



## Non tutti i nodi di una rete sono uguali Small worlds, effetti rete e accettazione tecnologica

*di Francesco Virili*

DIPARTIMENTO IMPRESA E LAVORO  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Possono le dimensioni e la topologia delle reti di utenti influenzare i comportamenti di accettazione di una nuova tecnologia? Si prende qui spunto da un racconto di Malcolm Gladwell pubblicato sul New Yorker per illustrare le peculiarità di alcune reti di relazioni sociali. Soggetti che “conoscono tutti” come Lois Weisberg, l’anziana signora di Chicago protagonista del racconto di Gladwell, moltiplicano le occasioni di contatto tra gli altri soggetti e li mettono in relazione tra loro. Dopo aver illustrato l’effetto “Lois Weisberg” attraverso un modello chiamato “small worlds”, lo metteremo in relazione con i cosiddetti “effetti rete” e ne ipotizzeremo un influsso sulle scelte di accettazione tecnologica. Alcuni recenti studi matematici sugli “small worlds” vengono brevemente illustrati in appendice.



**ticonzero**  
emergenze organizzative tecnologiche e manageriali

<http://www.sdabocconi.it/ticonzero>

©Tutti i diritti riservati. Area Organizzazione e Personale - SDA Bocconi  
Registrazione Tribunale di Milano N.565 del 5 ottobre 2003

## 1 – Introduzione

Possono le dimensioni e la topologia delle reti di utenti influenzare i comportamenti di accettazione di una nuova tecnologia?

Prendendo spunto da un racconto di Malcolm Gladwell apparso sul "New Yorker", si pone qui l'attenzione sulla struttura delle reti di relazioni sociali, con particolare riguardo al numero e al tipo di connessioni. Dal racconto (e dagli studi sul tema) emerge chiaramente che non tutti i nodi di una rete sociale sono uguali: i pochi individui che "conoscono tutti", come Lois Weisberg, (l'anziana signora di Chicago protagonista del racconto), moltiplicano le occasioni di contatto tra gli altri individui e li mettono in relazione tra loro. L'effetto "Lois Weisberg" può essere spiegato attraverso un modello matematico chiamato "small worlds" (analizzato più in dettaglio in appendice) che mostra come pochi nodi "particolari" possano modificare profondamente l'intero sistema di connessioni.

Tale effetto, se applicato ai processi di accettazione tecnologica secondo una prospettiva relazionale, mette in luce due possibili ambiti di indagine:

1) (effetti rete) quanto contano gli effetti rete ai fini delle scelte di accettazione tecnologica? In altre parole: possono le dimensioni della rete di utenti potenziali influenzare i processi di accettazione?

2) (small worlds) quanto conta la particolare topologia delle reti sociali (small worlds) ai fini delle scelte di accettazione tecnologica? In altre parole: può la presenza/assenza di nodi "Lois Weisberg" influenzare i processi di accettazione?

Nella sezione che segue, il racconto di Gladwell viene riportato in ampi brani, con l'intento di illustrare la peculiarità e l'importanza di alcuni nodi particolari della rete sociale, introducendo il modello "small world" e alcuni studi sul tema. In seguito, la prospettiva "relazionale" sullo studio dell'accettazione tecnologica viene estesa alla possibilità di considerare, accanto alla qualità delle relazioni, anche la dimensione della rete degli utenti potenziali (effetti rete) e la sua topologia (small worlds). Un'appendice matematica completa la discussione, illustrando più da vicino alcuni studi recenti sui modelli "small worlds".

## 2 – Il "tipo" Lois Weisberg e gli "small worlds"

La storia di Lois Weisberg, un'anziana signora di Chicago, è stata pubblicata da Malcom Gladwell nel numero di Gennaio 1999 del New Yorker, ed è anche accessibile on line dal sito dell'autore, con il titolo "Six Degrees of Lois Weisberg".

Il racconto di Gladwell comincia così: "*Chiunque conosca Lois Weisberg ha una storia da raccontare su come l'ha incontrata, e sebbene Lois abbia fatto migliaia di cose nella sua vita e abbia incontrato migliaia di persone, ogni storia somiglia un po' alle altre. Lois (tutti la chiamano per nome) viene descritta sempre con la sua inseparabile sigaretta, mentre beve una delle innumerevoli tazze di caffè giornaliera. Di solito era ancora in piedi la notte prima alle tre del mattino, ed è già alzata alle sette, per cui sembra quasi non aver bisogno di dormire... In ogni caso, tutti notano i suoi grandi occhiali da vista tempestati di finti brillanti, che le rendono gli occhi ancora più grandi e rassicuranti.*"

Al di là dei tratti umani molto peculiari di Lois, quello che le avviene intorno è assolutamente serio e rilevante, Ed emerge man mano dalle storie di alcuni dei suoi incontri, come ad esempio quando incontra casualmente nel parco Cindy, una giovane donna che stava protestando per la rimozione di una meravigliosa scultura di Carl von Linné; la fa entrare nella costituenda "Associazione Amici del Parco" di cui diventerà presidente; in seguito le farà poi conoscere quella che poi diverrà la

sua migliore amica. *"Quasi tutto quello che faccio oggi e il novanta per cento dei miei amici vengono da lei, per via di quell'incontro casuale" dice oggi Cindy, "In qualche modo questo pensiero mi spaventa. Non riesco a immaginare che cosa sarebbe successo se Lois fosse passata di là solo cinque minuti prima".*

A dire il vero, le probabilità che Cindy incontrasse comunque Lois, prima o poi, erano piuttosto alte: infatti

*"a Chicago Lois Weisberg è connessa in qualche modo con tutti: attualmente è l'Assessore alla Cultura di Chicago, ma nel corso dei suoi settantatré anni ha avuto a che fare con attori e musicisti e dottori e medici e politici e attivisti e ambientalisti e, una volta, ha persino aperto un negozio di gioielli usati, e in ogni occasione si è fatta degli amici e degli alleati che in gran parte sono rimasti in contatto con lei fino ad oggi."*

Il racconto di Malcolm Gladwell va avanti spiegando come Lois, che è stonata come una campana e non ha alcun senso del ritmo, fosse casualmente diventata amica di grandi musicisti, come Dizzy Gillespie e Tony Bennett; una volta, sempre "per caso" (la coincidenza è piacevolmente descritta nell'articolo), le era capitato di avere a casa a conversare amabilmente avvolti nel fumo delle sue sigarette tre scrittori del calibro di Arthur Clarke, Isaac Asimov e Robert Heinlein.

Ma fino a che punto può trattarsi di semplici coincidenze? Potremmo chiederci a questo punto se esiste un "segreto" dietro tutti questi incontri.

Innanzitutto, riflette Gladwell, Lois Weisberg rappresenta un "tipo" ben individuabile: *"Lois è il tipo di persona che sembra conoscere chiunque"*

Eppure, anche se tutti noi conosciamo qualche Lois Weisberg, non sappiamo gran che su di loro. Dopo la sera del loro incontro con Lois, Isaac Asimov e Arthur Clarke dissero semplicemente: *"Lois has this thing - whatever it is - that brings people together"*.

Ma qual è questa "cosa"? Qual è il segreto di queste persone? E quanto sono importanti i tipi come Lois Weisberg nella società?

Secondo Gladwell, *"Lois, bisogna dirlo, non ha mai secondi fini, nel senso che non parte mai con l'intenzione di conoscere qualcuno per puro interesse. Secondo Gary Johnson, che è stato il capo di Lois anni fa quando Lois era il direttore esecutivo del Chicago Council of Lawyers, "She doesn't network for the sake of networking."*

Inoltre Lois non è nemmeno un tipo "carismatico" nel senso tradizionale del termine, cioè qualcuno che si pone immediatamente al centro dell'attenzione in presenza di altri. Lois non riempie una stanza e non attira gli sguardi al suo arrivo.

Ciononostante *"Lois è l'epicentro dell'amministrazione di Chicago. Eppure Lois non è affatto la persona più importante o potente della città. Il fatto è che se connettiamo tutti i punti che costituiscono il sistema di gruppi di interesse, centri di potere e di influenza del territorio, finiamo per imbatterci in Lois più e più volte. Lois è un connettore"*. Emblematico e divertente è l'episodio di come Lois ospitasse a casa sua degli amici che discutevano e costruivano il consenso intorno a Harold Washington, quello che sarebbe poi divenuto il primo sindaco di colore della città; l'eco di queste idee politiche si diffuse rapidamente fino in Cina, perché Lois aveva invitato anche uno studente universitario cinese che l'aiutava in cucina. Casualmente, questo aiutante cuoco collaborava occasionalmente con il China Youth Daily, un giornale cinese con una tiratura di decine di milioni di copie. Così, *"nel modo improbabile in cui funziona il mondo, si era aperto un portale che connetteva le idee politiche riformiste della "Chicago North Side" con i lettori del "China Youth Daily", e questa connessione era il salotto di Lois. Potremmo obiettare che si trattava di un caso, come avvenne per l'incontro con Isaac Asimov e per quello con Cindy. Ma prima o poi tutte queste coincidenze cominciano ad assumere*

un significato.

In Sociologia alcuni aspetti dei "tipi Lois Weisberg" sono già stati oggetto di studio: *"Verso la fine degli anni '60, uno psicologo sociale di Harvard di nome Stanley Milgram, condusse un esperimento nel tentativo di trovare una risposta a quello che è conosciuto come "the small-world problem", che potremmo anche chiamare "il problema di Lois Weisberg"*. Ci chiediamo: come sono connessi tra loro gli esseri umani? Apparteniamo forse a tanti mondi separati, che operano simultaneamente ma in modo autonomo? Se così fosse, le connessioni tra due persone in due parti qualsiasi del globo sarebbero ben poche... O piuttosto apparteniamo tutti a una grande rete di relazioni che unisce più o meno direttamente tutti noi?

Milgram pensò di verificare queste ipotesi attraverso una "chain letter", cioè con quella che noi chiamiamo spesso "catena di S. Antonio". Egli estrasse casualmente i nomi di 160 persone che vivevano a Omaha in Nebraska, e spedì a ciascuno di loro un piccolo pacco. Nel pacchetto c'era il nome e l'indirizzo di un agente di borsa che lavorava a Boston e viveva a Sharon, nel Massachusetts. A ciascuno dei 160 fu richiesto di scrivere il proprio nome in una lista, nel pacchetto, e di recapitare il tutto ad un amico o conoscente che pensavano l'avrebbe portato più "vicino" al destinatario. La stessa cosa avrebbe fatto chi riceveva il pacchetto. Il recapito finale sarebbe avvenuto quando il pacchetto fosse arrivato in mano a qualcuno che conosceva personalmente l'agente di borsa.

L'idea di Milgram era che analizzando le liste dei passaggi si potesse capire che tipo di catena di relazioni legava una persona scelta a caso in una parte della nazione con un'altra scelta a caso che si trova in tutt'altro luogo. Milgram scoprì che la maggior parte delle lettere avevano raggiunto l'agente di borsa in cinque o sei passaggi. E' da questo esperimento che nacque dunque il concetto di "six degrees of separation" (sei gradi di separazione) che dà il titolo all'articolo su Lois Weisberg. Il concetto dei "sei gradi di separazione" ci è oggi piuttosto familiare, tanto che esiste anche un film di Fred Schepisi sull'argomento, uscito nel 1995: "Sei gradi di Separazione", <http://it.movies.yahoo.com/4/8/30018.html>. Eppure la scoperta di Milgram risulta per molti versi ancora sorprendente. La maggior parte di noi non frequenta gruppi di amici particolarmente diversi. In uno studio molto noto<sup>1</sup>, due psicologi chiesero ad alcune persone di un quartiere dell'uptown Manhattan quali fossero i loro amici più stretti: quasi il 90% degli amici si trovava nello stesso edificio, e metà nello stesso piano. Dall'indagine emerse che la gente tendeva a scegliere amici della stessa età e razza. Ma se l'amico viveva molto vicino, sia l'età che la razza diventavano molto meno importanti. La vicinanza risultava dunque più decisiva della somiglianza. In un'altra ricerca<sup>1</sup>, effettuata su un campione di studenti dell'Università dello Utah, emerge che, se chiediamo a qualcuno perché è amico di qualcun altro, egli tende a rispondere che è perché hanno interessi e attitudini simili. Ma se effettivamente vengono chiesti ai due soggetti quali sono i propri interessi e attitudini, questa affermazione si rivela illusoria, perché quello che gli amici tendono ad avere davvero in comune sono le attività. Noi siamo amici della gente con cui condividiamo attività, non necessariamente con le persone che ci somigliano. Per quanto possa sembrare strano, tipicamente, nel lungo periodo, non "scegliamo" liberamente i nostri amici; semplicemente ci associamo con le persone che occupano i nostri stessi spazi fisici. Di regola, la gente che vive in Omaha in Nebraska (i 160 soggetti dell'esperimento di Milgram) non sceglie i propri

---

<sup>1</sup> Malcolm Gladwell nell'articolo originale sul New Yorker indica genericamente questi studi ma non fornisce alcun riferimento bibliografico più preciso. Ho recentemente inviato una mail a Gladwell per ottenere maggiori informazioni.

amici tra gli abitanti di Sharon, in Massachussets (dove viveva il destinatario del pacchetto). E allora come hanno fatto i plichi a attraversare gli Stati Uniti in soli cinque passaggi?

Nel 1969, Milgram scriveva: "Quando ho chiesto ad un mio amico, che reputo intelligente, quanti passaggi pensava che ci sarebbero voluti, egli stimò che ci sarebbe stato bisogno di almeno 100 intermediari per arrivare a Sharon partendo dal Nebraska. Molte altre persone fanno stime di questa portata, e sono molto sorprese di sapere che in media sono sufficienti soltanto cinque intermediari. In qualche modo questo contraddice l'intuito".

La spiegazione è che nei sei gradi di separazione non tutti i passaggi sono uguali. Quando Milgram analizzò i risultati del suo esperimento, per esempio, scoprì che molte delle catene che portavano a Sharon seguivano lo stesso modello asimmetrico. Ventiquattro plichi avevano raggiunto l'agente di borsa a casa sua, a Sharon, e sedici di questi gli erano stati recapitati dalla stessa persona, un commerciante di tessuti che Milgram chiama Mr. Jacobs. Il resto dei pacchetti arrivarono all'agente nel suo ufficio di Boston, e la gran parte di questi arrivò attraverso due persone, che Milgram chiama Mr. Brown e Mr. Jones. In tutto, una buona metà dei pacchetti che raggiunsero l'agente di borsa gli vennero consegnati da queste tre persone. Pensateci: decine di persone scelte a caso in una grande città del Midwestern, spediscono indipendentemente i loro pacchetti. Alcuni ai loro compagni del college, altri ai loro parenti, altri magari a ex colleghi di lavoro, e così via. Eppure alla fine, quando tutte queste catene indipendenti giungono a completamento, metà dei pacchetti passano attraverso le mani di Jacobs, Jones e Brown. Sei gradi di separazione non significa soltanto che tutti siamo connessi con tutti attraverso sei passaggi. Significa anche che un numero molto piccolo di persone sono connesse a tutti gli altri in pochi passaggi, e il resto di noi è connesso al mondo attraverso queste poche persone". Nell'ultima parte del suo articolo, Gladwell offre alcune riflessioni brillanti e originali su queste idee, corroborate da altri aneddoti della vita di Lois, interpretati alla luce degli studi di Mark Granovetter (1974) sull'importanza della quantità piuttosto che della qualità delle relazioni tra le persone ai fini della ricerca di un impiego.

A questo punto però vorrei tentare di mettere in relazione le idee e i modelli di tipo "small world" (che vengono illustrati dal punti di vista matematico in appendice) con il tema centrale di questo articolo : l'influsso degli "effetti rete" sui processi di accettazione tecnologica.

### **3 – Small worlds, accettazione tecnologica ed “effetti rete”**

Nel *numero 53/2004* di Ticonzero (Magni 2004) è stato affrontato il tema dell'accettazione tecnologica, uno degli studi classici nell'ambito dei sistemi informativi (cfr. Pontiggia 2001), evidenziando la necessità di affiancare al classico approccio "strumentale-normativo" una prospettiva relazionale. In altre parole, la spiegazione delle ragioni che spingono gli utenti ad accettare una tecnologia, decidendo di adottarla anche se possono ricorrere ad altre alternative, si riconduce solitamente alla strumentalità della tecnologia stessa e alle pressioni istituzionali e normative. La strumentalità della tecnologia si manifesta quando l'utente potenziale ha la percezione di una maggiore utilità e/o facilità d'uso della tecnologia rispetto alle alternative possibili. Le pressioni istituzionali e normative avvengono quando l'utente potenziale subisce condizionamenti o acquiescenza, o quando viene motivato all'accettazione da riconoscimenti formali e/o informali.

L'adozione di una prospettiva relazionale ci porta a considerare che l'accettazione di

una tecnologia potrebbe essere influenzata dalla qualità delle relazioni dell'utente potenziale con il gruppo di riferimento, con il supervisore e con l'istituzione. L'idea è che una buona qualità di relazioni a tutti e tre i livelli possa alleviare lo stress associato al cambiamento e favorire la nascita di atteggiamenti positivi nei confronti della nuova tecnologia, facilitandone l'accettazione.

Prendendo spunto dal racconto di Lois Weisberg, ci possiamo chiedere se non solo la qualità delle relazioni, ma anche le dimensioni e il tipo di connessioni della rete relazionale possano influenzare le scelte di accettazione.

Per quanto riguarda le dimensioni, i cosiddetti "effetti rete" o "esternalità di rete" sono ormai da tempo oggetto di studio: esistono categorie di beni e servizi che sono "interconnessi" in una rete, come ad esempio il telefono, il fax, la posta elettronica, ma anche i sistemi operativi e i computer, o le console per i videogiochi. Per queste categorie di beni, i benefici che l'utente percepisce crescono al crescere delle dimensioni della rete: ad esempio il sistema di telefonia web "skype" ([www.skype.com](http://www.skype.com)) era per me fino a qualche tempo fa di scarsa utilità perché solo pochissime persone lo utilizzavano. Con il crescere del numero di utenti la sua utilità si è per me accresciuta: in questo momento ad esempio ci sono oltre 3 milioni di persone in linea su skype; io attualmente ho tra i miei contatti 31 amici e colleghi con cui posso comunicare via skype. Dunque per molte categorie di beni e/o servizi (tra cui il software), al crescere delle dimensioni della rete di utenti, si accresce anche il valore del bene o del servizio<sup>2</sup>. Tale fenomeno prende il nome di "effetto rete" (Arthur 1990; Liebowitz e Margolis 1998). Possiamo dunque chiederci: è possibile che l'effetto rete possa influenzare la percezione di utilità/facilità d'uso, spingendo all'adozione?

Io sono convinto di sì: credo che uno dei motivi ad esempio per cui (quasi) tutti usiamo lo stesso sistema di videoscrittura è proprio dato dalle dimensioni della rete di utenti che possono scambiare tra loro liberamente i documenti in formati compatibili e anche supportarsi a vicenda nell'uso dell'applicazione. Chi di noi non ha mai pensato di adottare un sistema Macintosh? Secondo le teorie classiche dell'accettazione tecnologica, la maggiore facilità d'uso di Macintosh dovrebbe spingere gli utenti alla sua adozione. In effetti se la dimensione della rete di utenti Macintosh fosse superiore a quella degli utenti Windows, forse le nostre scelte di accettazione tecnologica potrebbero essere diverse.

Lois Weisberg e gli small worlds ci fanno pensare non solo alle dimensioni della rete di relazioni, ma anche al tipo di connessioni.

Come sono fatte le reti di relazioni che uniscono gli utenti di una tecnologia? Qual è la loro topologia? Questa domanda è tanto insolita quanto stimolante<sup>3</sup> e può far riflettere a lungo. L'assunzione implicita fatta da chi studia gli effetti rete è che si tratti di reti completamente connesse. In effetti ad esempio per il telefono e il fax è proprio così: ciascuno degli utenti è potenzialmente in connessione diretta con qualsiasi altro nodo della rete. Eppure, come gli studi di Milgram hanno mostrato, le relazioni sociali non si snodano attraverso reti di questo tipo. Tipicamente le reti sociali sono delle "small world networks": esistono solo pochi tipi "Lois Weisberg" che sono connessi a moltissimi altri nodi; in termini matematici, il grado medio di clustering è piuttosto elevato mentre la lunghezza media di percorso è abbastanza bassa (vedi appendice).

Uno dei fatti straordinari degli small worlds è che la presenza, anche in una rete molto grande, di pochissimi nodi tipo "Lois Weisberg", riduce molto la lunghezza

---

<sup>2</sup> Tale accrescimento di valore riguarda sia il valore marginale (per un nuovo utente) che quello complessivo (per tutti gli utenti già esistenti). Il telefono rappresenta l'esempio classico.

<sup>3</sup> Si ringrazia Alessandro D'Atri che ha sollevato la questione dopo la presentazione del working paper: (Pontiggia e Virili 2005)..

media di percorso, aumentando in un certo senso l'intensità delle relazioni sociali e amplificando le possibilità effettive di contatto tra i nodi. Ad esempio, nel racconto di Gladwell molti dei protagonisti sono entrati in relazione tra loro proprio grazie alla presenza di Lois.

A questo punto possiamo chiederci: i processi di accettazione tecnologica possono essere influenzati dalla presenza di nodi "Lois Weisberg"? Se fosse vero, sarebbe possibile influenzare le scelte di accettazione intervenendo non solo sulle dimensioni della rete di utenti, ma anche sul "tipo" di utenti della rete: ad esempio, individuando in una organizzazione i soggetti più vicini al tipo "Lois Weisberg" ed effettuando su di loro interventi mirati di formazione.

In conclusione, il racconto di Gladwell ci offre interessanti spunti di riflessione e di indagine sul tema delle reti, che ci confermano l'interesse di una prospettiva relazionale per spiegare i processi di accettazione tecnologica, affiancando allo studio della qualità delle relazioni anche quello degli effetti rete legati alla dimensione e alla topologia della rete stessa.

Eppure, prima di tutto, il racconto su Lois Weisberg è molto divertente: se volete sapere come va a finire non aspettate ancora e andate subito all'indirizzo [http://www.gladwell.com/1999/1999\\_01\\_11\\_a\\_weisberg.htm](http://www.gladwell.com/1999/1999_01_11_a_weisberg.htm).

#### **4 – Appendice: Il modello matematico di Watts sugli small worlds come mix di ordine e caos**

Nel numero di giugno 1998 di Nature sono apparsi due articoli, uno più divulgativo a firma di James Collins e Carlson Chow, "It's a small world", e uno più tecnico, "Collective dynamics of 'small-world' networks", ad opera di Duncan Watts e Steven Strogatz. Duncan Watts ha in effetti dedicato il suo dottorato di ricerca in "Theoretical and Applied Mechanics" presso la Cornell University all'analisi matematica degli small worlds. Dalla sua tesi di dottorato è nato un libro, che è stato pubblicato nel 1999 dalla Princeton University Press: "Small Worlds: the Dynamics of Networks between Order and Randomness". Già il titolo del libro è indicativo dell'idea che è alla base dei suoi modelli: le strutture di rete chiamate small worlds posseggono alcune caratteristiche di ordine e alcune caratteristiche di caos. Quanto segue è essenzialmente basato sulla review del libro di Watts apparsa ad opera di J.W. Grossmann sull'American Mathematical Monthly.

Watts usa la teoria dei grafi (detti anche reti), che affonda le sue origini nell'opera di Eulero, il quale già agli inizi del '700 si serviva delle reti mostrando, tra l'altro, come non fosse possibile attraversare tutti e sette i ponti della città di Königsberg senza mai dover tornare indietro.

Se usiamo un grafo per rappresentare una relazione sociale, abbiamo due nodi o vertici (vertices), che rappresentano le persone; i due vertici sono uniti da una connessione (edge) se le due persone si conoscono; consideriamo un livello sufficiente di conoscenza il fatto che esse si diano reciprocamente del tu. Immaginiamo la rete delle relazioni sociali degli abitanti del pianeta, che unisce  $n =$  quasi 6,5 miliardi di persone, semplificando diciamo che comprenda  $6 \cdot 10^9$  nodi. Il numero totale di connessioni possibili è molto elevato: ciascuno degli  $n$  nodi può essere connesso con i rimanenti  $(n-1)$  quindi in totale è  $n \cdot (n-1) / 2$ . Si divide per due perché ciascuna connessione verrebbe altrimenti conteggiata due volte: la prima partendo dal primo vertice verso il secondo e la seconda partendo dal secondo verso il primo. Insomma il numero di connessioni possibili è nell'ordine di grandezza di  $18 \cdot 10^{18}$ .

Questa sarebbe la situazione se ciascuno degli abitanti della terra conoscesse

personalmente tutti gli altri: una rete fittissima di rapporti con questo spaventoso numero di connessioni: oltre 18 miliardi di miliardi. In realtà invece le cose stanno diversamente: ciascuno di noi ha relazioni dirette (del tipo specificato sopra, cioè dandosi del tu) con i propri familiari e con alcune delle persone (amici e conoscenti) con cui è venuto a contatto nelle successive fasi della propria vita.

Si tratta dunque di una struttura molto "sparsa" in cui ciascuno degli  $n$  ( $n \approx 6 * 10^9$ ) vertici è connesso soltanto con un piccolo numero degli altri nodi della rete, diciamo in media con  $k$  elementi. Tecnicamente  $k$  viene chiamato il "grado medio" (average degree) di ciascun vertice ed è sicuramente molti ordini di grandezza più piccolo di  $n$ , ad esempio se in media ciascuno degli abitanti della terra ha 1000 persone con cui si dà del tu, allora  $k = 1000$ . Notiamo dunque che il numero di connessioni "reali" è molto inferiore a quello massimo teorico: tale valore è infatti pari nel nostro esempio a  $k*n/2 = \text{circa } 3 * 10^{12}$  (3000 miliardi).

Pensiamo dunque a questa rete così "sparsa" di relazioni sociali tra gli abitanti della terra: ci sono almeno due proprietà che meritano la nostra attenzione. La prima viene chiamata clustering, ed è la tendenza delle connessioni a raggrupparsi in sottografi più densi. Immaginate una rete sparsa come formata da tante "nuvolette" di connessioni più dense (cioè che uniscono elementi vicini). Le nuvolette sono invece in media abbastanza distanti tra loro.

La seconda proprietà è la lunghezza dei percorsi (path) che uniscono coppie di vertici. Immaginate di voler passare da un vertice qualsiasi della rete ad un altro: la lunghezza è 1 se c'è una connessione diretta, 2 se devo passare attraverso un vertice intermedio, 3 se devo fare due passaggi, ecc.

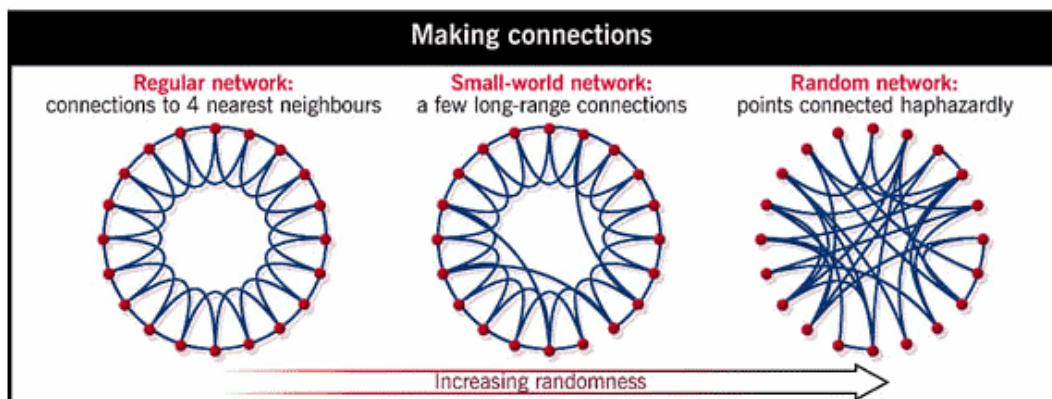
Tecnicamente, il grado di clustering è una proprietà locale, mentre la lunghezza dei percorsi è una proprietà globale della rete.

Vediamo ora se è possibile costruire un grafo che presenti le proprietà del sistema delle relazioni sociali evidenziate da Milgram: grado elevato di clustering e bassa lunghezza media dei percorsi. Ecco uno degli esempi più semplici tra quelli proposti da Watts: immaginiamo di porre i 1000 vertici di una ipotetica rete lungo il perimetro di un cerchio e di tracciare una connessione tra ciascuno dei 1000 vertici e i cinque più vicini sia a sinistra che a destra. Otterremo una rete con 1000 vertici e 5000 connessioni. In media, ciascuno dei vertici avrà  $k=10$  connessioni. (Infatti  $5000 = 10*1000/2$ ). La rete risultante viene chiamata dai teorici dei grafi "power of a cycle" e denominata  $C_{1000}^5$ , dove 1000 indica il numero dei vertici e 5 la distanza massima di connessione. Essa è fortemente regolare e strutturata. Se prendiamo una porzione della rete, selezionando un'area che racchiude  $n=10$  vertici consecutivi, le connessioni teoricamente possibili tra i 10 vertici considerati se la rete fosse interamente connessa sarebbero  $(n*n-1)/2 = 45$ . Dato che però ogni vertice è connesso solo con i cinque più vicini (a sinistra e a destra), dalle 45 connessioni dobbiamo escludere quelle tra i vertici a distanza maggiore di 5. Partendo dall'estremo sinistro, dobbiamo escludere 4 connessioni verso gli elementi più a destra; per il successivo ne escludiamo 3, poi 2 e 1 per un totale di 10 esclusioni. Dunque il totale di connessioni presenti nel nostro grafo in un'area qualsiasi di 10 vertici consecutivi è di  $(45-10)=35$  sulle 45 teoricamente possibili. Il coefficiente di clustering è dunque molto elevato:  $35/45 = 0,78$ . Il coefficiente di clustering viene denominato gamma e può arrivare ad un massimo di 1.

D'altra parte, la lunghezza media dei percorsi di questo nostro grafo (denominata tecnicamente path length  $L$ ), è elevata: in media è necessario attraversare circa un quindicesimo dell'intero cerchio per andare da un qualsiasi vertice all'altro. Watt ha calcolato tale lunghezza in  $L = 246*10/37 = 66.48$  passaggi. Questo esempio quindi ha il desiderato grado elevato di clustering  $\gamma = 0,78$  ma ha una lunghezza media dei percorsi  $L = 66.48$  molto più alta di quel valore (secondo Milgram intorno

a 6) che avremmo desiderato perché rispecchiasse le caratteristiche della nostra rete sociale.

Per ridurre  $L$  possiamo costruire un grafo casuale (random graph) dove le connessioni, invece che ordinate rigidamente verso i vertici più vicini, sono assegnate a caso. Ecco una costruzione esemplare: si parte dal ciclo  $C_{1000}^1$ , cioè da un cerchio di 1000 vertici, ciascuno connesso con i due più vicini ad ambo i lati, e poi si aggiungono 4000 connessioni casuali, avendo cura di non duplicarne nessuna. (Si comincia dal ciclo  $C_{1000}^1$  per ragioni tecniche, semplicemente per garantire che il grafo risultante sia interamente connesso, cioè che non restino vertici isolati). I grafi casuali sono stati studiati approfonditamente per decenni, e sono noti per le loro lunghezze medie dei percorsi estremamente basse. Sia la teoria che gli esperimenti di Watts concordano nell'indicare che quasi sicuramente nel nostro caso otterremo una lunghezza media di percorso pari a circa 3. D'altra parte, abbiamo inserito soltanto 4000 delle possibili 498.500 nuove connessioni, sicché ogni connessione ha una probabilità di essere presente pari a 0.008. Per questo ci aspettiamo che nei dintorni di un qualsiasi vertice quasi nessuna delle possibili connessioni con i vertici vicini sia presente, determinando quindi mediamente un coefficiente di clustering molto basso. Dunque anche questo tipo di grafo, con bassa lunghezza media di percorso e basso grado di clustering, non rispecchia le caratteristiche della rete delle relazioni sociali.



"From Regular to Random Network". Fonti: New Scientist, 6 June 1998; Giustiniano e Carignani (1999)<sup>4</sup>.

Questi due tentativi falliti di modellare la rete delle relazioni sociali (il "power of a cycle", fortemente ordinato, e il "random graph", fortemente disordinato, visualizzati rispettivamente a sinistra e a destra della figura qui sopra) possono essere considerati come i due estremi in un continuum di possibilità, che va dal fortemente strutturato al fortemente casuale. Watts ha studiato un meccanismo (anzi, a dire il vero una serie di meccanismi), per esplorare questo continuum. Ecco il più semplice. Prendiamo un parametro beta compreso tra 0 e 1. Cominciamo con il modello fortemente strutturato  $C_n^{k/2}$  del nostro primo esempio, dove  $n$  è il numero di vertici e  $k$  il grado medio; prendiamo in rassegna in maniera sequenziale e sistematica una ad una le connessioni esistenti e, con probabilità beta, modifichiamole sostituendo ad uno dei due vertici uno qualsiasi scelto a caso. La connessione resterà invece immutata con probabilità  $1-\text{beta}$ . Ovviamente se  $\text{beta}=0$

<sup>4</sup> Si ringraziano Luca Giustiniano e Andrea Carignani per aver gentilmente messo a disposizione il paper da cui è tratta questa figura.

il grafo resterà immutato, mentre se  $\beta=1$  esso verrà convertito in un grafo casuale. Ebbene, basta modificare pochissime delle connessioni iniziali (quindi bastano valori di  $\beta$  molto vicini allo zero) per ridurre drasticamente la lunghezza media di percorso del grafo iniziale, grazie all'effetto "scorciatoia" delle poche connessioni casuali inserite. (Secondo quanto indicato da Watts, questa idea risale a una pubblicazione del 1988 di Bela Bollobas e Fan Chung). D'altro canto, se  $\beta$  è piccolo, allora le poche connessioni ridefinite non abbassano il coefficiente di clustering  $\gamma$  in modo significativo. Con una serie estensiva di simulazioni Watts ha scoperto che valori di  $\beta$  intorno a 0,1 sono sufficienti a portare la lunghezza media di percorso  $L$  a valori intorno a 5 pur mantenendo valori elevati di  $\gamma$  (clustering). Questo modello ibrido riesce finalmente a rispecchiare le caratteristiche della rete delle relazioni sociali! Si tratta di una "small world network", visibile al centro della figura.

## BIBLIOGRAFIA

Arthur, B.W. (1990) Positive feedback in the Economy, *Scientific American*, Febbraio, 92-99.

Granovetter M. (1974) *Getting a job: A study of contacts and careers*, Harvard University Press, Cambridge (MA).

Giustiniano e Carignani A. (1999) The Role and the Impacts of ICT in "Small-World" Social Networks: Some Preliminary Considerations, *Atti del BIT (Business Information Technology Conference) 1999*, Manchester.

Liebowitz, S. J. e S. E. Margolis (1998) "Network Externality (Effect)" voce in *The New Palgrave Dictionary of Economics and the Law*, MacMillan, <http://www.utdallas.edu/~liebowit/palgrave/network.html> .

Magni M. (2004) [Accettazione tecnologica: verso una prospettiva relazionale](#) *Ticonzero n. 53*

Pontiggia A. (2001) *Impiego efficiente delle tecnologie dell'informazione*, EGEA Milano.

Pontiggia A., Virili F. (2005) [Effetti rete e accettazione tecnologica](#), *Atti del VI Workshop dei Docenti e dei Ricercatori di Organizzazione Aziendale*, Milano 2005.