

ENTROPIA E CONCENTRAZIONE DELLA POPOLAZIONE

Il contributo è già stato pubblicato, su autorizzazione del curatore Gaetano Ferro, nella « Rivista Geografica Italiana », Firenze, 1982, alle pp. 1-53. L'A. ritiene opportuno, pertanto, non duplicare la stampa del saggio; qui di seguito viene riportato un riassunto delle considerazioni ritenute di maggior rilievo.

Il lavoro, la cui componente più propriamente metodologica è stata presentata e dibattuta nella sezione « *Geographical Models and Methods* » del XXIV Congresso Geografico Internazionale (Tokyo 1-5 settembre 1980), si articola su cinque punti fondamentali:

- il dibattito teorico e la base metodologica;
- dinamica dei processi e parametro tempo;
- entropia: tempo e concentrazione;
- entropia e indice R di Lorenz-Gini;
- dalle procedura di misurazione della concentrazione demografica ai problemi connessi con la crescita urbana.

Attraverso questo iter trova puntualizzazione il modo nel quale l'entropia viene applicata anche come misura della concentrazione (o della dispersione). In effetti l'entropia si dimostra strumento assai versatile sul piano metodologico, oltre che concetto dotato di grande potenza e contenuto sul piano più propriamente teorico. Ne fanno fede le molteplici versioni dei modelli probabilistici elaborati dalla dottrina territorialista internazionale e ricordati nella bibliografia finale. Questi modelli entropici si dimostrano particolarmente adatti all'analisi spaziale in quanto, pur se mutuati dalla fisica e, specificamente, dalla termodinamica, sono stati — nella trasposizione territoriale — messi a punto e calibrati all'interno delle comunità scientifiche dei regionalisti e dei geografi. Il loro contenuto transdisciplinare è pertanto modesto e, probabilmente per conseguenza di ciò, piuttosto significativo e penetrante il loro contributo alla interpretazione e alla esplicazione di fenomeni territoriali.

La versione adottata è quella originariamente formulata da Boltzmann ed introdotta nel campo delle scienze sociali da Shannon e Weaver sin dal lontano 1949. Secondo questa configurazione l'entropia perde tutti i suoi fondamentali e caratteristici connotati teologici in quanto da una interpretazione del continuo

$$H = \int \frac{dQ}{T} \quad (\text{Clausius})$$

tipica dei principi termodinamici, diviene una misura del discreto

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \lg p_i \quad (\text{entropia statistica})$$

Nel passaggio fra grandezza termodinamica e misura statistica (sia pure con $i \rightarrow \infty$), venendo meno il carattere di irreversibilità del processo, viene anche meno il contenuto di anisotropia e, di conseguenza, l'aspetto teleologico. L'entropia, a meno di recuperare definizioni modellistiche che operino nel continuo (ed utilizzino quindi la formula di Clausius), in quanto strumento del discreto opera esclusivamente a livello sintagmatico.

Nonostante questa profonda, basilare differenza teorica fra le due definizioni di entropia, fra meccanica statistica (lo stato rimane stabile quando la probabilità è massima) e principio termodinamico (il valore dell'entropia tende ad un massimo, il che significa che essa muove irreversibilmente verso stadi di probabilità via via più elevate) *deve* esistere una relazione. Se questa viene verificata, allora il concetto statistico può essere fatto discendere dalla versione termodinamica e, di conseguenza, è legittimo attribuirgli alcune caratteristiche e proprietà da essa estrapolabili. In caso contrario l'entropia statistica non può essere accreditata di ascendenze termodinamiche e, pertanto, fra le due formulazioni eventuali similarità non implicherebbero l'appartenenza ad una medesima radice teorica.

Come è facile intuire la dimostrazione dell'esistenza o meno di una relazione matematicamente definita non è fatto che debba considerarsi di specifica pertinenza della geografia o di altra disciplina territorialista o spaziale. E' certo, però, che il corretto uso dell'entropia statistica, sul piano strumentale ma soprattutto sul piano teorico e delle sue implicazioni logiche, è anche legato alla conoscenza del suo reale significato, del campo e quindi dei limiti di applicabilità, del tipo di informazione che se ne può ricavare, della sua attendibilità.

Per il motivo testé indicato (relativa pertinenza della geografia) e per non appesantire ulteriormente un testo già ampio, nell'articolo della « Rivista Geografica Italiana » non viene fatta menzione della esistenza della relazione, né vengono citati gli elementi bibliografici nei quali essa è contenuta. La difficoltà di reperimento della dimostrazione che l'entropia statistica rappresenta una specifica versione del principio termodinamico, nonostante l'uso meccanicistico dello strumento (e quindi la normale utilizzazione che ne può essere fatta in geografia o nelle altre scienze del territorio) ne prescinde ampiamente, consiglia di utilizzare questa sede per ricordarla.

Se fra meccanica statistica e principio termodinamico esiste una relazione, si deve poter scrivere

$$S = f(\Omega) \quad [1]$$

Nel caso di due sistemi parziali si avrà

$$S_1 = f(\Omega_1)$$

$$S_2 = f(\Omega_2)$$

$$S_{totale} = S_1 + S_2$$

$$\Omega_{totale} = \Omega_1 + \Omega_2$$

il che equivale a scrivere la [1]

$$f(\Omega_1, \Omega_2) = f(\Omega_1) + f(\Omega_2)$$

ovvero

$$f(x, y) = f(x) + f(y)$$

la quale è valida per qualsiasi valore di x e di y .

Ponendo

$$y = 1 + \varepsilon$$

si avrà

$$f(x + x\varepsilon) = f(x) + f(1 + \varepsilon)$$

Sviluppando in serie di Taylor, prendendo solo il primo termine dello sviluppo

$(f(x) = f(x_0) + (x - x_0) \cdot f'(x))$ e semplificando

$$f(x + \varepsilon x) = f(x) + x \varepsilon f'(x)$$

$$f(x) = f(x)$$

$$f(1 + \varepsilon) = f(1) + \varepsilon f'(1)$$

quindi

$$f(x) + x \varepsilon f'(x) = f(x) + f(1) + \varepsilon f'(1)$$

che per $\varepsilon = 0$ $f(1) = 0$

ma per $\varepsilon \rightarrow 0$

$$f(x) + x \varepsilon f'(x) = f(x) + f(1) + \varepsilon f'(1)$$

$f(1)$ è una quantità trascurabile, quindi

$$x \varepsilon f'(x) = \varepsilon f'(1)$$

$$x f'(x) = f'(1) = c \quad (c = \text{costante})$$

$$f'(x) = \frac{c}{x}$$

integrando entrambi i membri si ha

$$f(x) = c \log x + c$$

quindi

$$S = c \log \square + c$$

il che significa dire che l'entropia statistica è definita a meno di una costante c .

In questo lavoro viene fatto riferimento alla sola entropia statistica e, dato un sistema in movimento (la rete urbana di due regioni: il Lazio e l'area veneta), se ne esaminano le linee di tendenza, sia nel lungo che nel breve periodo. A titolo di conferma e di verifica della attitudine dell'entropia statistica a misurare la concentrazione (o la dispersione), sui dati di partenza è stato anche applicato il procedimento di Lorenz-Gini, e quindi si è operato un confronto con un metodo di comprovata efficacia e sicura affidabilità.

Nella sezione centrale dell'articolo vengono analizzate le serie di valori relative ai due procedimenti ed è contenuta pure la dimostrazione, comprovata dall'andamento della correlazione fra la distribuzione delle due serie di indici di concentrazione, del buon significato dell'entropia come misura statistica della dispersione. Per quanto riguarda i risultati dell'applicazione, oltre a trovare ovvia conferma l'arresto dei fenomeni di crescita dei centri di maggiori dimensioni, sono emerse alcune significative conclusioni.

Nel confronto fra un sistema insediativo poco stabile e — in termini cristalliani — meno razionale ed un secondo più stabile e razionale, si osserva che la presenza di una rete urbana regionale ben articolata e correttamente gerarchizzata è in grado di assimilare e controllare meglio la dinamica spaziale della popolazione, in quanto vengono, praticamente, evitate forme allometriche di crescita urbana. Una rete urbana squilibrata è, al contrario, molto più esposta al rischio di veder amplificati gli squilibri e, inoltre, è genericamente più sensibile nei confronti di momenti e di fenomeni a carattere recessivo (il processo moltiplicativo agisce sia in senso positivo che negativo).

Gli indici di concentrazione ottenuti hanno, ovviamente, confermato il rallentamento della espansione metropolitana o, nei casi di *primate rule* come Roma, denunciato avvisaglie di inversioni di tendenza dei tassi di crescita delle città. Il fenomeno, misurato soprattutto nel corso dell'ultimo decennio preso in esame, si presta ad interessanti considerazioni, in quanto gli indici di concentrazione sono regrediti, rispetto al trend secolare, proporzionalmente meno della diminuzione dei tassi di crescita urbana. Ciò potrebbe significare che il fenomeno regressivo, appena agli inizi, deve ancora prendere consistenza. Potrebbe, però, anche non implicare che il processo di concentrazione demografica, esaurita la propria forza, tenda verso dinamiche contrarie (recupero delle marginalità), in quanto, se i grandi comuni non incrementano secondo i tassi del passato, ciò, non significa che sia anche arrestata la *crescita megalopolitana*. Quest'ultima, infatti, ha comportamenti e dinamiche assai diversi e indipendenti dall'evoluzione dei singoli agglomerati urbani.

E' emersa, infine, una coincidenza, troppo scoperta e lapalissiana per poter essere considerata tale, fra attenuazione dei valori di concentrazione della popolazione ed evoluzione del quadro economico complessivo. Evidentemente la dinamica, della rete urbana rappresenta un aspetto parziale, un risvolto importante, ma derivato, di fenomeni e problemi molto più ampi e complessi. Senza entrare nel merito della fattispecie e limitando la portata delle considerazioni al solo momento metodologico, si può certamente affermare che lo studio del sistema urbano di una regione, desiderando risposte conclusive, non fornisce elementi interpretativi adeguati se l'analisi viene limitata ai soli effetti collaterali. Di conseguenza l'approccio metodologico, oltre alla dinamica urbana, deve conglobare anche i moventi processuali originari e, pertanto, è necessario che sia in grado di sostenere un apparato logico ed informativo complesso.

Il riferimento alla teoria dei sistemi ed alla analisi multivariata è evidente, in quanto è all'interno della evoluzione del sistema economico nella sua interezza che debbono e possono essere trovate le risposte ad alcuni interrogativi circa i moventi del comportamento spaziale degli individui. In caso contrario i valori di concentrazione della popolazione non avrebbero denunciato tutti un andamento analogo, indipendentemente dal livello di sviluppo presente nella regione o nei valori di concentrazione precedenti. Il fatto che ciò sia accaduto sta a significare, evidentemente, che le cause debbono essere ricercate all'esterno del sistema urbano o delle caratteristiche di cui esso è dotato. E, di conseguenza, lo studio della dinamica della rete urbana non può essere disgiunto dallo studio dell'evoluzione del sistema economico, vero artefice della struttura metropolitana. A condizione di avere una teoria di riferimento, ma anche metodologie e strumentazione in grado di aggredire il problema.