Percentage of landscape (PLAN)	Sudhira, 2004	
		Largest patch index (LPI)	McGarigal et al., 2002; Hai & Yamaguchi, 2008; Ji, 2008	
	Centralità	Centrality (CENTRALITY)	Huang, 2007	
	Complessità della forma	Fractal dimension (FRAC)	Torrens & Alberti, 2000; McGarigal et al., 2002	
		Compactness index of the largest patch (CILP)	Li & Yeh, 2004; Huang, 2007	
		Shape index (SHAPE)	McGarigal et al., 2002	
		Linearity (LINEAR)	McGarigal et al., 2002	
		Related circumscribing circle (CIRCLE)	McGarigal et al., 2002	
	Dispersione	Shannon's entropy (Hi)	Li & Yeh, 2004; Sudhira, 2004; Bhatta et al., 2010; Verzosa & Gonzalez, 2010	
		Relative entropy (H'i)	Bhatta, 2010	
		Ratio of open space (ROS)	Huang, 2007	
	Somma dei componenti	Integrazione e prossimità	Interspersion and juxtaposition (IJJ)	Torrens & Alberti, 2000
	Zone non urbanizzate	Risultante	Number of patches (NP)	Herold et al., 2003; Hai & Yamaguchi, 2008; Ji, 2008
Patch density (PD)			Eiden et al., 2000; Ji, 2008	
Edge density (ED)			Eiden et al., 2000; Herold et al., 2003; Hai & Yamaguchi, 2008	
Mean patch size (MPS)			Torrens & Alberti, 2000	
Division (DIVISION)			Jager, 2000; McGarigal et al., 2002	
Effective mesh size (Meff)			Jager, 2000; McGarigal et al., 2002	
Density of roads (L)			EEA, 2011	
Urban fragmentation index (UFI)			Romano, 2002	
Somma dei componenti		Eterogeneità ambientale	Infrastructural fragmentation index (IFI)	Romano, 2002
			Simpson's diversity index (SIDI)	McGarigal et al., 2002
			Shannon's diversity index (SHDI)	Eiden et al., 2000; Torrens & Alberti, 2000; McGarigal et al., 2002
			Number of classes (NC)	Eiden et al., 2000; McGarigal et al., 2002
			Evenness (Es)	Torrens & Alberti, 2000; McGarigal et al., 2002

spaziali in questi considerati, e allo stesso tempo presenta elementi di novità per l'approccio metodologico adottato.

La dimensione spaziale dello sprawl, un approccio metodologico

L'approccio metodologico che proponiamo prevede una suddivisione

del paesaggio in *zone urbanizzate* e *zone non urbanizzate*. Riferendosi al sistema di classificazione *Corine Land Cover (CLC)* rientrano nelle zone urbanizzate gli usi/coperture del suolo corrispondenti alla categoria "superfici artificiali" (primo livello CLC), che includono le zone residenziali, gli insediamenti produttivi e commerciali, le infrastrutture viarie e le aree verdi urbane. Le aree agricole, i

territori boscati e seminaturali, le zone umide e i corpi idrici rientrano nella categoria zone non urbanizzate. Queste due categorie (zone urbanizzate/zone non urbanizzate) sono considerate e analizzate sotto un duplice aspetto:

- la somma di classi componenti
- l'insieme di elementi (*patches*), ciascuno con caratteristiche spaziali proprie, organizzati in ranghi a differente dettaglio tematico, o come classe risultante, non considerando distinzioni tematiche (*tabella 1 e figura 2*).

Per ognuna delle due categorie sono stati evidenziati indicatori (caratteri) spaziali di *sprawl*, per la cui misura sono stati selezionati specifici indici tratti da casi studio relativi allo *sprawl* e da studi di frammentazione ambientale, o selezionati tra le metriche largamente utilizzate in ecologia del paesaggio. Sono indicatori di *sprawl* (*tabella 1*)

- l'estensione urbana
- la decentralizzazione dei sistemi urbani
- la complessità della forma delle zone edificate
- la dispersione insediativa e il grado di integrazione di diversi usi/coperture del suolo (aspetti spaziali delle zone urbanizzate)
- la frammentazione del territorio e la riduzione di eterogeneità ambientale (aspetti spaziali delle zone non urbanizzate).

La misura di ognuno di questi aspetti consente di quantificare il grado di occorrenza della diffusione urbana in un'area. Infatti, al fenomeno è associato un elevato consumo di suolo, connesso ad alti valori di estensione urbana, un crescente decentramento della città (*figura 3*) rispetto al nucleo storico urbano, uno sviluppo discontinuo e non compatto del tessuto edificato, risultante in un incremento della complessità morfologica delle aree urbane e in un progressivo aumento della dispersione insediativa, con nuclei edificati isolati dal principale e a bassa densità abitativa. La realtà periurbana si caratterizza anche per una distribuzione differenziale delle forme di uso/copertura del suolo (bassi valori di integrazione dei tipi di *land cover* costituenti le zone urbanizzate), oppure per una separazione delle aree destinate a diverse attività. Così le zone residenziali, industriali e commerciali appaiono tra loro distinte e distribuite nel territorio, quindi non integrate entro i limiti di una città compatta. La trama periurbana invade il paesaggio, causando l'isolamento dei sistemi di maggior pregio ambientale nel territorio (aumento della frammentazione delle zone non

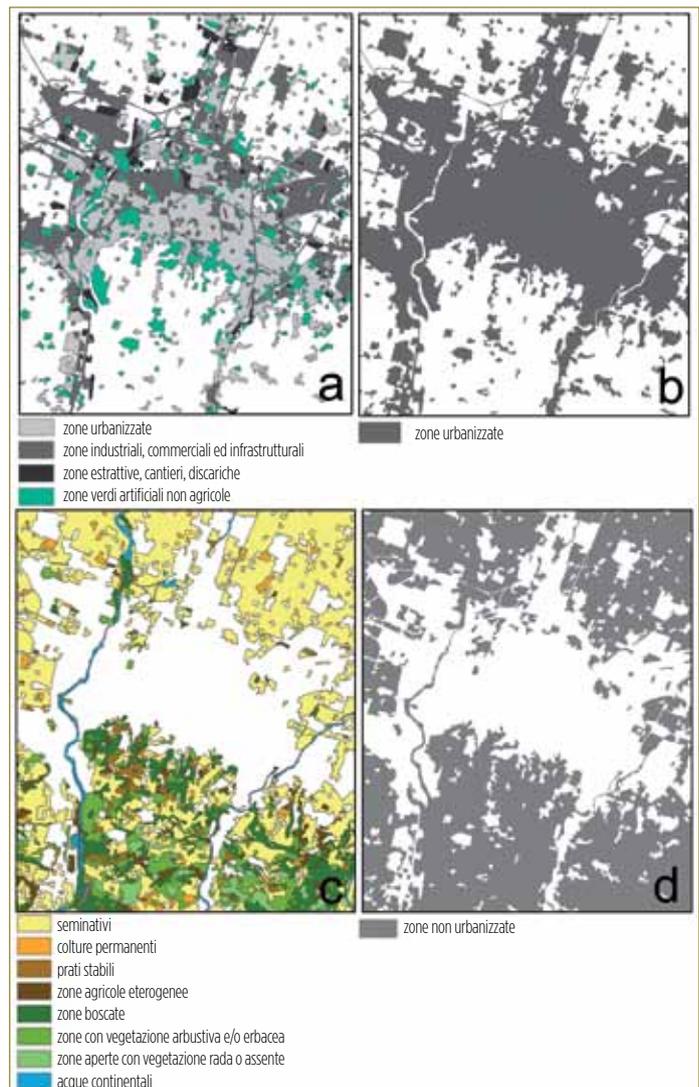


FIG. 2
SPRAWL URBANO

La struttura del set proposto si basa sulla suddivisione del paesaggio in due ambiti: zone urbanizzate (a, b) e zone non urbanizzate (c, d). Le due categorie sono a loro volta interpretate come somma di classi componenti (a, c) e come classe risultante (b, d); spiegazioni nel testo.



urbanizzate) e una contemporanea riduzione della diversità delle tipologie di *land cover* presenti (diminuzione dell'eterogeneità ambientale), che tendono a essere convertite in forme di *land use* antropiche e ad alto grado di impermeabilizzazione.

Gli indici scelti per quantificare ciascuno dei caratteri spaziali indicativi di *sprawl* appena descritti sono riportati in forma sintetica in *tabella 1*.

Possibili applicazioni

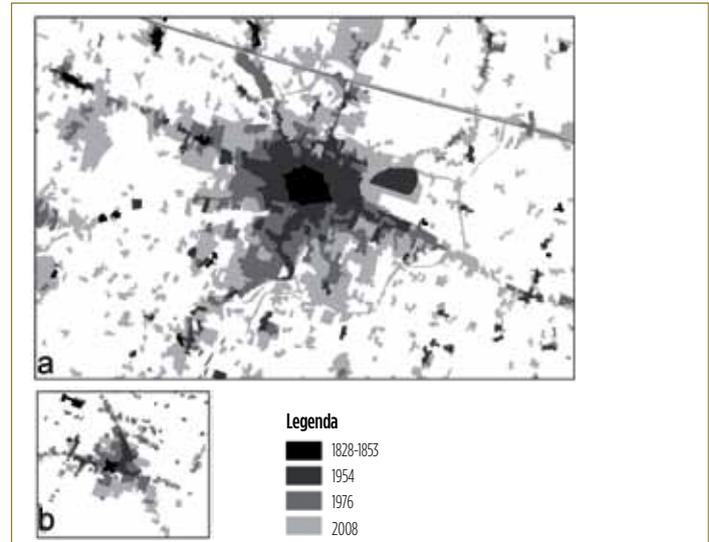
Le informazioni numeriche che si ottengono dal calcolo degli indici proposti possono essere impiegate per l'elaborazione di un quadro conoscitivo dello stato attuale e delle dinamiche che caratterizzano un sistema insediativo. La conoscenza delle dinamiche di sviluppo spaziale di uno specifico sistema urbano si pone alla base della definizione degli interventi più idonei ad arginare gli impatti esercitati dall'attuale modello di organizzazione del territorio. Inoltre, gli stessi dati possono essere impiegati in una valutazione preventiva dei possibili scenari di trasformazione territoriale. Come previsto nella legge regionale 20/2000 modificata dalla Lr 6/2009, le prestazioni attese – in termini di sostenibilità, dei progetti di assetto futuro del territorio – sono stimate in base alla distanza da *target* di riferimento relativi a indicatori di sostenibilità o a caratteri quantificabili, il variare dei quali è rappresentativo di un miglioramento oppure di un peggioramento dello stato dei sistemi ambientali a differente grado di naturalità e/o antropizzazione. In questo contesto il set di *landscape metrics* proposto rappresenta un utile strumento per la pianificazione territoriale e urbanistica, in quanto consente di misurare aspetti spaziali indicativi dell'occorrenza dello *sprawl*, quindi di una situazione di inefficienza ambientale. Fissare valori soglia di accettabilità per ognuno degli indicatori (caratteri/aspetti) spaziali di *sprawl* descritti può risultare un metodo preventivo efficace per ridurre gli impatti generati dal fenomeno della diffusione urbana in atto.

Chiara Lelli, Giovanna Pezzi

Dipartimento di Scienze biologiche,
geologiche e ambientali
Università di Bologna

FIG. 3
SPRAWL URBANO

Il decentramento insediativo che caratterizza molti aggregati urbani, soprattutto a causa di uno sviluppo preferenziale lungo le linee di transito, rappresenta un indicatore spaziale di urban sprawl.



BIBLIOGRAFIA

- Bhatta B., Saraswati S., Bandyopadhyay D. (2010). Urban sprawl measurement from remote sensing data. *Applied Geography*, n. 30, pp. 731-740.
- EEA (2011). *Landscape fragmentation in Europe*. EEA Report, n. 2.
- Eiden G., Kayadjanian M., Vidal C. (2000). *Capturing landscape structures: Tools. From Land Cover to landscape diversity in the European Union*. Disponibile al sito: <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch1.htm#1>. Data ultimo accesso: 28/03/2012.
- Feng L. (2009). *Applying remote sensing and GIS on monitoring and measuring urban sprawl. A case study of China*. *Revista Internacional Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, n. 4, pp. 47-56.
- Hai P.M., Yamaguchi Y. (2008). *Characterizing the urban growth of Hanoi, Nagoya, and Shanghai city using remote sensing and spatial metrics*. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2008. IGARSS 2008. IEEE International. DOI 10.1109/IGARSS.2008.4780014.
- Herold M., Goldstein N.C., Clarke K.C. (2003). *The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling*. *Remote Sensing of Environment*, n. 86, pp. 286-302.
- Jaeger J.A.G. (2000). *Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation*. *Landscape Ecology*, n. 15, pp. 115-130.
- Ji W. (2008). *Landscape effects of urban sprawl: spatial and temporal analyses using remote sensing images and landscape metrics*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, n. 37, pp. 1691-1694.
- Li X., Yeh A.G.O. (2004). *Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS*. *Landscape and Urban Planning*, n. 69, pp. 335-354.
- McGarigal K., Cushman S.A., Neel M.C., Ene E. (2002). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps*. Disponibile al sito: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html. Data ultimo accesso: 28/03/2012.
- Romano B. (2002). *Evaluation of urban fragmentation in the ecosystems*. *International Conference on Mountain Environment and Development (ICMED)*, Chengdu, Sichuan, China.
- Sim S., Mesev V. (2010). *A Geospatial Approach to Measuring and Modeling the Impact of Urban Growth on Ecosystems: Orlando Case Study*. Florida State University.
- Sudhira H.S., Ramachandra T.V., Jagadish K.S. (2004). *Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS*. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, n. 5, pp. 29-39.
- Torrrens P.M., Alberti M. (2000). *Measuring sprawl*. Unpublished paper No 27 University College, London. Centre for advanced spatial analysis.
- Verzosa L.C.O., Gonzalez, R.M. (2010). *Remote sensing, geographic information systems and Shannon's entropy: measuring urban sprawl in a mountainous environment*. *ISPRS TC VII Symposium*, vol. 38, parte 7A.