

## La Network analysis: uno strumento per lo studio delle reti

L'analisi delle reti sociali (o Network Analysis) rappresenta un insieme di strumenti finalizzati a descrivere le principali caratteristiche di una struttura di nodi e connessioni. In particolare, tali strumenti si rifanno alla teoria dei grafi (Gross e Yellen, 2004).

Un grafo è definito come un insieme di coppie ordinate:

$$G=(V,A),$$

costituite da  $n$  vertici (nodi) e da  $m$  archi (o ponti) che li connettono fra loro.

Un grafo può essere orientato (*directed*) o non orientato (*non-directed*). Nel primo caso, i legami che connettono i nodi hanno una direzionalità (in uscita da un nodo e in entrata in un altro nodo), mentre nel secondo la relazione non ha un orientamento definito.

Una prima caratteristica fondamentale di una rete è il grado di densità, che esprime il livello di saturazione delle relazioni fra i nodi. In altri termini, la densità misura quante siano le connessioni attive fra quelle che, dato il numero di nodi, potrebbero potenzialmente sussistere.

In particolare, il grado di densità (che pertanto assume valori tra 0 e 1) può essere definito come:

$$D=2a/n(n-1)$$

dove  $a$  è il numero di relazioni attive ed  $n$  il numero dei nodi della rete.

Il grado di centralità esprime il numero di relazioni (o la loro importanza relativa, qualora esse siano espresse come intensità) che si riferisce ad un dato nodo (Freeman, 1977).

In particolare, per il nodo  $i$ -esimo, il grado di centralità può essere definito come:

$$DC_i = \sum_{k=1}^N h(n_i, n_k)(N - 1)^{-1}$$

dove  $h$  assume un valore non nullo se l'arco che connette il nodo  $i$ -esimo con il nodo  $k$ -esimo è attivo.

Nelle reti orientate, il grado di centralità può essere calcolato tenendo conto della direzione, definendo, rispettivamente, l'*indegree* (ovvero, il grado di centralità in entrata) e l'*outdegree* (ovvero, il grado di centralità in uscita).

La centralità può essere calcolata anche con il metodo degli autovettori. In questo caso, essa rappresenta una misura dell'importanza relativa di un nodo all'interno della rete. Infatti, tale misura assegna un punteggio relativo ad ogni vertice sulla base del principio secondo cui le connessioni con vertici che presentano un punteggio superiore (un maggiore grado di centralità) contribuiscono in misura maggiore alla determinazione della centralità di un dato nodo rispetto alle connessioni con vertici caratterizzati da punteggi inferiori.

In termini formali, la centralità con il metodo degli autovettori per il nodo  $i$  può essere espressa come segue:

$$AC_i = \frac{1}{\lambda} \sum_k a_{k,i} x_k$$

dove  $\lambda$  è una costante e  $a_{k,i}$  è la cella della corrispondente matrice  $A$  delle adiacenze, ovvero la matrice che riporta valori non nulli in corrispondenza delle sole relazioni attive.

Per ciascun nodo, inoltre, è possibile costruire sottoreti (definite *egonet*) che includono le relazioni generate, attraverso legami diretti o mediati, dal nodo in esame. Al pari della rete ori-

ginaria, anche queste sottoreti possono essere studiate attraverso l'analisi delle caratteristiche di ampiezza (numero di nodi coinvolti) e densità (numero di relazioni rilevanti).

## Per saperne di più

Anselin, L. (1988) *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic, Dordrecht.

Aigner, D.J., Lovell, C.A.K., Schmidt, P. (1977) Formulation and estimation of stochastic frontier production functions. *Journal of Econometrics*, 6: 21-37.

Coelli, T.J., Rao, D.S.P., Battese, G.E. (1998) *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Kluwer Academic Publishing, Boston.

Cliff, A. D., Ord, J. K. 1981 *Spatial processes*, Pion Limited, London.

Freeman, L.C. (1977) A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry* 40: 35-41

Gross J.L., J. Yellen (2004) *Handbook of graph theory*. CRC Press, London.

Kumbhakar, S.C., Lovell, C.A.K (2000) *Stochastic frontier analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.

Meeusen, W., Van den Broeck, J. (1977) Efficiency estimation from the Cobb-Douglas production functions with composed errors. *International Economic Review*, 18(2): 435-444.