

## Modelli matematici per la crescita urbana

È possibile descrivere la crescita e lo sviluppo di una città? Il prof. Sergio Albeverio dell'Accademia di architettura dell'Università della Svizzera italiana (USI) ha sviluppato un modello matematico per rispondere a questa domanda, trasformando i complicati processi di crescita e di evoluzione del territorio urbano, in algoritmi. Il progetto, denominato ACME (Automi Cellulari e Master Equation), è finanziato dal Fondo Nazionale Svizzero per la Ricerca Scientifica (FNS) e dall'USI.

Il processo di crescita urbana è un meccanismo poco prevedibile, non lineare e che spesso sfugge ai tentativi di pianificazione degli esperti. I parametri che influenzano la crescita di una città sono innumerevoli e coinvolgono i più disparati ambiti, come quelli storici, economici, politici ai quali si innestano gli schemi pianificatori. Alcuni fattori che modellano lo spazio urbano sono noti: le vie di comunicazione influenzano la posizione e lo sviluppo di insediamenti industriali che a loro volta determinano lo spostamento di persone e il posizionamento di nuove abitazioni per i lavoratori. Di conseguenza vengono costruiti nuovi edifici, altri sono abbandonati, interi quartieri dapprima adibiti a residenza ospitano poi uffici o aree commerciali. Ad influenzare i cambiamenti entrano in linea di conto anche i costi degli affitti e dei terreni e i tassi ipotecari. Nel tempo, si osserva l'edificazione e la trasformazione di interi quartieri con il conseguente movimento di attività e persone. La convinzione di poter controllare e dirigere il sistema urbano attraverso l'applicazione di pochi principi razionali si è rivelato in molti casi fallimentare. *"Le città come i sogni sono costruite di desideri e di paure"* - scriveva Italo Calvino - e come i sogni anche lo sviluppo urbano può scappare al controllo di coloro che desiderano pianificarne contenuti e sviluppi.



Foto: interazioni fra diverse modalità di sfruttamento del territorio.

### La complessità nasce da poche regole

Gli algoritmi sviluppati da ACME non sono altro che lunghe formule matematiche ma il risultato è sorprendente. *"Una delle cose che più colpiscono - afferma Sergio Albeverio (nella foto) -*



*è proprio la sproporzione tra la semplicità delle regole di evoluzione che regnano a livello microscopico e la complessità dei comportamenti esibiti su scala globale".* La città in un certo senso assume un significato nuovo, diventa un'entità dinamica retta però da regole semplici.

*"Un'analogia può essere fatta con quanto avviene nel nostro cervello. Nessun singolo neurone possiede le incredibili capacità che emergono dal cervello. Esse scaturiscono dall'organizzazione complessa dell'intero sistema. Il modo con cui le parti si organizzano in rapporto al tutto permette di far emergere proprietà che non sono possedute dalle parti".*

La città è un sistema complesso capace di organizzarsi e di evolvere secondo leggi proprie.

### ■ ACME: la città in un algoritmo

La sfida raccolta dal gruppo di ricerca del prof. Sergio Albeverio dell'Accademia di architettura dell'USI è stata quella di sviluppare un modello matematico per lo studio dello sviluppo urbano e di comprendere come una città risponda e si adatti a possibili interventi di pianificazione. Le applicazioni possibili del progetto ACME sono molteplici: i pianificatori potrebbero utilizzare il modello matematico per prevedere l'andamento di crescita e anticipare le tendenze di sviluppo a medio termine, la modellizzazione potrebbe essere applicata per conoscere preventivamente le possibili ripercussioni di certi interventi infrastrutturali: nuove vie di comunicazione, cambiamenti del piano regolatore, ecc. Un altro campo di applicazione è la valutazione dell'efficacia degli strumenti impiegati nella pianificazione del territorio. Gli algoritmi permettono di proiettare nel tempo gli interventi di pianificazione e quindi di osservare se ottengono o meno gli effetti desiderati.

## Lo spazio urbano evolve come un organismo vivente

La città cresce, cambia e si organizza sotto la spinta di forze sociali, economiche, culturali che modellano l'organizzazione stessa del territorio. La città può essere paragonata ad un sistema vivente che interagisce con tutti gli elementi del mondo in cui è immersa. Nei suoi processi evolutivi entra in gioco un certo numero di fattori a tutte le scale, da quella del singolo individuo fino a quella globale. Una casa è infatti costruita da un singolo proprietario che dovrà però tenere conto delle regole del piano regolatore e della situazione socio-economica locale. Per esempio, il proprietario costruirà uffici o appartamenti a dipendenza delle opportunità presenti e dal contesto in cui l'edificio sorgerà, altri fattori quali la presenza di vie di comunicazione, la presenza di negozi, di servizi o aree verdi influenzeranno l'evoluzione di una determinata parcella. Il modello matematico sviluppato dai ricercatori dell'Accademia di architettura si ispira agli automi cellulari, un sistema di analisi utilizzato per studiare la nascita di strutture complesse a partire da poche regole che si manifestano ad un livello microscopico. Come negli automi cellulari, anche nelle città non esiste un centro che dirige lo sviluppo dell'intero sistema secondo un piano prestabilito, le proprietà globali del sistema emergono dalle interazioni che avvengono a livello locale. La caratteristica fondamentale di un automa cellulare è che, nonostante l'estrema semplicità di regole a livello locale, nel suo complesso esibisce un comportamento sorpren-



dentemente ricco e complicato. Per analogia con gli automi cellulari i ricercatori hanno suddiviso lo spazio urbano in celle (praticamente una superficie di qualche ettaro). Lo stato di ciascuna cella viene descritto da variabili che esprimono i vari utilizzi degli spazi (residenziale, commerciale, industriale, edificabile, ecc). L'evoluzione del territorio sarà determinata dai cambiamenti di queste variabili dovuti alle decisioni prese da vari soggetti (popolazione, imprenditori, amministrazione) sulla base di un sistema di regole probabilistiche. Concretamente i ricercatori specificano per ogni cella le superfici per i vari utilizzi, le variabili di tipo socio-economico (popolazione, costi dei terreni per le varie destinazioni d'uso, affitti, ecc), le variabili che esprimono le relazioni della cella con la rete di comunicazione urbana ed extraurbana, ecc. L'evoluzione della cella avviene attraverso eventi concreti, come la creazione di nuove superfici residenziali, l'abbandono o l'occupazione di appartamenti o la conversione di uno spazio da un utilizzo all'altro. Una volta definito il maggior numero di parametri si potranno lanciare le simulazioni matematiche. Dalle poche regole utilizzate si osserverà la nascita di strutture complesse.

### Come verificare l'attendibilità del modello

Lo strumento matematico utilizzato dai ricercatori è la Master Equation (ME) che permette di ricavare un sistema di equazioni differenziali che descrivono la dinamica del sistema urbano. La riduzione di un sistema complesso ad una lista di dati numerici permette inoltre di confrontare in modo più efficace le configurazioni prodotte dalla simulazione con quelle osservate sul territorio. Questo confronto, tecnicamente chiamato "calibrazione", è cruciale se si vuole conferire al modello un potere predittivo. L'idea è di considerare un intervallo di tempo recente nella storia di una città e di adattare i parametri del modello in modo tale che la simulazione matematica riproduca fedelmente lo sviluppo del territorio effettivamente osservato. Quando il processo di calibrazione è completato, il modello matematico può essere interpretato come una versione idealizzata del sistema urbano reale. A questo punto è possibile tentare di estrarre predizioni generali sull'evoluzione della città.

### Informazioni:

Prof. Dr.h.c. Sergio Albeverio  
 Università della Svizzera italiana  
 Accademia di architettura  
 CH-6850 Mendrisio  
 Tel. +41 58 666 5747  
 e-mail: salbeverio@arch.unisi.ch

### Indirizzi web:

Università della Svizzera italiana: [www.unisi.ch](http://www.unisi.ch)  
 Accademia di Architettura: [www.arch.unisi.ch](http://www.arch.unisi.ch)