



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO

---

# ***Dynamic Social Networks***

*Modeling Trust, Shocks and Hype*

**Marco Cremonini**

*Dip. di Tecnologie dell'Informazione  
Università degli Studi di Milano*

`marco.cremonini@unimi.it`

**Luca Allodi**

*Dip. di Tecnologie dell'Informazione  
Università degli Studi di Milano*

`luca.allodi@studenti.unimi.it`



# Outline

## **Interdisciplinarietà dell'ambito di ricerca**

- ▶ La ricerca sulle Dynamic Social Network viene condotta in diversi ambiti scientifici, presentando sia aspetti e approcci specifici, sia tratti comuni
- ▶ Se ne occupano: economisti, sociologi, fisici, informatici

## **Modello orientato alla diffusione di conoscenza e sviluppo del simulatore**

- ▶ Progetto di ricerca condotto da Luca Allodi, Luca Chiodi e Marco Cremonini - Università degli Studi di Milano

## **Risultati e analisi**

- ▶ Analisi del trust ed effetti di shock sull'evoluzione stocastica del sistema
- ▶ Adozione di meccanismi di self-organization



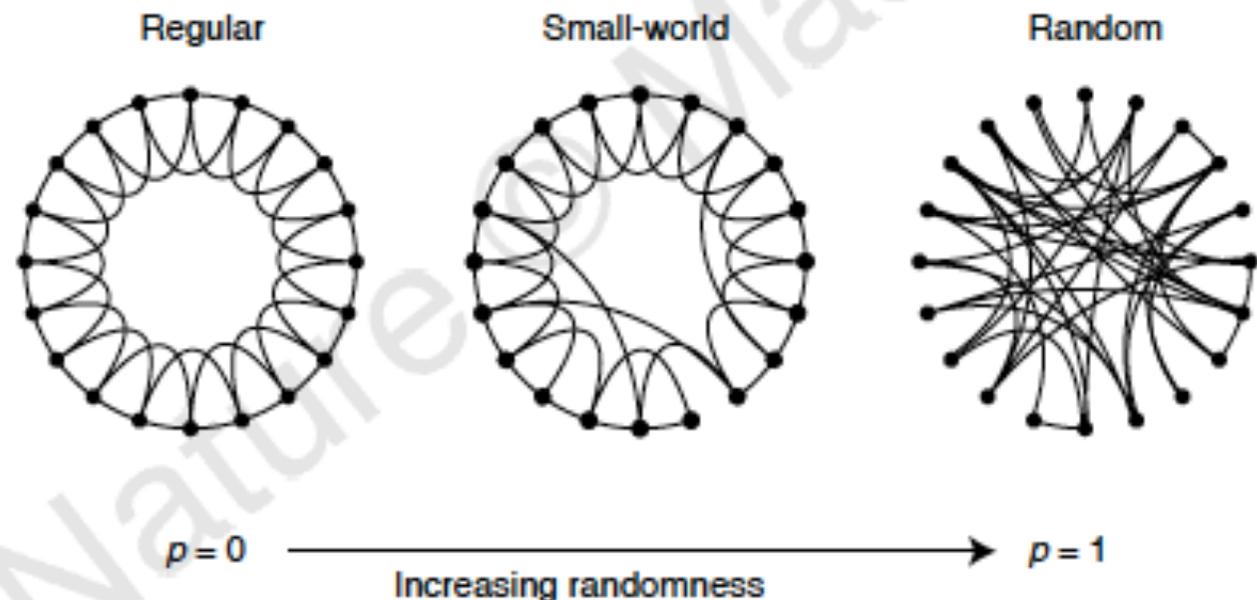
# ***Gli ambiti di ricerca***



# Small-world Networks

Watts&Strogatz "Collective dynamics of 'small-world' networks",  
*Nature*, Vol. 393, June 1998

- ▶ Aumenta il grado di disordine
- ▶  $p$ : probabilità di riconnettere un arco a un diverso nodo
- ▶ Small-world network:
  - ▶ Elevato indice di clustering (come una Regular Network)
  - ▶ Path caratteristico breve (come una Random Network)

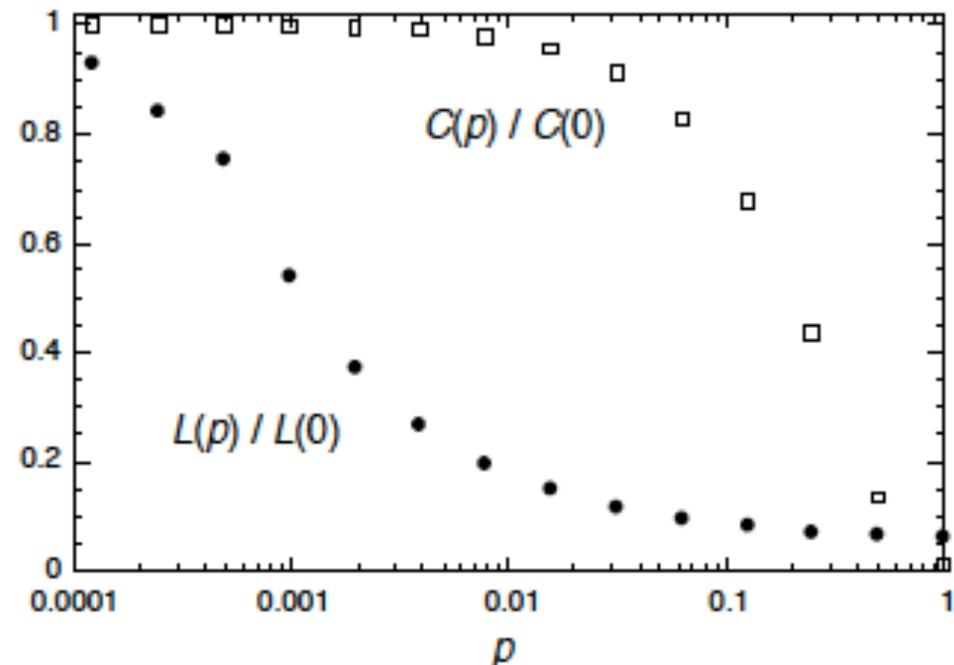


**Figure 1** Random rewiring procedure for interpolating between a regular ring lattice and a random network, without altering the number of vertices or edges in the graph. We start with a ring of  $n$  vertices, each connected to its  $k$  nearest neighbours by undirected edges. (For clarity,  $n = 20$  and  $k = 4$  in the schematic examples shown here, but much larger  $n$  and  $k$  are used in the rest of this Letter.)



## Small-world Networks (2)

- ▶ Le Small-world network tipicamente sono reti sparse, ma non tanto da disconnettersi:  
 $\#nodi \gg \#archi \text{ per nodo}$   
 $\gg \ln(\#nodi)$
- ▶ *Path caratteristico*  $L(p)$ : misura la distanza tipica (in numero di archi) tra due nodi della rete (misura globale)  
 $\rightarrow L \approx \#nodi/2$ .  $\#archi \text{ per nodo} \gg 1$   
per  $p \rightarrow 0$
- ▶ *Indice di clustering*  $C(p)$ : Misura la cliquishness tipica di un intorno di un nodo (misura locale)  
 $\rightarrow C \approx 3/4$  per  $p \rightarrow 0$





## Small-world Networks (3)

- ▶ Calcolo dell'indice di clustering  $C$ :
  - ▶ Si assuma che un nodo  $v$  abbia  $k_v$  nodi vicini
  - ▶ Al più potrà quindi avere  $k_v(k_v - 1)/2$  archi
  - ▶ Si chiami  $C_v$  la frazione di questi archi potenziali che effettivamente esistono
  - ▶  $C$  sarà la media dei  $C_v$  per tutti i nodi  $v$  della rete
- ▶ Nel caso di una rete sociale per la quale gli archi rappresentino relazioni di “amicizia” (in senso generico):
  - ▶  **$C_v$  rappresenta la tendenza degli “amici” di un nodo  $v$  ad essere a loro volta “amici” tra di loro**
  - ▶  $C$  rappresenterà quindi la cliquishness di una tipica comunità basata su legami di “amicizia”

**Table 1 Empirical examples of small-world networks**

	$L_{\text{actual}}$	$L_{\text{random}}$	$C_{\text{actual}}$	$C_{\text{random}}$
Film actors	3.65	2.99	0.79	0.00027
Power grid	18.7	12.4	0.080	0.005
<i>C. elegans</i>	2.65	2.25	0.28	0.05



## Small-world Networks (4)

Adamic *“The Small World Web”, Research and Advanced Technology for Digital Libraries, LNCS 1696, Springer, 1999*

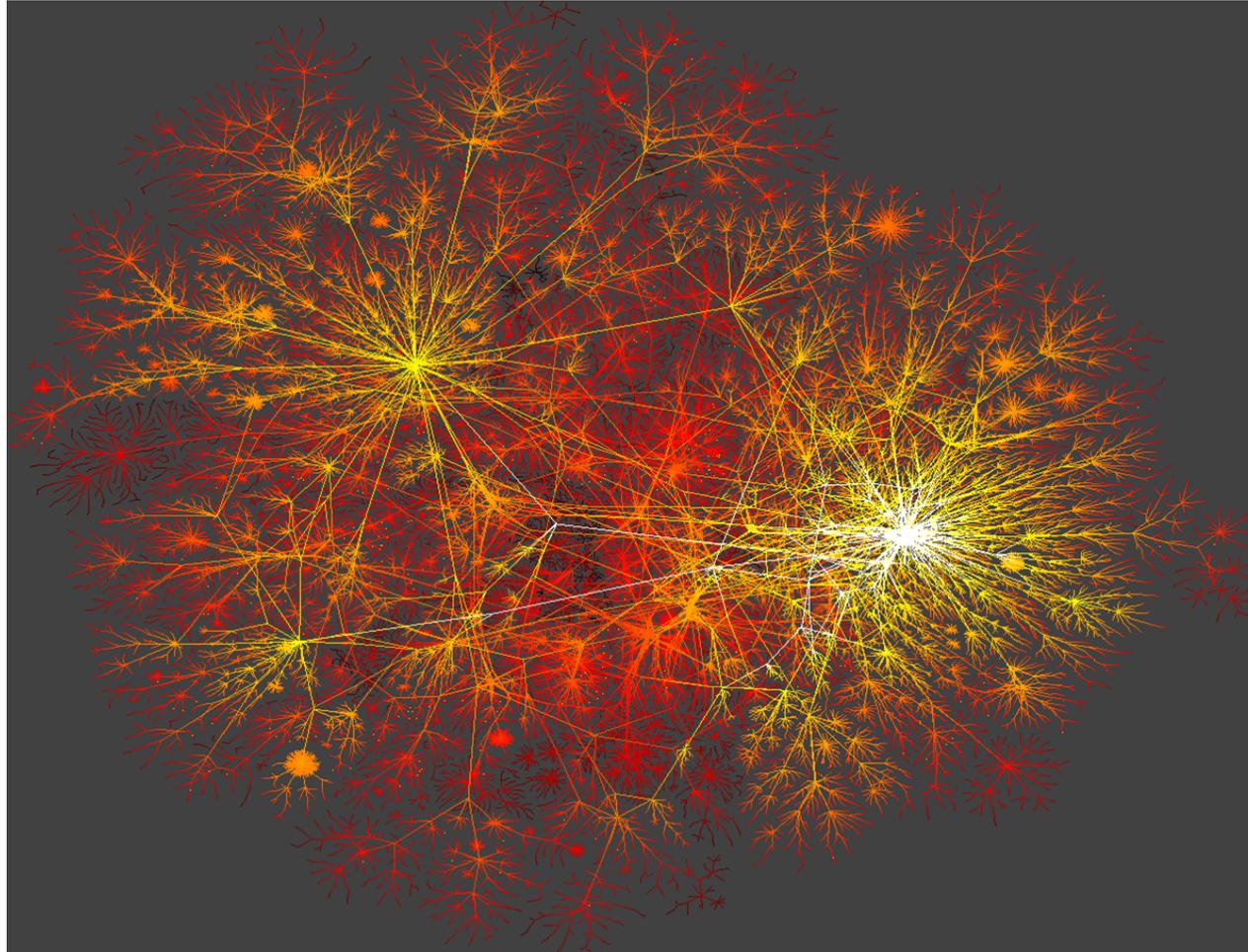
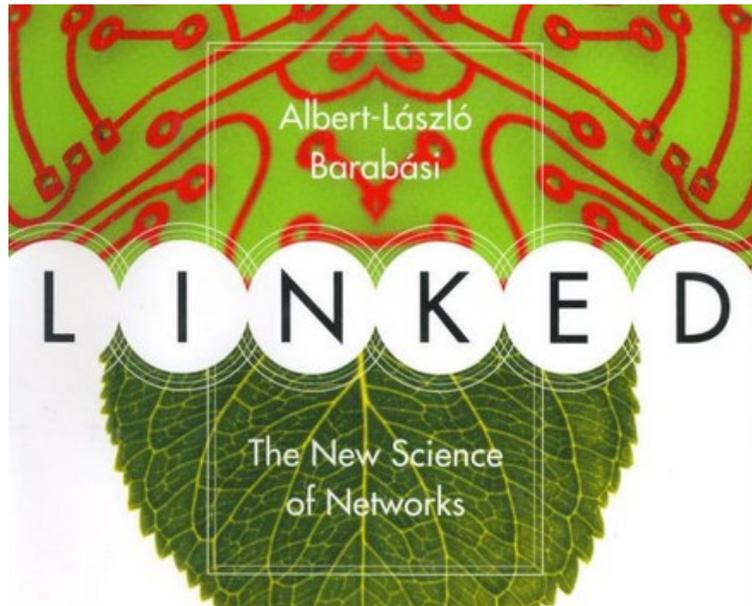


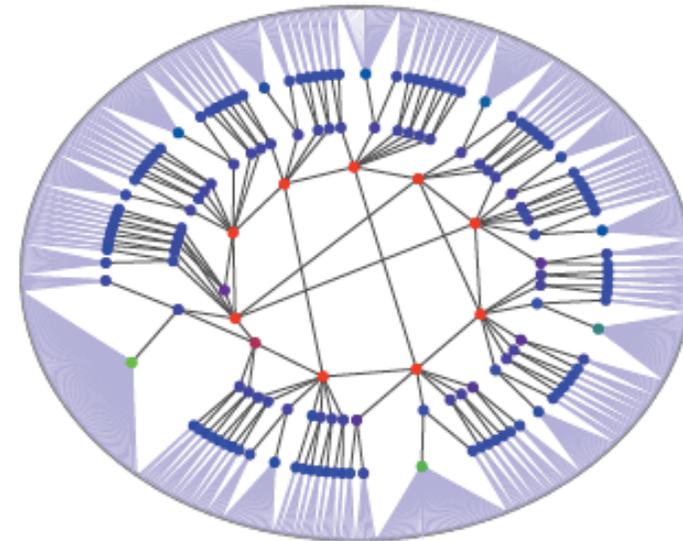
Image from CAIDA: The Cooperative Association for Internet Data Analysis ([www.caida.org](http://www.caida.org))



## Small-world Networks (5)



Barabási “Linked – The New Science of Networks”, Perseus, 2002.



Willinger, Alderson and Doyle “Mathematics and the Internet: A Source of Enormous Confusion and Great Potential”, Notices of the AMS, 56(5), 2009.



The Santa Fe Institute (SFI)  
([www.santafe.edu](http://www.santafe.edu))



# Social Networks

Newman&Park “Why social networks are different from other types of networks”, *Physical Review E*, 68(3), 2003

## ► Degree correlation:

- Internet (a livello di AS):  $\langle k_{nn} \rangle \approx k^{-1/2}$   
(il grado medio di correlazione con i vicini di un nodo decade approssimativamente con l'esponente negativo di  $k$ , il grado del nodo)
- Quindi, su Internet i gradi di nodi adiacenti tendono ad essere anticorrelati

## ► Assortatività

- La maggior parte delle reti studiate (Internet, Web, P2P, reti neurali, epidemie, reti organiche etc.) presentano caratteristiche di **disassortatività** nella combinazione dei gradi dei nodi (i.e. anticorrelazione)
- Le *Social Network*, invece, presentano **assortatività**, ovvero tendono a mostrare correlazione positiva nei gradi dei nodi adiacenti



## Social Networks (2)

Newman&Girvan “Mixing patterns and community structure in network”, *Statistical Mechanics of Complex Networks*, LN in Physics, 65, Springer, 2003

	network	type	size $n$	assortativity $r$
social	physics coauthorship	undirected	52 909	0.363
	biology coauthorship	undirected	1 520 251	0.127
	mathematics coauthorship	undirected	253 339	0.120
	film actor collaborations	undirected	449 913	0.208
	company directors	undirected	7 673	0.276
	email address books	directed	16 881	0.092
technol.	Internet	undirected	10 697	-0.189
	World-Wide Web	directed	269 504	-0.067
	software dependencies	directed	3 162	-0.016
biological	protein interactions	undirected	2 115	-0.156
	metabolic network	undirected	765	-0.240
	neural network	directed	307	-0.226
	marine food web	directed	134	-0.263
	freshwater food web	directed	92	-0.326



## Social Networks (3)

Newman&Park “Why social networks are different from other types of networks”, *Physical Review E*, 68(3), 2003

### ► Clustering:

- Il coefficiente di clustering rappresenta anche grado di **transitività** della rete, ovvero, considerando tre nodi A, B e C, con archi (A,B) e (A,C) la probabilità che si formi anche l’arco (B,C) che chiude il triangolo
- Per questo si parla anche di **triadic closure**
- Definizione alternativa a quella di Watts&Strogatz:

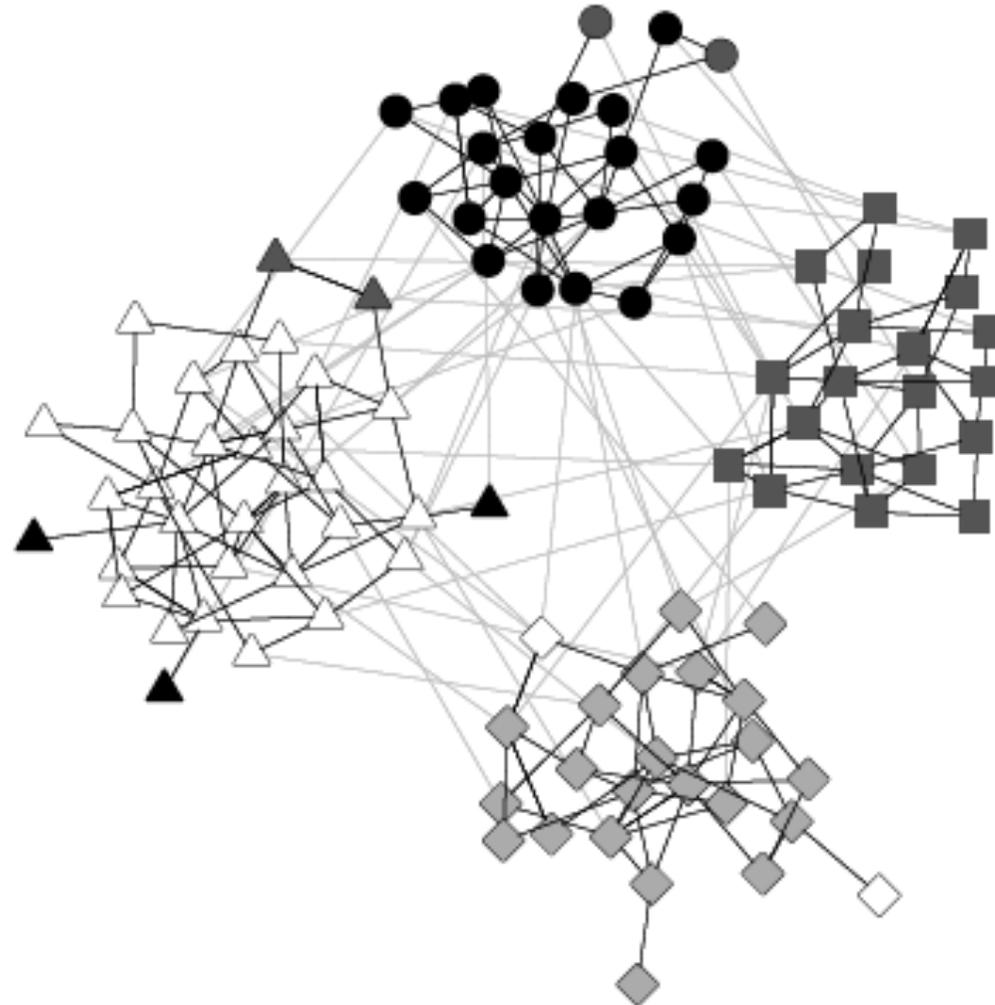
$$C = \frac{3 \times \text{numero di triangoli nella rete}}{\text{numero di triplete di nodi connessi}}$$

- Nella maggior parte di non-Social Network, il grado di clustering può essere approssimato con quello tipico di Random Network
- Per le *Social Network*, invece, il grado di clustering è tipicamente molto più elevato delle Random Network



## Social Networks (4)

*Newman&Girvan "Mixing patterns and community structure in network", Statistical Mechanics of Complex Networks, LN in Physics, 65, Springer, 2003*

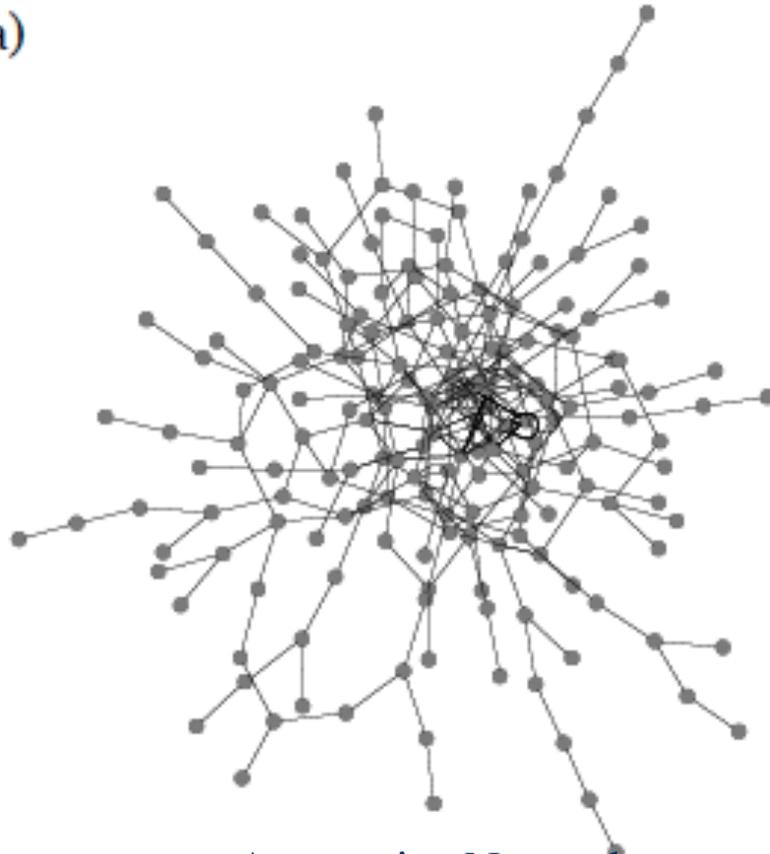




## Social Networks (5)

Newman&Girvan "Mixing patterns and community structure in network", *Statistical Mechanics of Complex Networks*, LN in Physics, 65, Springer, 2003

(a)



Assortative Network  
(es. Social Network)

(b)



Disassortative Network  
(es. Web, rete neurale)

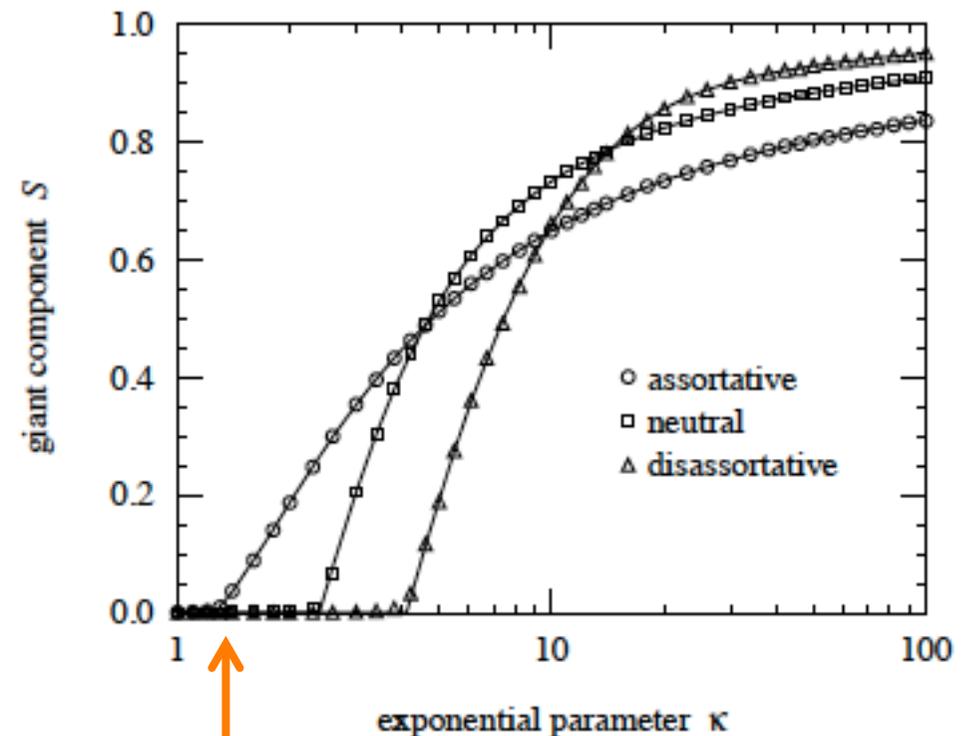


## Social Networks (6)

Newman&Girvan "Mixing patterns and community structure in network", *Statistical Mechanics of Complex Networks*, LN in Physics, 65, Springer, 2003

### ► Giant Core Component:

- Le Social Network tendono a formare un componente principale (*core*) con nodi di grado elevato connessi ad altri nodi di grado elevato (assortatività) e un'ampia fascia di nodi periferici con grado ridotto
- La formazione e la dimensione del componente principale è controllata e varia esponenzialmente con il parametro  $\kappa$  (i.e.,  $e^{-(j+k)/\kappa}$  con  $j$  e  $k$  i gradi delle diverse coppie di nodi)
- Esiste un valore soglia nella distribuzione del grado: rete frammentata  $\rightarrow$  giant component







## Social Networks (8)

*Jin, Girivan, and Newman "The structure of growing social networks",  
Physical Review E, 64(4), 2001*

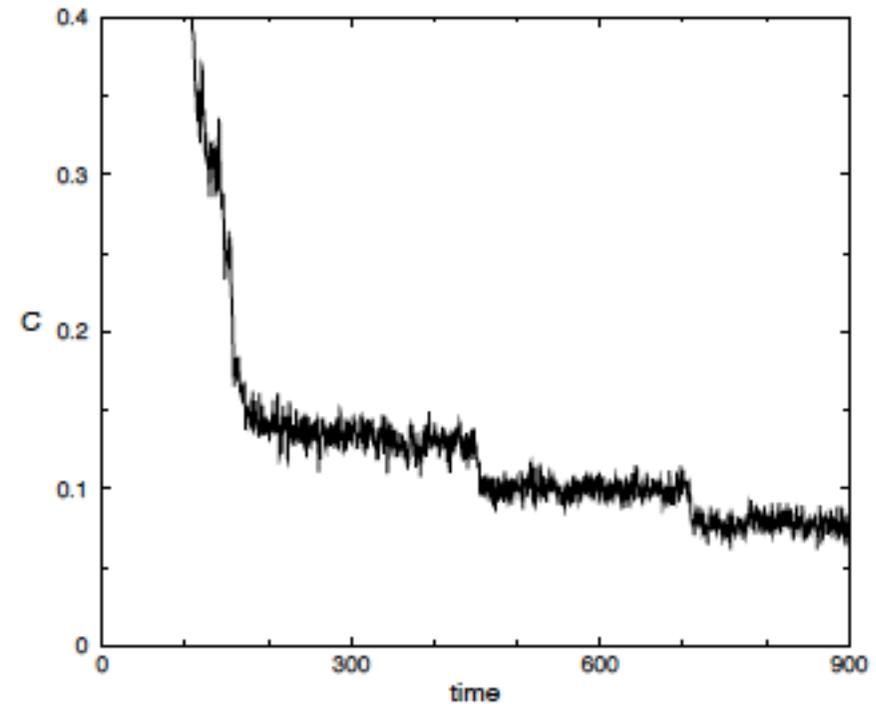
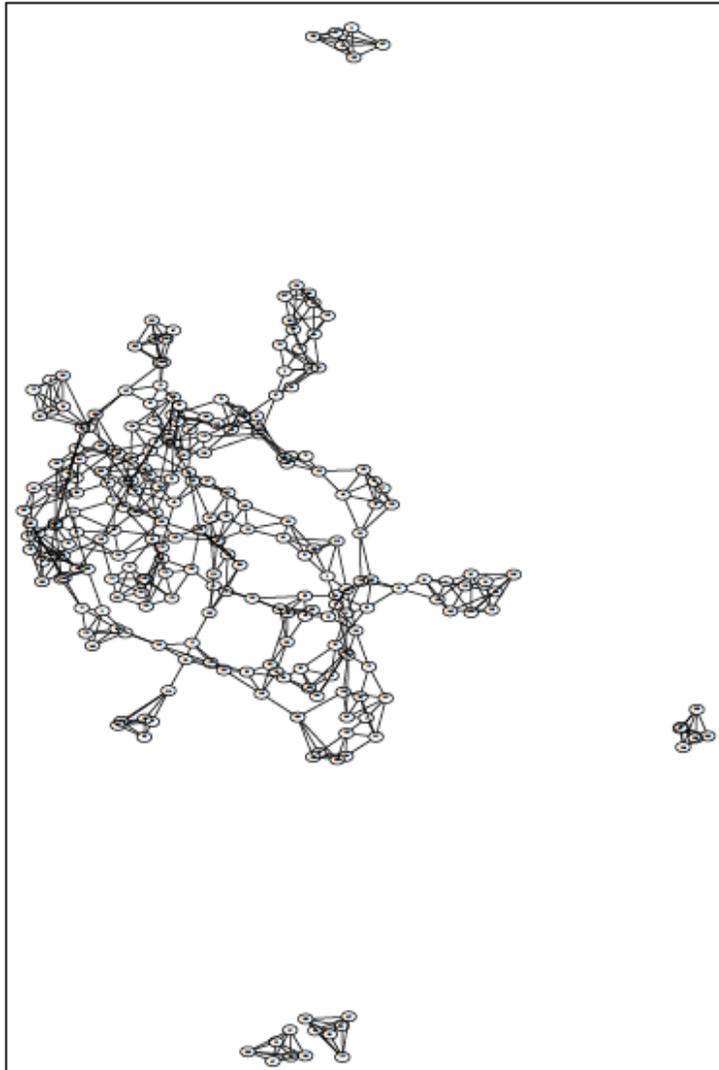


FIG. 4. Clustering coefficient as a function of time for  $\kappa = 0.5$ ,  $p_0 = 0.0001$ ,  $\beta = 6.67$ . The network settles into distinct groups that seem to be stable until individuals from separate communities become acquainted, causing two groups to merge and thus lowering  $C$ .



## Strong and Weak Ties

Granovetter “The strenght of weak ties”, *The American Journal of Sociology*, Vol. 78, 1973

- ▶ “*Strenght of a tie*”: la combinazione del tempo, intensità emotiva, mutua confidenza e interazione reciproca che caratterizza una relazione interpersonale
- ▶ *Strong ties*: l’analisi delle relazioni più forti che rendono coesa un gruppo limita la ricerca a piccole e ben definite comunità
- ▶ *Weak ties*: i legami deboli formano i ponti tra comunità diverse e per questo sono fondamentali per la diffusione di conoscenza, informazioni etc. (modelli di diffusione)

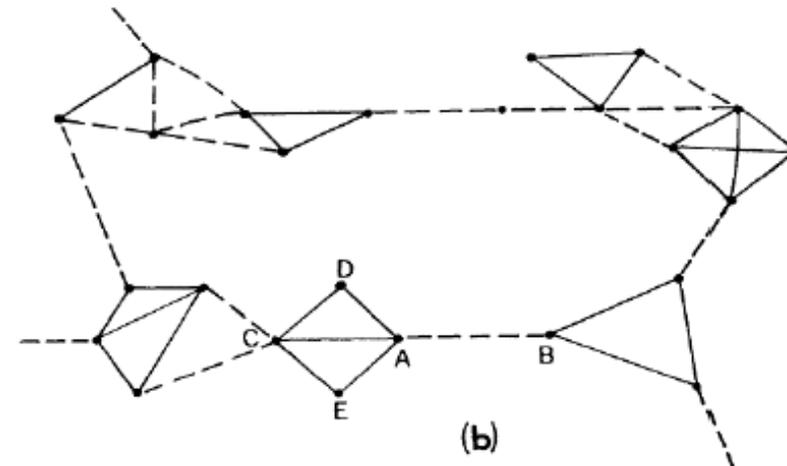
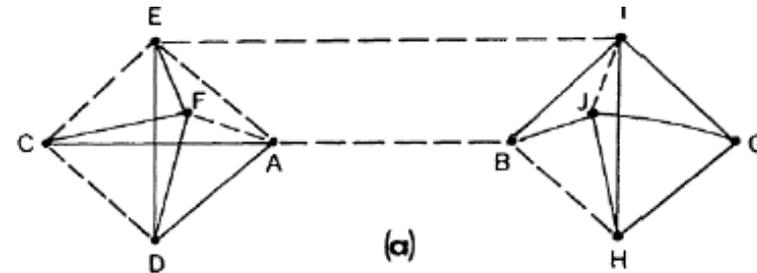


## Strong and Weak Ties (2)

Granovetter "The strength of weak ties", *The American Journal of Sociology*, Vol. 78, 1973

### ► Triadi: A-B, A-C

- Se A-B, A-C sono legami forti, la probabilità di una chiusura della triade è elevata
- Se A-B, A-C sono legami deboli, invece, la probabilità risulta ridotta. Da qui, l'ipotesi che siano i *weak ties* a ricoprire il fondamentale ruolo di ponti tra comunità
- Conclusione: *individui con pochi weak ties saranno privati di informazioni generate da regioni remote della rete sociale e confinati ad accedere a informazioni locali attraverso i peer più stretti*





## Strong and Weak Ties (3)

Granovetter "The strenght of weak ties: A network theory revisited",  
*Sociological Theory*, Vol. 1, 1983

### ► *Evidenze ulteriori*

- Sistemi sociali poveri di legami deboli tendono alla frammentazione in comunità isolate
- La formazione di legami forti viene favorita dalla somiglianza dei soggetti (homofily)
- Numerosi studi sociali, economici ed etnografici hanno analizzato empiricamente la validità dell'ipotesi (es. mercato del lavoro, grado di omofilia in classi sociali o in quartieri cittadini, diffusione di informazioni e conoscenza, etc. )



## Closure Types

*Brzozowski&Romero "Who should I follow? Recommending people in directed social networks", HP Labs, 2011*

- ▶ *Follower Network (es. Twitter, HP WaterCooler)*: Reti sociali nelle quali non c'è tipicamente reciprocità dei link. Weak e strong links
- ▶ *Forbidden Triads*: triadi che *volontariamente* i peer non chiudono
- ▶ *Directed Network*: maggiori informazioni dovute alla direzionalità dei link dai quali è possibile inferire il tipo di relazione
- ▶ Si considerano coppie di nodi  $(A, B)$  connessi da un terzo nodo  $X$  e si verificano le chiusure delle triadi
- ▶ Parametro  $k$  rappresenta il numero di nodi  $X$  mediatori tra  $A$  e  $B$  e si studia la dipendenza della probabilità di chiusura delle triadi in funzione di  $k$



## Closure Types (2)

Brzozowski&Romero "Who should I follow? Recommending people in directed social networks", HP Labs, 2011

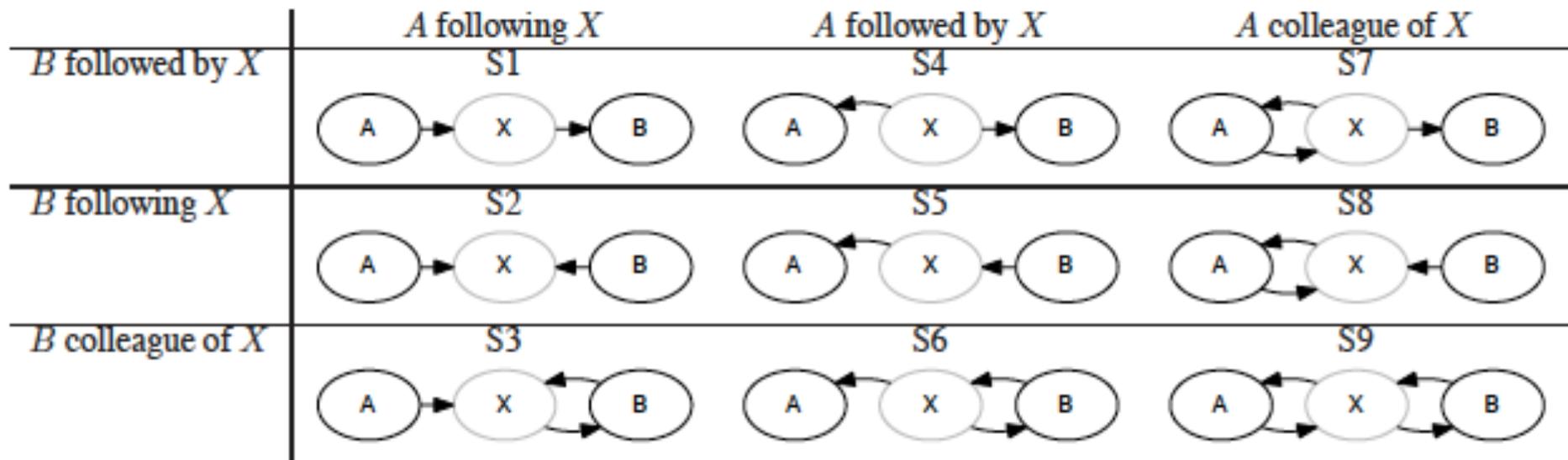


Table 1. *Structural closure types.*



## Closure Types (3)

Brzozowski&Romero "Who should I follow? Recommending people in directed social networks", HP Labs, 2011

Structure	Samples	Closed
S9 $A \leftrightarrow X \leftrightarrow B$	8,114	10.6%
S3 $A \rightarrow X \leftrightarrow B$	8,296	9.1%
S1* $A \rightarrow X \rightarrow B$	15,331	6.6%
S7* $A \leftrightarrow X \rightarrow B$	23,513	6.4%
S8 $A \leftrightarrow X \leftarrow B$	8,507	5.1%
S2 $A \rightarrow X \leftarrow B$	26,810	4.3%
S6 $A \leftarrow X \leftrightarrow B$	24,706	2.2%
S5 $A \leftarrow X \leftarrow B$	14,735	1.2%
S4 $A \leftarrow X \rightarrow B$	151,417	0.5%
* S1 and S7 are virtually tied.		
S7,8,9 $A \leftrightarrow X \star B$	40,134	7.0%
S1,2,3 $A \rightarrow X \star B$	50,437	5.8%
S4,5,6 $A \leftarrow X \star B$	191,858	0.8%
S3,6,9 $A \star X \leftrightarrow B$	41,116	5.3%
S2,5,8 $A \star X \leftarrow B$	51,052	3.5%
S1,4,7 $A \star X \rightarrow B$	190,261	1.7%
At least one reciprocated link	73,136	5.6%
Unreciprocated links only	209,293	1.5%



## Closure Types (4)

Brzozowski&Romero "Who should I follow? Recommending people in directed social networks", HP Labs, 2011

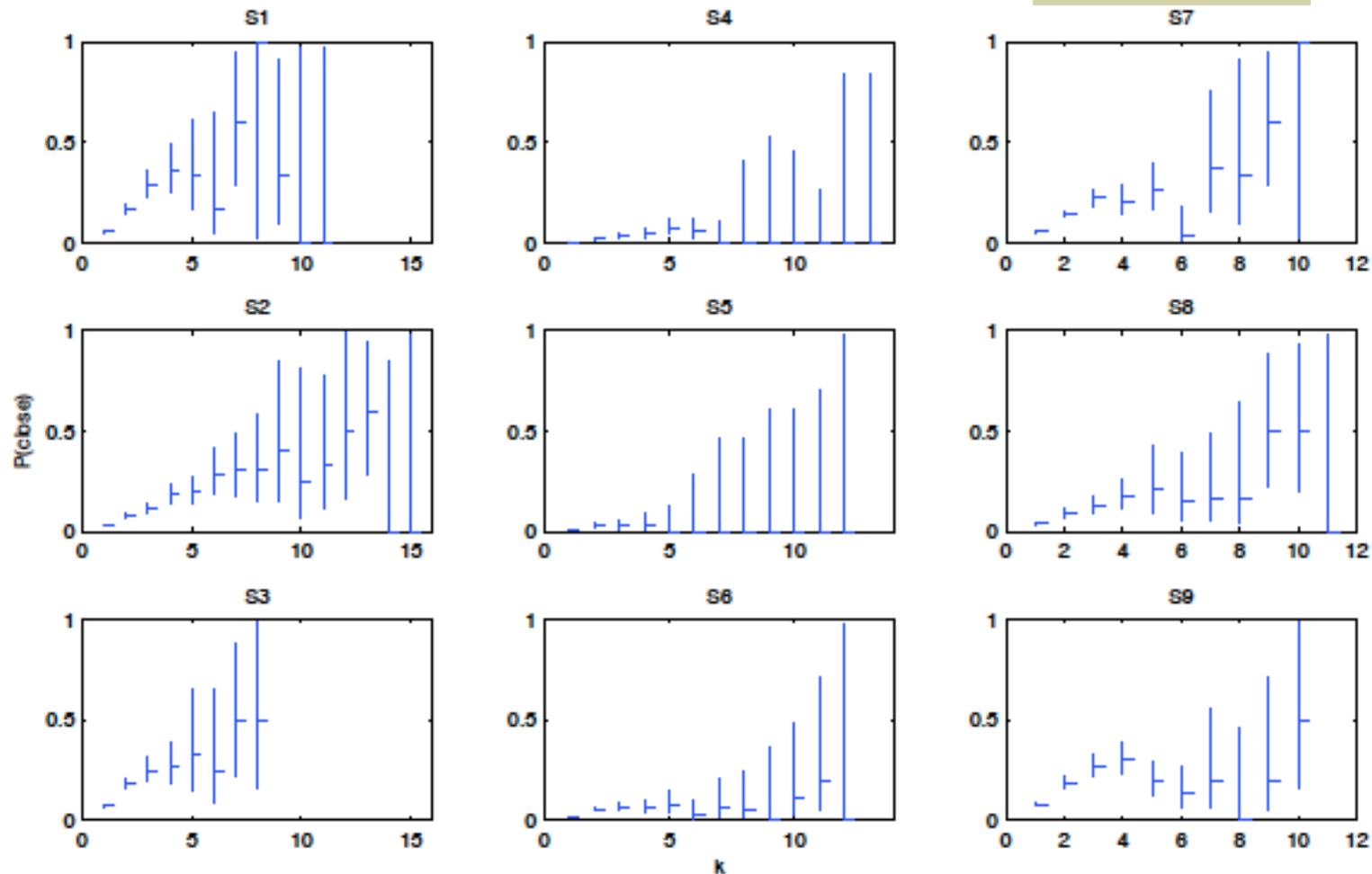


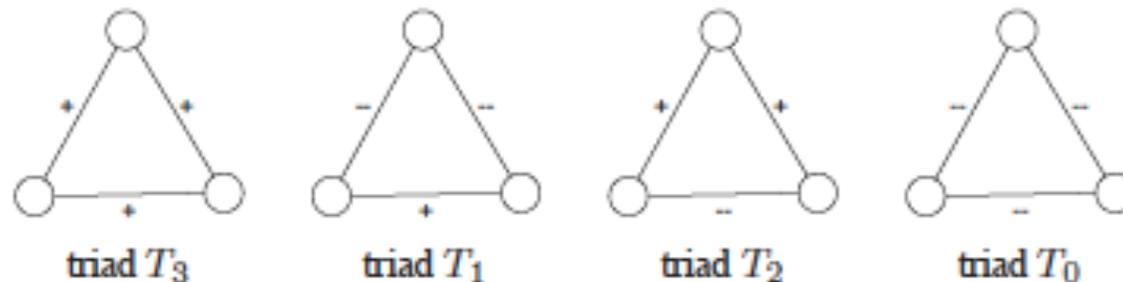
Figure 2. 95% confidence interval around probability of closure for each of the closure types, as a function of the  $k$  Xs participating.



# Signed Networks

Leskovec, Huttenlocher, and Kleinberg “Signed networks in social media”, Proc. of CHI 2010

- ▶ *Link positivi e negativi*: Epinions (utenti indicano trust o distrust), Slashdot (friend or foe), Wikipedia (voti a favore o contro nelle elezioni degli admin)
- ▶ *Balance Theory* (teoria classica anni '40-'50): È una teoria di “like” e “dislike”, che prevede che le triadi con tre segni positivi (tre amici) o un segno positivo e due negativi (due amici con un nemico comune) siano le configurazioni prevalenti
- ▶ *Status Theory* (proposta): un link diretto positivo indica che il creatore del link considera il destinatario avente uno status superiore, viceversa per un link diretto negativo. Quindi le triadi prevalenti non saranno quelle previste dalla balance theory



**Figure 1. Undirected signed triads. Based on the number of positive edges we label triads with odd number of pluses as *balanced* ( $T_3, T_1$ ), and triads with even positive edges ( $T_2, T_0$ ) as *unbalanced*.**



## Signed Networks (2)

*Leskovec, Huttenlocher, and Kleinberg "Signed networks in social media", Proc. of CHI 2010*

- ▶ **Balance Theory:**
  - ▶ Rappresentativa in reti con archi non direzionati o in reti con grado elevato di reciprocità (se  $A \rightarrow B$ , allora è molto probabile  $B \rightarrow A$ ).  
3-5% degli archi nei dataset considerati
- ▶ **Status Theory:**
  - ▶ Rappresentativa in reti con archi direzionati e basso grado di reciprocità
- ▶ **Embeddedness:** Un link risulta positivo con probabilità più elevata tanto più i nodi agli estremi condividono relazioni comuni con altri nodi (sia positive che negative)



## Signed Networks (3)

Leskovec, Huttenlocher, and Kleinberg “Signed networks in social media”, *Proc. of CHI 2010*

- ▶  $P(+|+) > 90\%$   
*Supporta la balance theory*
- ▶  $P(+|-) \sim 70\%$   
*Supporta la status theory*

Epinions	Count	Probability
$P(+ +)$	38,415	0.969
$P(- +)$	1,204	0.031
$P(+ -)$	1,192	0.692
$P(- -)$	560	0.308
Wikipedia	Count	Fraction
$P(+ +)$	2,509	0.945
$P(- +)$	145	0.055
$P(+ -)$	193	0.706
$P(- -)$	80	0.294

**Table 4. Edge reciprocation. Given that the first edge was of sign  $X$   $P(Y|X)$  give the probability that reciprocated edge is  $Y$ .**



## Signed Networks (4)

Leskovec, Huttenlocher, and Kleinberg "Signed networks in social media", Proc. of CHI 2010

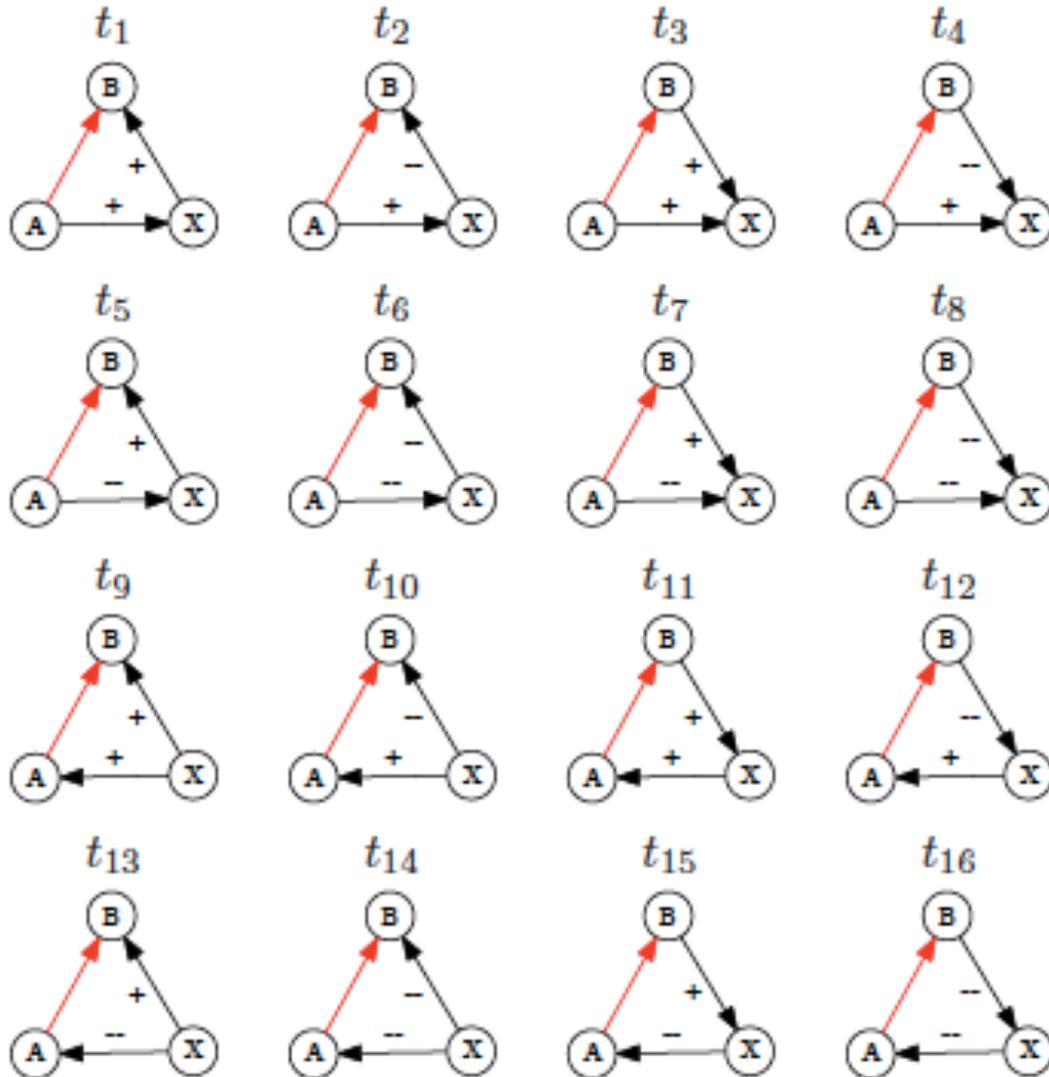
- ▶ Balance theory in reti non direzionate
- ▶  $p(T_i)$ : percentuale di triadi rilevate nei dataset
- ▶  $p_0(T_i)$ : percentuale di triadi teoriche riferite a una random network

Triad $T_i$	$ T_i $	$p(T_i)$	$p_0(T_i)$
<b>Epinions</b>			
$T_3$   + + +	11,640,257	0.870	0.621
$T_1$   + - -	947,855	0.071	0.055
$T_2$   + + -	698,023	0.052	0.321
$T_0$   - - -	89,272	0.007	0.003
<b>Slashdot</b>			
$T_3$   + + +	1,266,646	0.840	0.464
$T_1$   + - -	109,303	0.072	0.119
$T_2$   + + -	115,884	0.077	0.406
$T_0$   - - -	16,272	0.011	0.012
<b>Wikipedia</b>			
$T_3$   + + +	555,300	0.702	0.489
$T_1$   + - -	163,328	0.207	0.106
$T_2$   + + -	63,425	0.080	0.395
$T_0$   - - -	8,479	0.011	0.010



# Signed Networks (5)

Leskovec, Huttenlocher, and Kleinberg "Signed networks in social media", Proc. of CHI 2010



$t_i$	count	$P(+)$
$t_1$	178,051	0.97
$t_2$	45,797	0.54
$t_3$	246,371	0.94
$t_4$	25,384	0.89
$t_5$	45,925	0.30
$t_6$	11,215	0.23
$t_7$	36,184	0.14
$t_8$	61,519	0.63
$t_9$	338,238	0.82
$t_{10}$	27,089	0.20
$t_{11}$	35,093	0.53
$t_{12}$	20,933	0.71
$t_{13}$	14,305	0.79
$t_{14}$	30,235	0.69
$t_{15}$	17,189	0.76
$t_{16}$	4,133	0.77



# Social Capital and Structural Holes

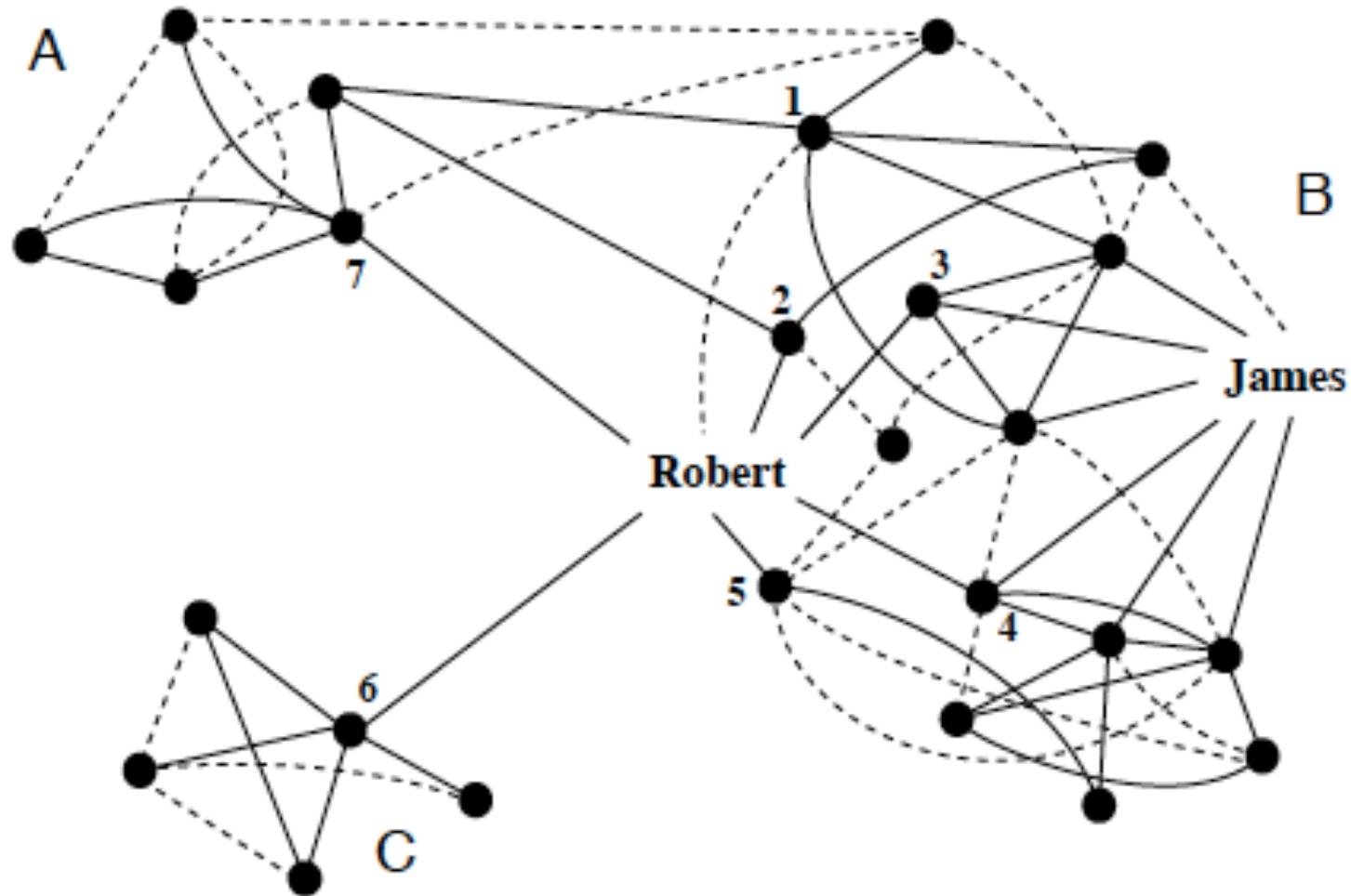
Burt "The Social capital of structural holes", Chapter in *New Directions in Economic Sociology*, Russel Sage, 2001

- ▶ *Social capital* è una metafora che sta a significare che le persone che ottengono risultati migliori sono, in una certa misura, *meglio connesse*
- ▶ Meccanismi di formazione e di regolazione della dinamica all'interno di reti sono fondamentali per l'analisi economica
- ▶ *Ipotesi #1*: Reti nelle quali ognuno è connesso (reti dense) fanno sì che nessuno possa rimanere isolato da informazioni riguardanti gli altri. Questo rappresenta un vantaggio perché riduce il rischio associato alla cooperazione. Inoltre facilita la definizione di norme e l'applicazione di sanzioni, riducendo il rischio associato alla fiducia
- ▶ *Ipotesi #2*: Reti che presentano buchi nella struttura sociale (link deboli tra gruppi, scarsa coesione) creano una possibilità di brokerage (vantaggio competitivo) per un individuo la cui rete di relazioni metta in connessione i diversi gruppi sociali



## Social Capital and Structural Holes (2)

Burt "The Social capital of structural holes", Chapter in *New Directions in Economic Sociology*, Russel Sage, 2001





## Bandwidth and Echo Hypothesis

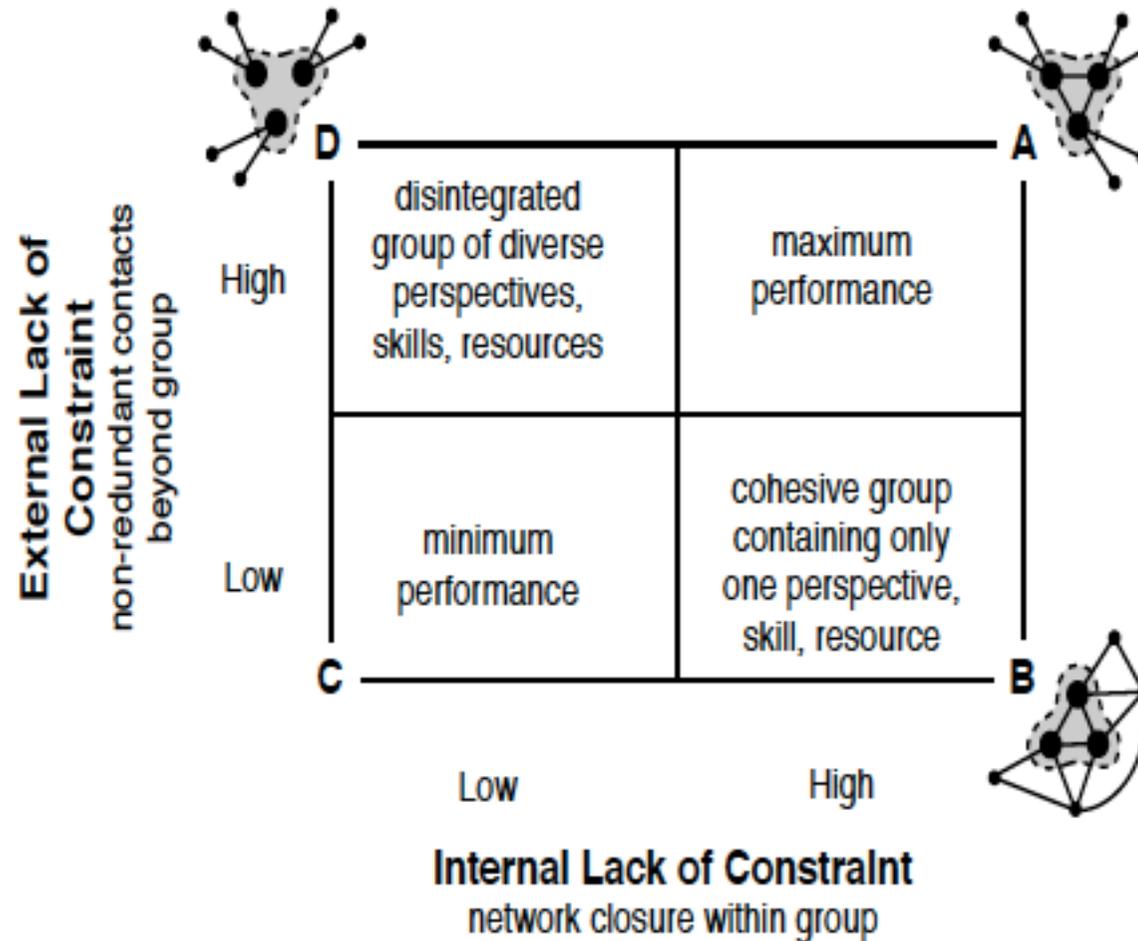
*Burt "Bandwidth and echo: Trust, information and gossip in social networks", Chapter in Networks and Markets, Russel Sage, 2001*

- ▶ *Bandwidth Hypothesis*: l'opinione di un peer nei confronti di un altro è correlata con l'opinione di terze parti tale che la rete tende a evolvere verso uno stato di equilibrio nel quale i peer che condividono link forti hanno opinioni simili degli altri
- ▶ *Echo Hypothesis*: l'opinione di un peer nei confronti di un altro è dipendente dalla forza delle opinioni di terze parti le quali creano un effetto eco per il quale la ripetizione di informazioni in modo non ambiguo determina l'opinione
- ▶ Bandwidth → reti fortemente connesse incrementano il flusso di informazioni (diffusione)
- ▶ Echo → reti fortemente connesse non incrementano il flusso di informazioni ma creano un effetto eco che rinforza le predisposizioni (polarizzazione)
- ▶ I risultati di Burt propendono per l'Echo Hypothesis, mostrando come reti fortemente connesse non facilitano il trust e la diffusione di informazioni quanto invece amplificano e polarizzano predisposizioni già presenti



## Bandwidth and Echo Hypothesis (2)

Burt "Bandwidth and echo: Trust, information and gossip in social networks", Chapter in *Networks and Markets*, Russel Sage, 2001





# Knowledge Diffusion

*Cowan&Jonardt "Network structure and the diffusion of knowledge",  
Journal of Economic Dynamics & Control, 28, Elsevier, 2004*

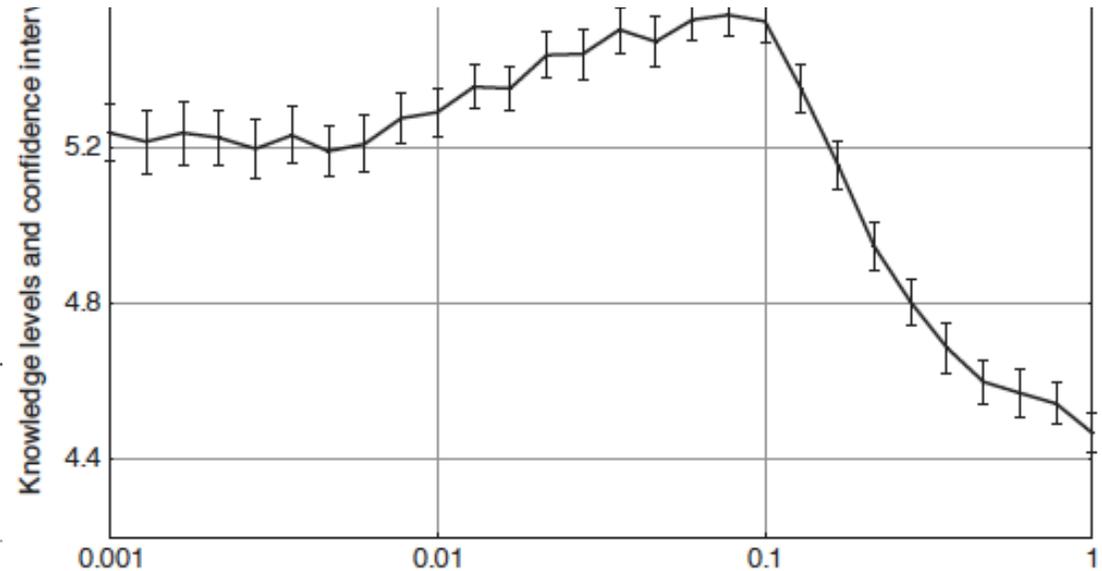
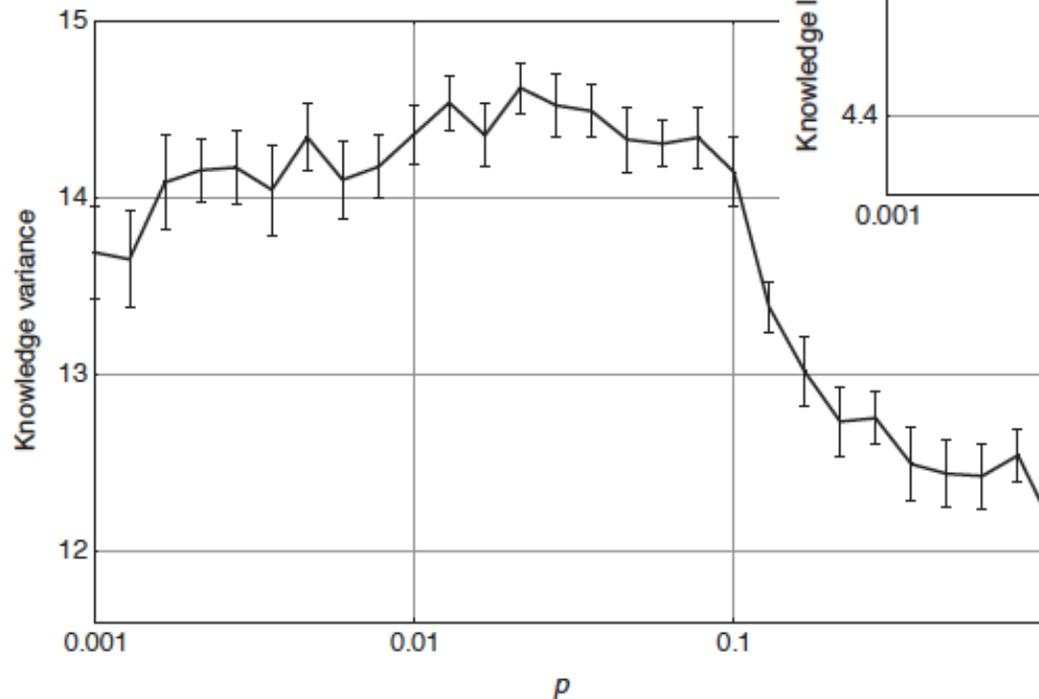
- ▶ Diffusione di conoscenza modellata come uno scambio tra coppie di agenti. Performance misurata in maniera aggregata come il *livello medio di conoscenza* raggiunto dagli agenti
- ▶ Applicazione allo studio delle relazioni tra aziende in settori industriali, rapporti in mercati competitivi
- ▶ Conoscenza modellata come un *vettore di specifiche conoscenze*, invece che come un semplice scalare
- ▶ Agenti si scambiano conoscenza (trading) se e solo se (i) sono direttamente connessi; (ii) mutua convenienza



## Knowledge Diffusion (2)

Cowan&Jonardt "Network structure and the diffusion of knowledge",  
*Journal of Economic Dynamics & Control*, 28, Elsevier, 2004

$p$ : probabilità di rewiring  
( $p=0$  regular network  
 $p=1$  random network  
 $0 < p < 1$  small-world network)



- Small-world network:
- massima diffusione di conoscenza
  - massima eterogeneità



## Trust in Social Networks

Walter, Battiston, and Schweitzer “A model of trust-based recommendation system on a social network”, *Auton. Agent Multi-Agent Syst.*, 16, Springer, 2008

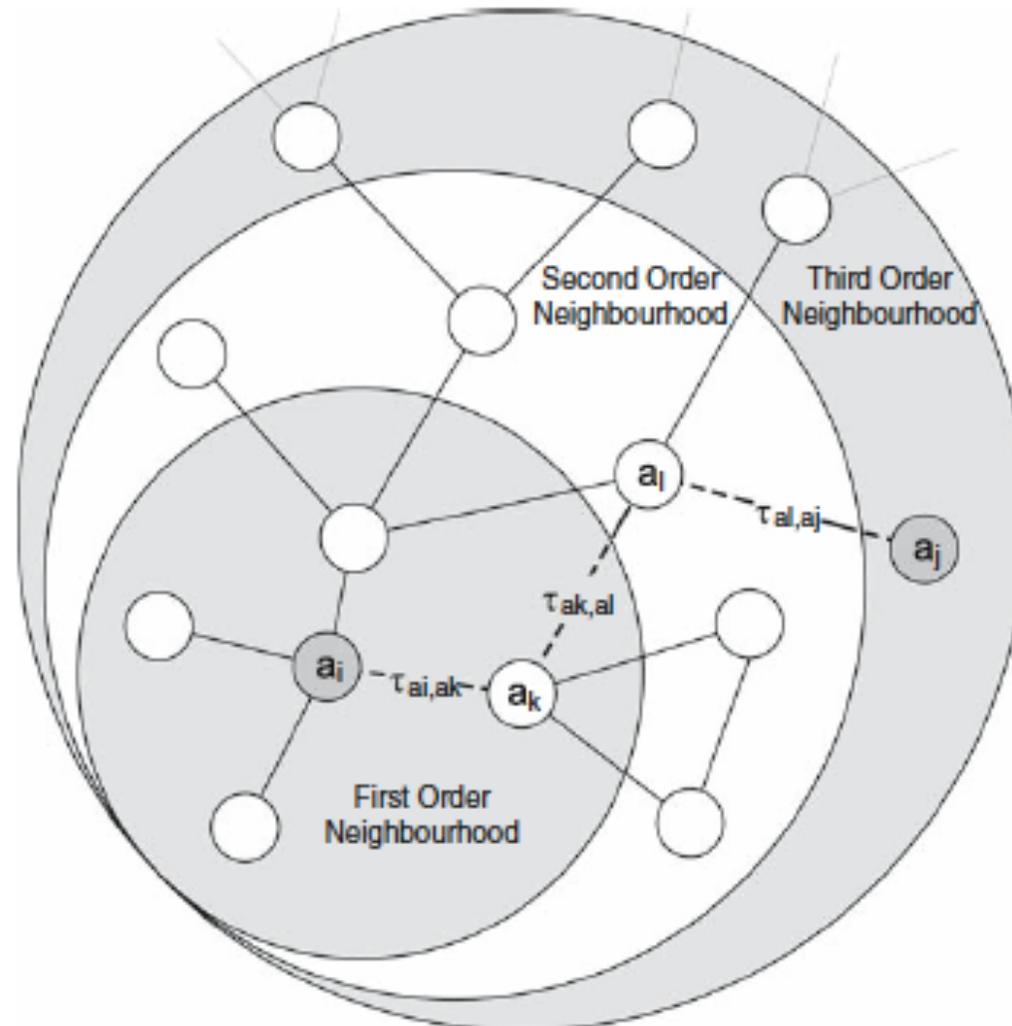
- ▶ *Trust*: l’aspettativa che un agente ha di poter affidarsi alle raccomandazioni di un altro agente
- ▶ Modellare il trust serve quindi come criterio per:
  - ▶ Reperire informazioni
  - ▶ Filtrare informazioni
- ▶ Definizione di un *profilo di preferenze* per ogni agente: una funzione che associ ad ogni oggetto del sistema un rating
- ▶ *Funzione di trust* assegna un valore ad ogni peer al quale un agente è connesso



## Trust in Social Networks (2)

Walter, Battiston, and Schweitzer "A model of trust-based recommendation system on a social network", *Auton. Agent Multi-Agent Syst.*, 16, Springer, 2008

- ▶ *Transitività del trust*
  - ▶ Problema aperto (trust locale o globale?)
  - ▶ Agenti con conoscenza solo locale o globale del sistema?
  - ▶ Definizione di meccanismi di discounting



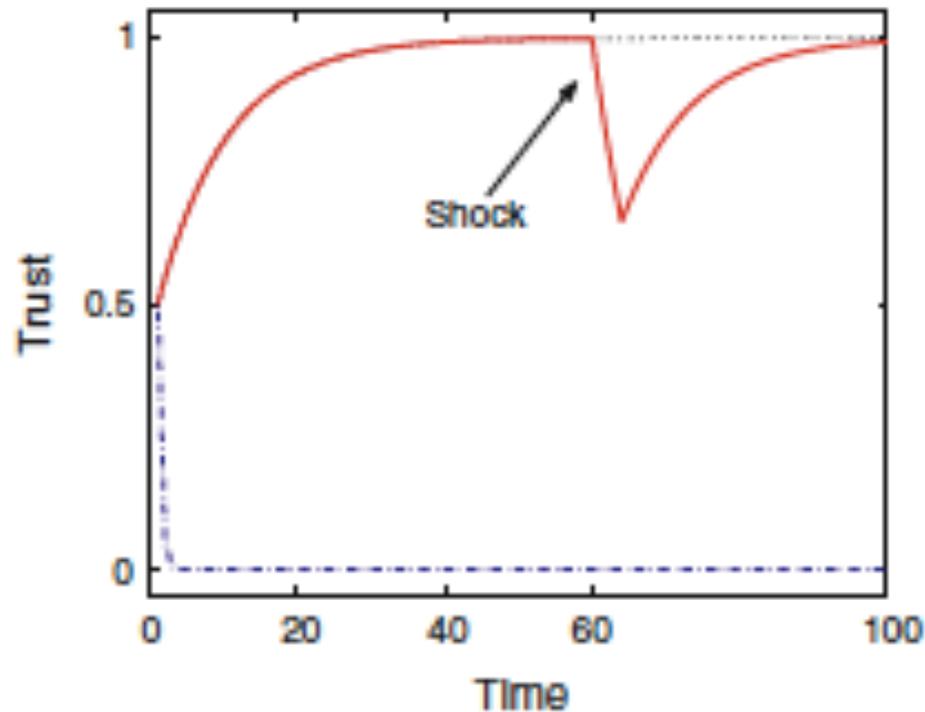


## Trust in Social Networks (3)

Walter, Battiston, and Schweitzer "A model of trust-based recommendation system on a social network", *Auton. Agent Multi-Agent Syst.*, 16, Springer, 2008

### ► *Dinamica del trust*

- Lentamente positiva
- Velocemente negativa



**Fig. 3** Dynamics of trust and logit function. Left: slow-positive fast-negative dynamics of trust. Trust between two agents of the same profile (black dotted line), between two agents of opposite profiles (blue dashed line). In case that an agent recommends an object that is rated negatively, trust drops quickly and recovers slowly



## Distrust in Social Networks

Ziegler&Lausen “Propagation models for trust and distrust in social networks”, *Information Systems Frontiers*, 7, Springer, 2005

- ▶ Il *distrust* è un tema controverso nella modellazione e lo studio delle Social Network
- ▶ Il distrust è l'altra faccia della medaglia del trust, con una scala simmetrica avente la completa fiducia e la completa sfiducia ai due estremi?
- ▶ Distrust e mancanza di trust sono concetti diversi che non possono essere sovrapposti (ad esempio, in mancanza di trusted agent, la propensione ad accettare raccomandazioni da distrusted agent potrebbe aumentare)
- ▶ Il distrust non necessariamente influenza negativamente la dinamica di una social network, anzi, può renderla più efficiente



## Distrust in Social Networks (2)

Ziegler&Lausen “Propagation models for trust and distrust in social networks”, *Information Systems Frontiers*, 7, Springer, 2005

- ▶ *Il nemico del mio nemico è mio amico? L'amico del mio nemico è mio nemico?* Possibili effetti della concatenazione logica di relazioni di trust e distrust

$$\neg trust(a,b) \wedge \neg trust(b,c) \Rightarrow trust(a,c)$$

$$distrust(a,b) \wedge \neg trust(b,c) \Rightarrow distrust(a,c)$$

- ▶ Transittività del distrust: come per il trust, c'è un accordo generale su una almeno parziale transittività, ma il tema è completamente aperto per quanto riguarda il *grado di transittività* e il *tasso di decadimento*
- ▶ Distrust e mancanza di trust sono concetti diversi che non possono essere sovrapposti (ad esempio, in mancanza di trusted agent, la propensione ad accettare raccomandazioni da distrusted agent potrebbe aumentare)
- ▶ Il distrust non necessariamente influenza negativamente la dinamica di una social network, anzi, può renderla più efficiente



# Self-organization/Self-adaptation

Di Marzio Serugendo, Gleizes, and Karageorgos “Self-organization in multi-agent systems”, *The Knowledge Engineering Review*, 20:2, Cambridge University Press, 2005

- ▶ Sistemi formati da molti elementi, i quali collettivamente producono effetti complessi a livello globale senza controlli esterni espliciti (emergent behavior). Dinamica dei sistemi tipicamente stocastica.
- ▶ *Self-organization*: il meccanismo o il processo che consente a un sistema di modificare la propria organizzazione senza l'intervento di un controllo esterno nel corso dell'esecuzione
- ▶ *Weak self-organizing systems*: sistemi dove è presente un meccanismo globale di autoregolazione interno
- ▶ *Strong self-organizing systems*: sistemi dove non è presente alcun meccanismo globale di autoregolazione interno, ma l'autoregolazione avviene localmente a livello di singolo agente



## Self-organization/Self-adaptation (2)

Di Marzio Serugendo, Gleizes, and Karageorgos “Self-organization in multi-agent systems”, *The Knowledge Engineering Review*, 20:2, Cambridge University Press, 2005

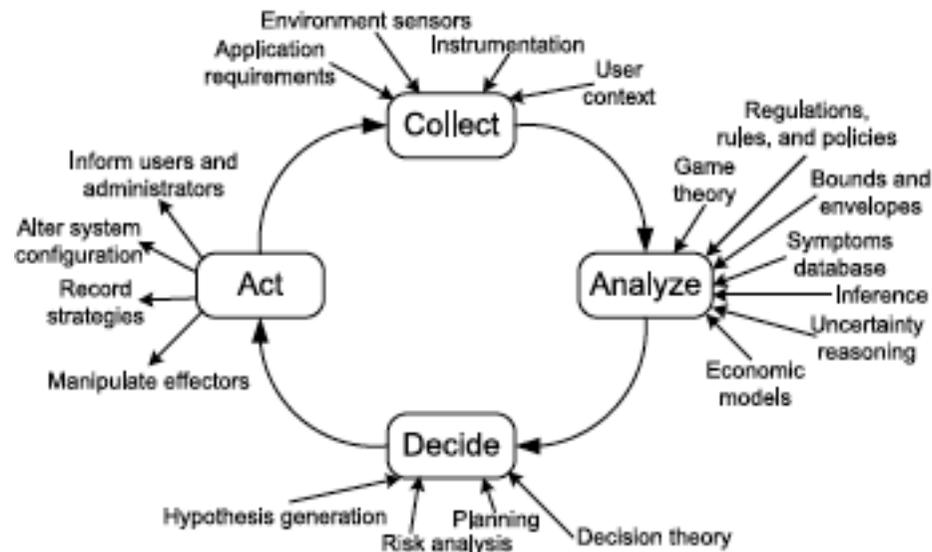
- ▶ *Ordine globale endogeno*: assenza di controlli esogeni (esterni)
- ▶ *Comportamento emergente*: non riducibilità del sistema alle parti
- ▶ *Regole locali semplici*: interazione locale basata su regole minimali
- ▶ *Dissipazione*: tendenza alla stabilizzazione
- ▶ *Instabilità*: dinamica non lineare, effetti cascata, amplificazione
- ▶ *Equilibri multipli*: diversi attrattori per stati stabili
- ▶ *Criticità*: effetti soglia e cambiamenti di fase
- ▶ *Auto-organizzazione*: comportamenti adattativi ai cambi di stato/ambiente
- ▶ *Complessità*: caratteristiche tipiche dei sistemi complessi
- ▶ *Gerarchie*: emergere di gerarchie



## Self-organization/Self-adaptation (3)

Brun et al. "Engineering self-adaptive systems through feedback loops", *Self-adaptive Systems, LNCS 5525, Springer, 2009*

- ▶ *Top-down self-adaptive system*: Sistema spesso centralizzato che opera sotto il controllo di un componente centrale o policy
- ▶ *Cooperative self-adaptive system (o self-organizing)*: Sistema spesso decentralizzato che opera senza un componente centrale di controllo
- ▶ La teoria dei controlli enfatizza l'importanza dei *feedback loop*

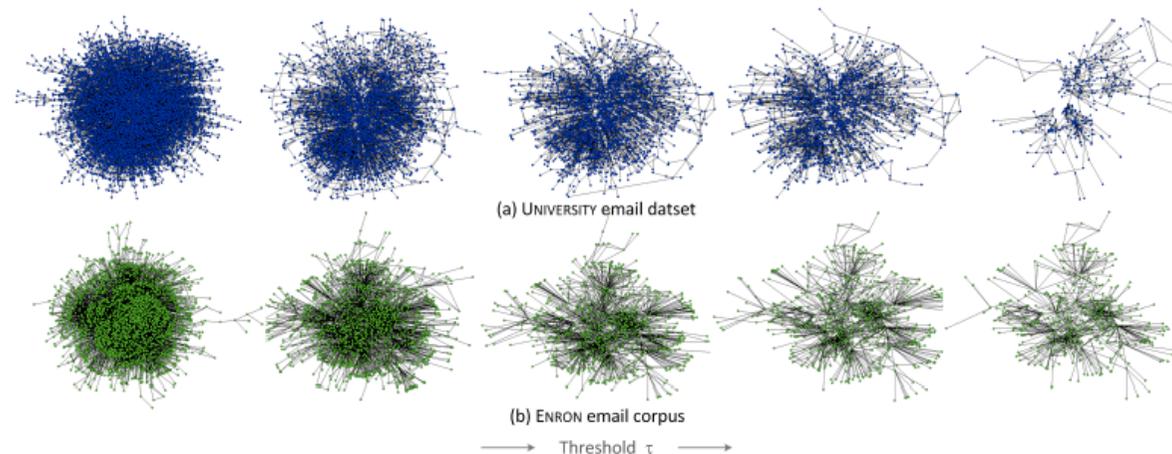




# Data Relevance

*De Choudhury, Hofman, Mason, and Watts. "Inferring relevant social networks from interpersonal communication", WWW Conf., 2010*

- ▶ La disponibilità di dati per modelli di social network, siano essi dovuti a simulazioni o a dataset reali, pone un problema di interpretazione e rappresentazione della nuvola di archi che si produce
- ▶ Soluzione tipica: la definizione di una soglia arbitraria (ad esempio pesando gli archi in base a qualche misura) sotto la quale gli archi non vengono considerati o visualizzati
- ▶ La "corretta" definizione di una soglia dipende dallo scopo della ricerca
- ▶ Necessità di meccanismi per una configurazione dinamica



**Figure 1: Topology of the largest components over various choices of threshold conditions for (a) a dataset based on email server logs at a US university, and (b) the Enron email corpus. Significant changes in topology are observed as the thresholding condition of the network is varied.**



# ***Modelling Dynamic Social Networks***

***Luca Allodi, Luca Chiodi e Marco Cremonini***

***Università degli Studi di Milano***

***Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione***



## Obiettivi della Ricerca

- ▶ Definire un modello di Social Network basato sullo scambio di conoscenza tra nodi
- ▶ Realizzare un simulatore per l'analisi della dinamica e dei comportamenti emergenti
- ▶ Analizzare e modellare dinamiche legate al trust
- ▶ Studiare gli effetti di shock sulla dinamica del sistema (defezioni di nodi, modifica di parametri locali, creazione/rescissione volontaria di link)
- ▶ Definire e studiare gli effetti sulla diffusione della conoscenza nella rete di due tecniche di self-organization (weak e strong)



## Modello Base

- ▶ Rete composta da  $N$  nodi ( $n_1, n_2, \dots, n_N$ )
- ▶ *Informazioni (topic)*: nella rete esiste un numero definito di informazioni  $T$ . Ogni nodo ne possiede un sottoinsieme distribuito al setup in maniera *casuale* con una *percentuale massima* predefinita. Durante l'esecuzione i nodi possono acquisirne di nuove
- ▶ *Qualità*: a ogni informazione posseduta da un nodo è associato un valore di qualità che rappresenta il grado di conoscenza del nodo rispetto quella informazione
- ▶ *Interesse*: a ogni informazione posseduta da un nodo è associato un valore di interesse che rappresenta quanto un nodo tenderà a cercare di incrementare la conoscenza associata



## Modello Base (2)

- ▶ Ogni nodo è caratterizzato da due vettori di stato
  - ▶ *Personal State*  $PS_{n_i}$
  - ▶ *Friend State*  $FS_{n_i}$
- ▶ *Personal State*: rappresenta lo stato corrente di un nodo in termini di informazioni conosciute, quanto le conosce e quanto vuole migliorare la conoscenza

$$PS_{n_i} = \left( \bigcup_{j \in T_i} (topic_j, quality_{i,j}, interest_{i,j}) \right)$$

- ▶ *Friend State*: rappresenta lo stato delle connessioni di un nodo con il numero di interazioni completate (risposte ricevute)

$$FS_{n_i} = \left( \bigcup_{j \in N_i} (n_j, answers_{i,j}) \right)$$



## Modello Base (3)

### ► Setup:

- *Informazioni*: ogni nodo riceve un insieme random di informazioni  $T_i$ . Il numero può essere limitato configurando la percentuale massima ottenibile rispetto all'insieme di tutte le informazioni  $T$
- *Qualità e Interesse*: la qualità associata alle informazioni viene configurata in modo random su scala [1-100].  
L'interesse viene settato in modo casuale sulla scala  $[1/T_i, 100/T_i]$
- *Amici*: i nodi non hanno connessioni predefinite al setup
- *Informazione 0*: è un'informazione fittizia posseduta da tutti i nodi. Se selezionata viene associata a un'informazione scelta casualmente tra quelle non possedute dal nodo. Rappresenta il meccanismo per l'acquisizione di nuove informazioni da parte di un nodo



## Modello Base (4)

- ▶ Regola di interazione:
  - ▶ Un nodo sceglie un interesse che possiede in maniera casuale ma pesata rispetto l'interesse associato
  - ▶ La controparte viene selezionata tra i nodi connessi (friend) o i “best-friends-of-friends”
  - ▶ Il nodo prescelto sarà quello con la qualità più alta associata all'informazione richiesta
  - ▶ L'interazione si configura come uno scambio richiesta-risposta controllato dalla differenza di qualità tra le parti



## Modello Base (5)

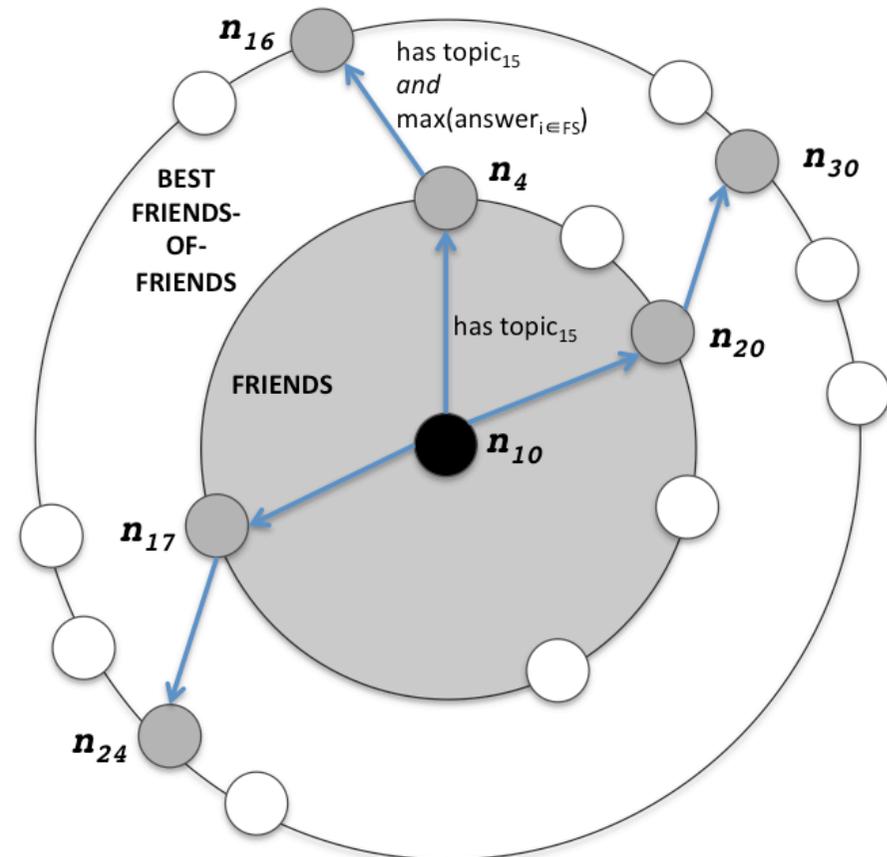
1. for node  $n_{10}$ ,  $topic_{15}$  is selected;
2. friends ( $n_4, n_{17}, n_{20}$ ) own  $topic_{15}$  (depicted in the grey circle);
3. best friends-of-friends ( $n_{16}, n_{24}, n_{30}$ ) own  $topic_{15}$  and have maximum number of answers (depicted in the white circle);
4. node  $n_{i^*}$  with higher quality associated to  $topic_{15}$  is selected.  $n_{i^*} = \{n_i : \max(\text{quality}_{i,15}; i \in (n_4, n_{17}, n_{20}, n_{16}, n_{24}, n_{30}))\}$ ;
5. IF  $\text{quality}_{i^*,15} > \text{quality}_{10,15}$   
THEN

*case 1* ( $n_{10}$  and  $n_{i^*}$  were not friends):

Update  $n_{10}$ 's Friend state by adding the pair  $(n_{i^*}, 1)$  and  $n_{i^*}$ 's Friend state by adding  $(n_{10}, 0)$ ;  
Update  $n_{10}$ 's Personal state.

*case 2* ( $n_{10}$  and  $n_{i^*}$  were already friends):

Update only  $n_{10}$ 's Friend state by increasing  $(n_{i^*}, \text{answers}_{10,i^*} + 1)$ ;  
Update  $n_{10}$ 's Personal state.





## Modello Base (6)

- ▶ Incremento della qualità (*1 versione*):
  - ▶ A seguito di una interazione, il nodo richiedente aggiorna il proprio stato
  - ▶ La qualità associata all'informazione richiesta viene incrementata di una frazione della differenza di qualità rispetto al nodo rispondente
  - ▶  $\gamma$ : coefficiente di apprendimento (valori tra 0 e 1)

$$quality_{i',j^*}(t_k) = quality_{i',j^*}(t_{k-1}) + \left[ \gamma (quality_{i'',j^*}(t_{k-1}) - quality_{i',j^*}(t_{k-1})) \right]$$



## Modello Base (7)

► Incremento della qualità (*II versione*):

- Il guadagno di qualità non è una semplice frazione del differenziale, ma presenta una dinamica crescente che considera un iniziale *distrust* e un decadimento esponenziale funzione del numero di interazioni tra i due nodi

$$\delta quality_{i',j^*} = \frac{quality_{i'',j^*} - quality_{i',j^*}}{\gamma + \rho e^{-x/\theta}}$$

- $\gamma$ : coefficiente di apprendimento ( $\geq 1$ )
- $x$ : numero interazioni avvenute (parametro *answers* del Friend State)
- $\rho$ : discount nominale applicato per  $x=0$  (prima interazione, massimo distrust)
- $\theta$ : parametro che controlla la pendenza dell'esponenziale negativo e rappresenta la velocità di attenuazione del distrust



## Modello Base (8)

► Incremento dell'interesse:

- Il guadagno di interesse del nodo richiedente ha una dinamica crescente ma con incrementi marginali decrescenti (esponenziale negativa) che simula il maggior interesse prodotto da un incremento di conoscenza
- Il guadagno di interesse è funzione del guadagno di qualità (*“tanto più impara un nodo, tanto più vuole imparare”*)

$$\delta interest_{i',j^*} = \alpha(1 - e^{-\delta quality_{i',j^*}/\beta})$$

- $\alpha$ : step nominale di incremento ( $\geq 1$ )
- $\beta$ : parametro che controlla la pendenza dell'esponenziale negativo e rappresenta la velocità di incremento dell'interesse



## Modello Base (8)

► Riduzione dell'interesse:

- Si è assunto che fosse non realistico modellare un andamento sempre crescente della somma degli interessi posseduti da un nodo
- A un incremento di interesse associato a un'informazione, si contrappone una riduzione proporzionale distribuita su tutti gli altri interessi del Personal State

$$\delta interest_{i',j \neq j^*} = - \frac{\delta interest_{i',j^*}}{|T_{i'} - 1|}$$



## In sintesi

- ▶ **Dinamiche contrapposte:**
  - ▶ Il modello presenta dinamiche contrapposte basate sui parametri di interesse e qualità
  - ▶ La scelta dell'informazione tende a polarizzarsi grazie all'incremento di interesse (tanto maggiore quanto è alto il differenziale di qualità)
  - ▶ La polarizzazione dell'interesse tende a far salire velocemente il livello di qualità delle informazioni associate e a favorire la comunicazione
  - ▶ L'aumento di qualità, tuttavia, rende meno probabile per un nodo trovare una controparte con qualità più alta, rendendo la comunicazione più difficile
  - ▶ La struttura della rete che si forma durante l'esecuzione influenza in modo significativo le dinamiche di comunicazione dei nodi
  - ▶ Si creano ruoli nel comportamento dei nodi



# Communication Efficiency

► *Metrica Communication Efficiency:*

- Si misura la proporzione di interazioni completate con successo (efficienza della diffusione di conoscenza) rispetto il numero di richieste effettuate dai nodi durante la simulazione
- $\Gamma$ : numero di cicli della simulazione. A ogni ciclo un nodo viene selezionato e produce una richiesta

$$\text{Communication Efficiency} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j \in N_i} \text{answers}_{i,j}}{\Gamma}$$



# Similarity

► **Metrica *Similarity*:**

- Si misura la proporzione di informazioni (*topic*) che i nodi di un cluster condividono (i.e. presenti in almeno due istanze) rispetto al totale del numero di informazioni differenti possedute dal cluster
- Intuitivamente, tanto più alto è il valore di questo indice, tanto più i nodi condividono informazioni per cui la comunicazione tenderà a svilupparsi internamente al cluster

$$\textit{Similarity} = \frac{T_{cluster}^{duplicated}}{T_{cluster}}$$



# ***Simulazioni***

***Configurazione base:***

*Numero di nodi  $N = 150$*

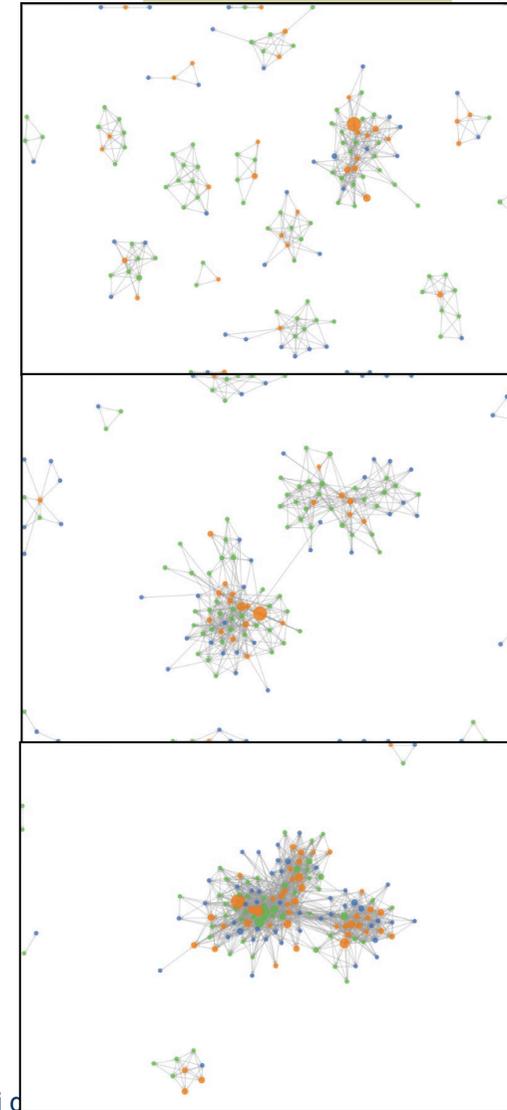
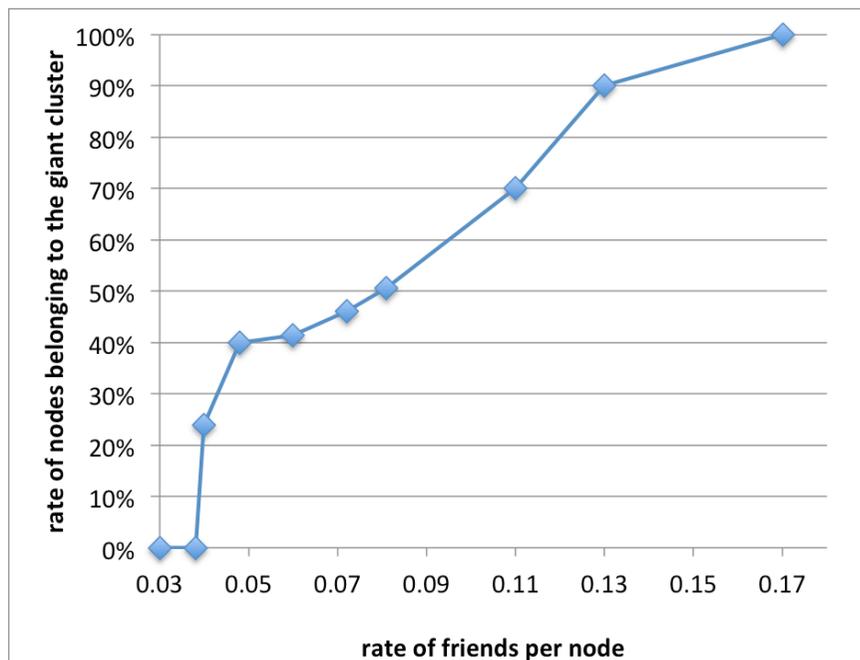
*Nessuna limitazione sull'out-degree dei nodi (numero di amici)*

*Durata della simulazione/No. Tick = 150000*



# Giant Component

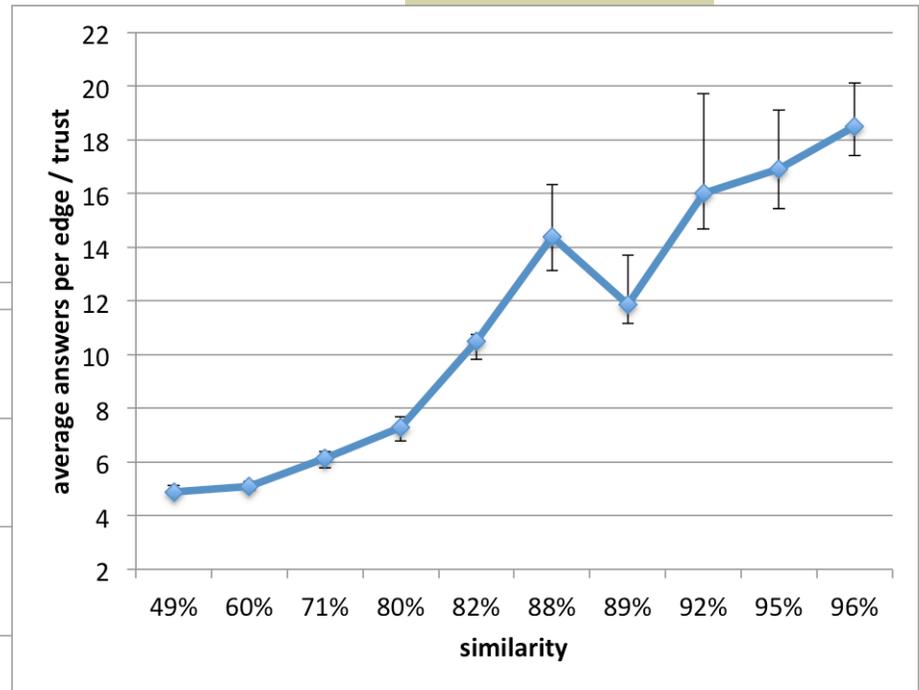
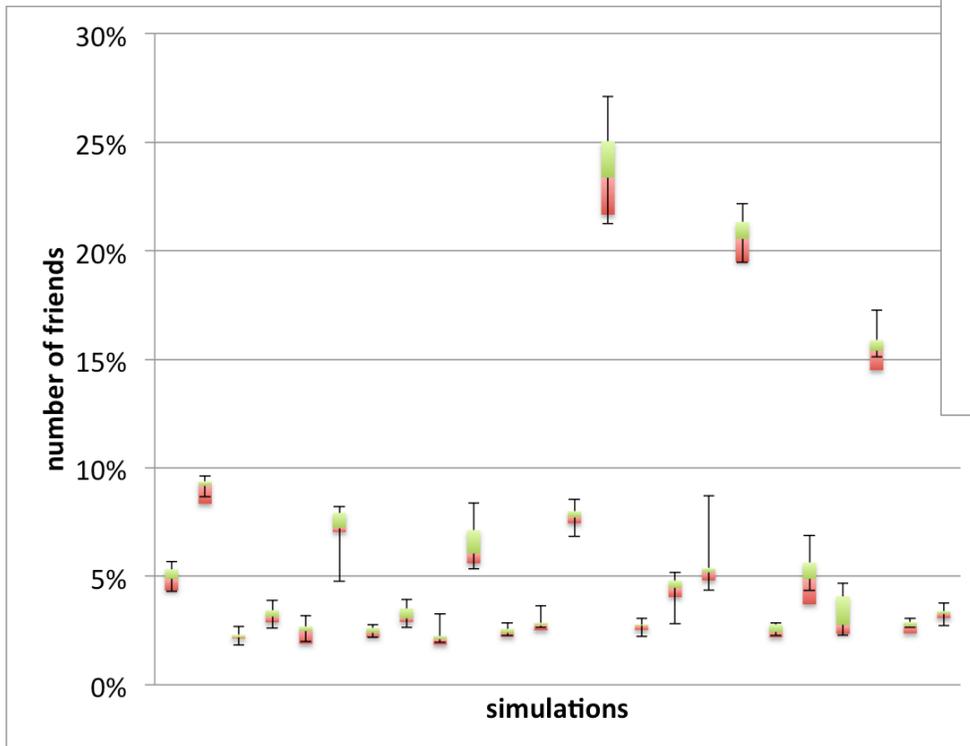
Allodi, Chiodi, and Cremonini “Modifying Trust Dynamics through Cooperation and Defection in Evolving Social Networks”, *TRUST* 2011, June, 2011





# Out-degree e Similarity

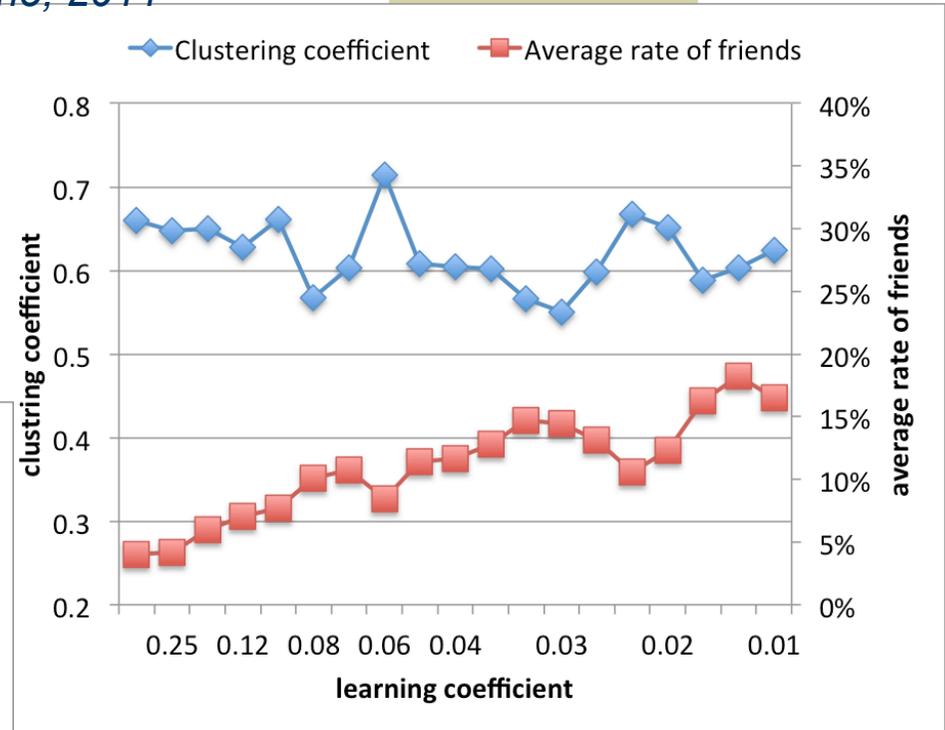
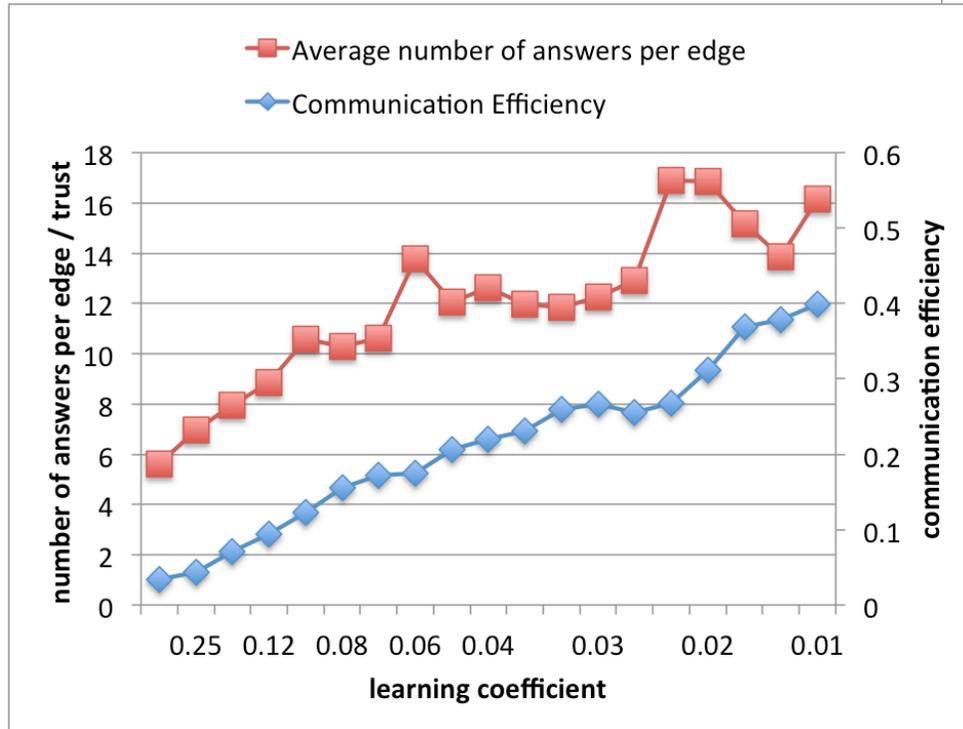
Allodi, Chiodi, and Cremonini "Modifying Trust Dynamics through Cooperation and Defection in Evolving Social Networks", *TRUST* 2011, June, 2011





# Coefficiente di apprendimento $\Upsilon$ (1 versione)

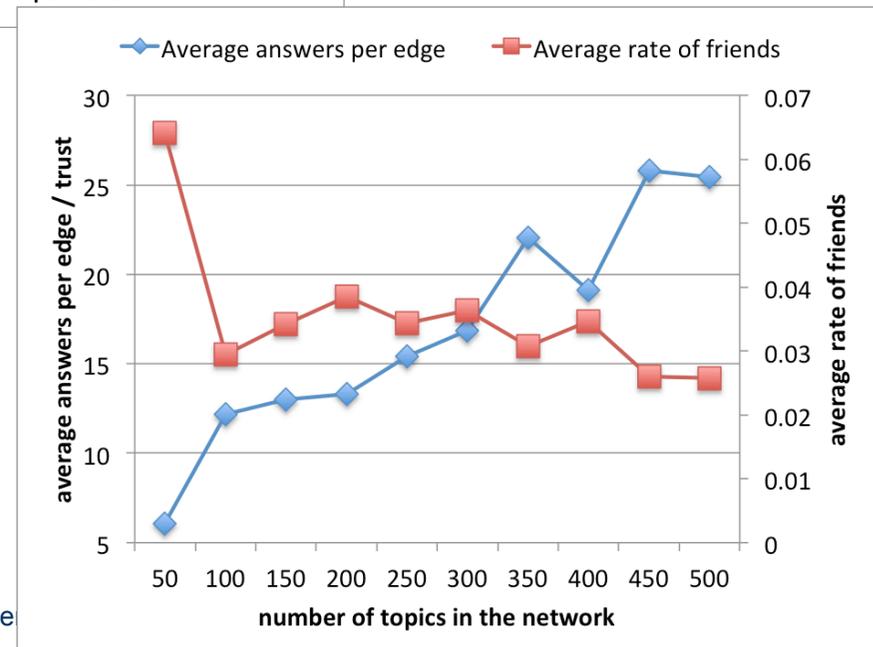
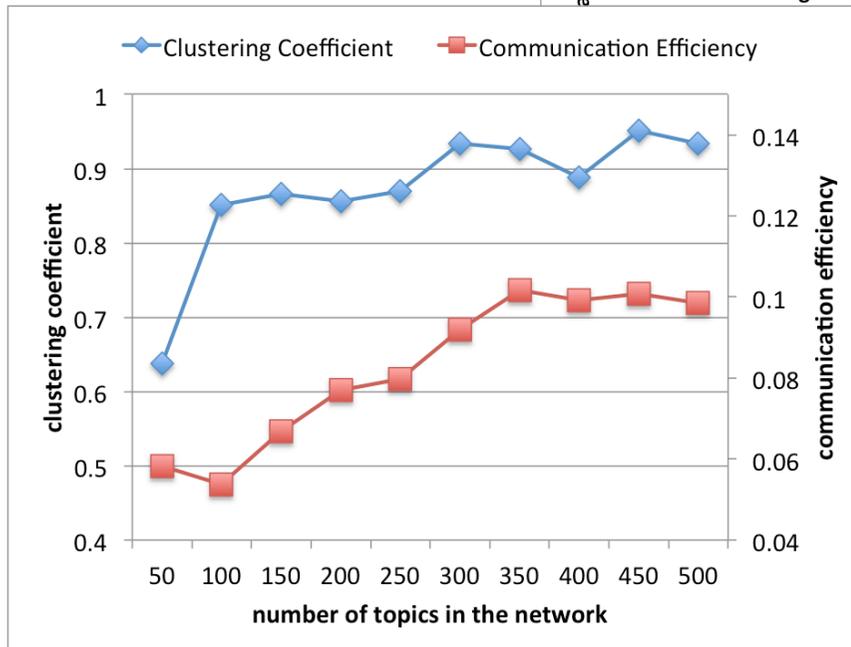
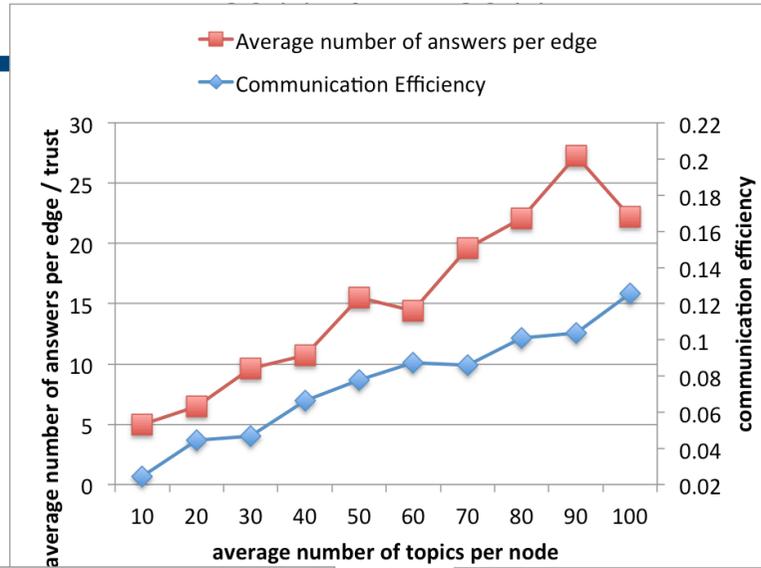
Allodi, Chiodi, and Cremonini "Modifying Trust Dynamics through Cooperation and Defection in Evolving Social Networks", TRUST 2011, June, 2011





# Numero di informazioni

Allodi, Chiodi, and Cremonini “Modifying Trust Dynamics through Cooperation and Defection in Evolving Social Networks”, TRUST

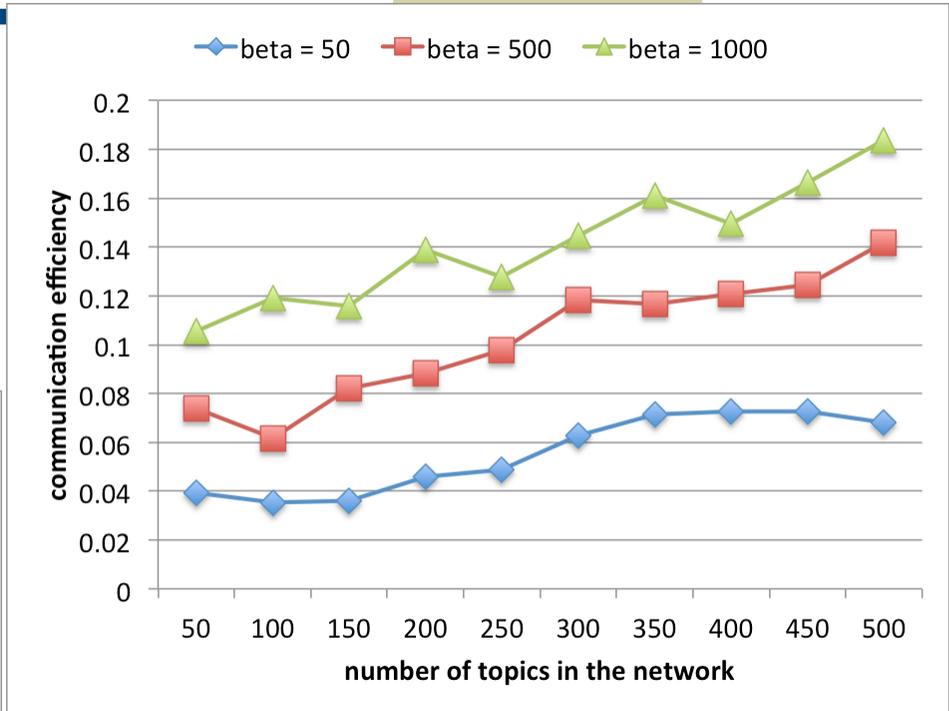
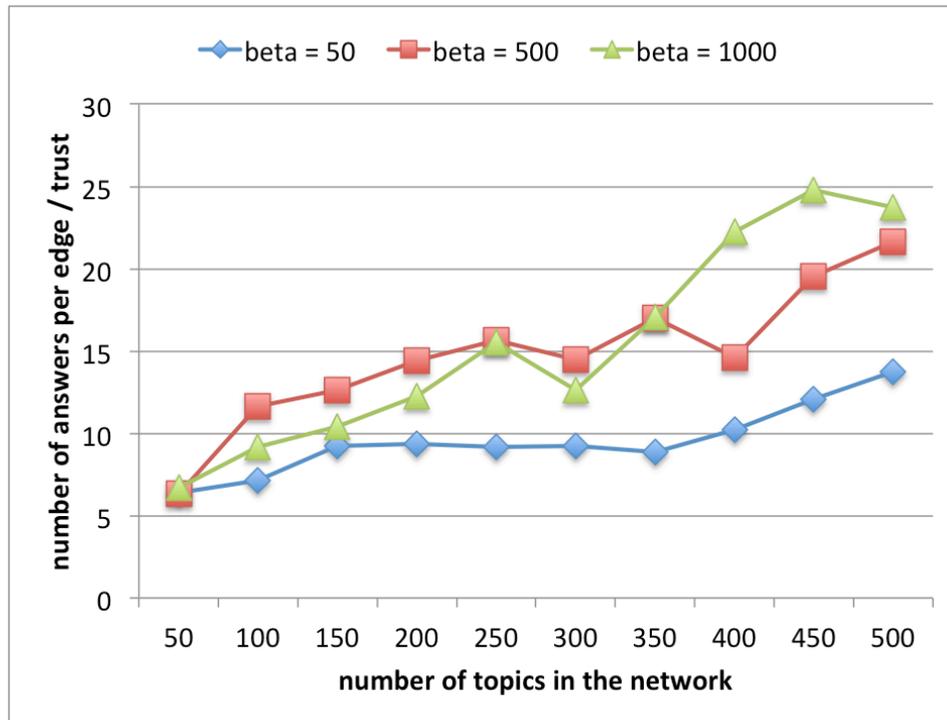




# *Demo #1*



# Polarizzazione dell'Interesse ( $\beta$ ) e Comunicazione





## Formazione di cluster e dipendenza da: #topic ( $\lambda_T, T$ ), dinamica dell'interesse ( $\alpha, \beta$ )

	Parameters	Network		Parameters	Network
A	$\lambda_T = 0.1$ $ T  = 20$ $\alpha = 100$ $\beta = 5$		B	$\lambda_T = 0.1$ $ T  = 100$ $\alpha = 100$ $\beta = 5$	
C	$\lambda_T = 1.0$ $ T  = 20$ $\alpha = 100$ $\beta = 5$		D	$\lambda_T = 1.0$ $ T  = 100$ $\alpha = 100$ $\beta = 5$	



## Average Knowledge (AK)

► *Metrica Average Knowledge:*

- Misura la conoscenza media, in termini di qualità, che gli agenti possiedono rispetto alle sole informazioni conosciute. Rappresenta una misura relativa poiché non considera le informazioni esistenti nella rete

$$AK = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{|PS_i|} quality_{i,j}}{\sum_{i=1}^N (|PS_i| - 1)}$$



## Knowledge Diffusion (*KD*)

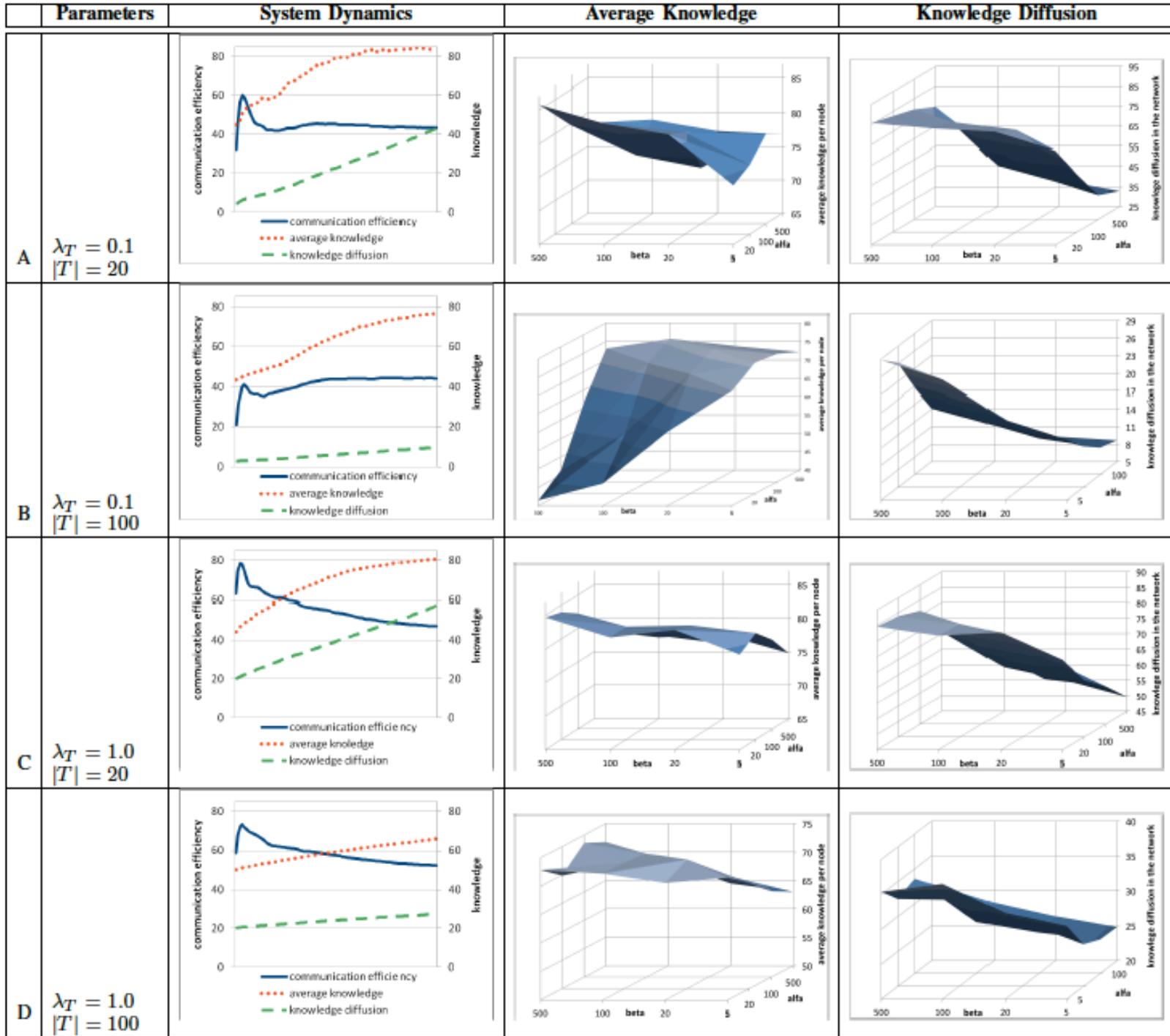
► *Metrica Knowledge Diffusion:*

- Misura la diffusione della conoscenza all'interno della rete, calcolata come la somma delle qualità delle informazioni possedute dai nodi rispetto al numero massimo di informazioni che i nodi potrebbero detenere. Rappresenta una misura assoluta di quanto il sistema effettivamente conosce rispetto a quanto avrebbe potuto conoscere.

$$KD = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{|PS_i|} quality_{i,j}}{N \times (|T| - 1)}$$



# Communication Efficiency, AK e KD



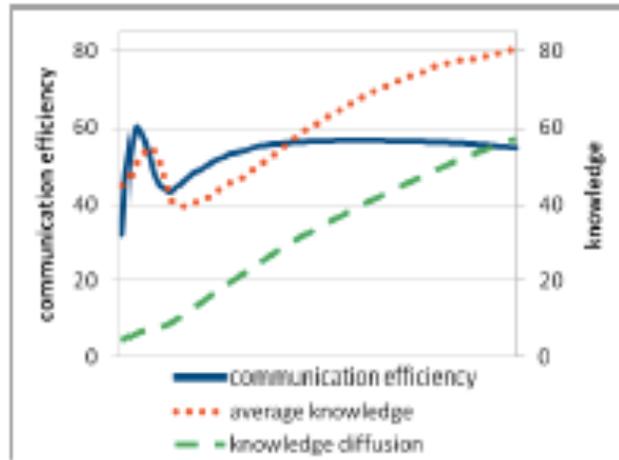


# Self-Organization

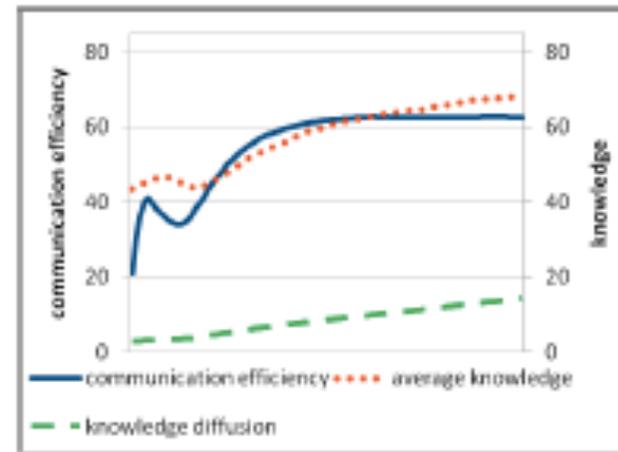
- ▶ *Self-Organization technique:*  
Variando il parametro  $\beta$  è possibile influenzare la dinamica del sistema. La variazione di  $\beta$  ha l'effetto di mitigare la polarizzazione dell'interesse dei nodi. Intuitivamente questo può essere pensato come l'adozione di strategie per ridurre l'effetto di hype che segue l'acquisizione rapida di nuove informazioni
- ▶ *Weak Self-Organization:*  
Si assume la presenza di un meccanismo di controllo centralizzato che imponga una variazione globale del parametro  $\beta$ . L'euristica utilizzata per la modifica osserva la dinamica della Communication Efficiency e agisce quando questa diventa negativa
- ▶ *Strong Self-Organization:*  
I nodi agiscono localmente senza conoscenza globale modificando la propria  $\beta_i$  osservando la propria communication efficiency  $CE_i$



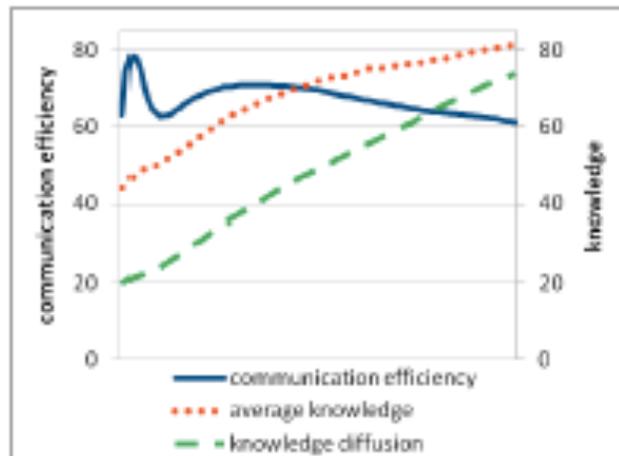
## Weak Self-Organization



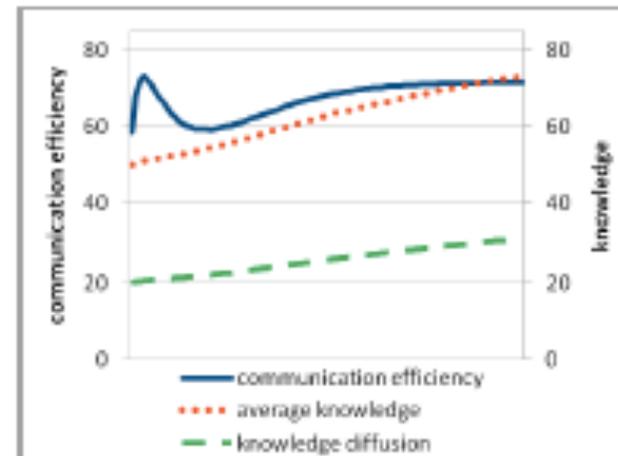
(A)  $\lambda_T = 0.1, |T| = 20$



(B)  $\lambda_T = 0.1, |T| = 100$



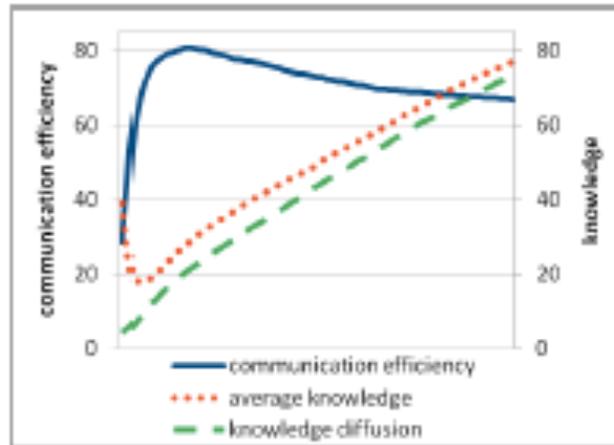
(C)  $\lambda_T = 1.0, |T| = 20$



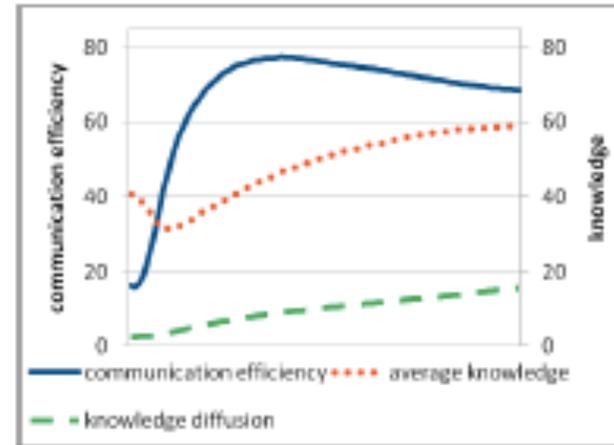
(D)  $\lambda_T = 1.0, |T| = 100$



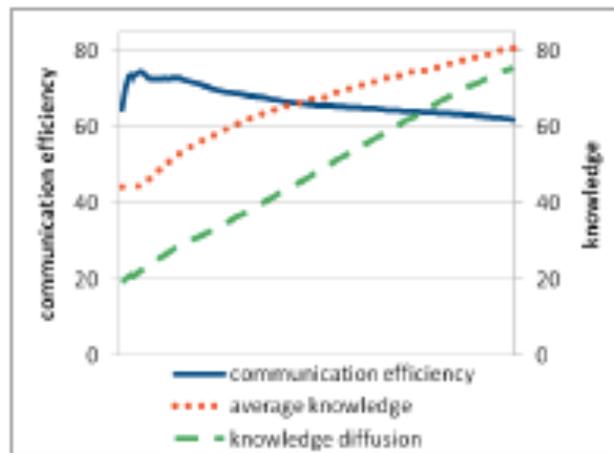
# Strong Self-Organization



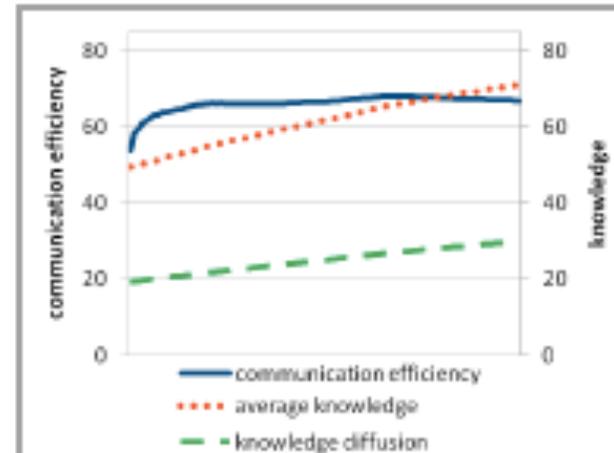
(A)  $\lambda_T = 0.1, |T| = 20$



(B)  $\lambda_T = 0.1, |T| = 100$



(C)  $\lambda_T = 1.0, |T| = 20$



(D)  $\lambda_T = 1.0, |T| = 100$



## Risultati

	Base System Dynamics			Weak Self-Organization					
	<i>CE</i>	<i>AK</i>	<i>KD</i>	<i>CE</i>	<i>AK</i>	<i>KD</i>	$\Delta CE$	$\Delta AK$	$\Delta KD$
A	39.50	77.44	37.60	54.68	76.37	54.34	<b>15.18%</b>	<b>-1.07%</b>	<b>16.74%</b>
B	44.12	76.14	9.68	62.57	68.10	14.40	<b>18.45%</b>	<b>-8.04%</b>	<b>4.73%</b>
C	46.96	80.41	57.41	61.22	81.54	73.84	<b>14.26%</b>	<b>1.13%</b>	<b>16.42%</b>
D	52.39	66.11	27.36	71.57	73.18	31.65	<b>19.18%</b>	<b>7.08%</b>	<b>4.30%</b>

Strong Self-Organization					
<i>CE</i>	<i>AK</i>	<i>KD</i>	$\Delta CE$	$\Delta AK$	$\Delta KD$
67.60	77.13	72.77	<b>28.10%</b>	<b>-0.32%</b>	<b>35.17%</b>
68.53	58.79	15.66	<b>24.41%</b>	<b>-17.35%</b>	<b>5.98%</b>
61.92	80.83	75.65	<b>14.97%</b>	<b>0.41%</b>	<b>18.24%</b>
66.87	71.09	29.96	<b>14.48%</b>	<b>4.98%</b>	<b>2.60%</b>

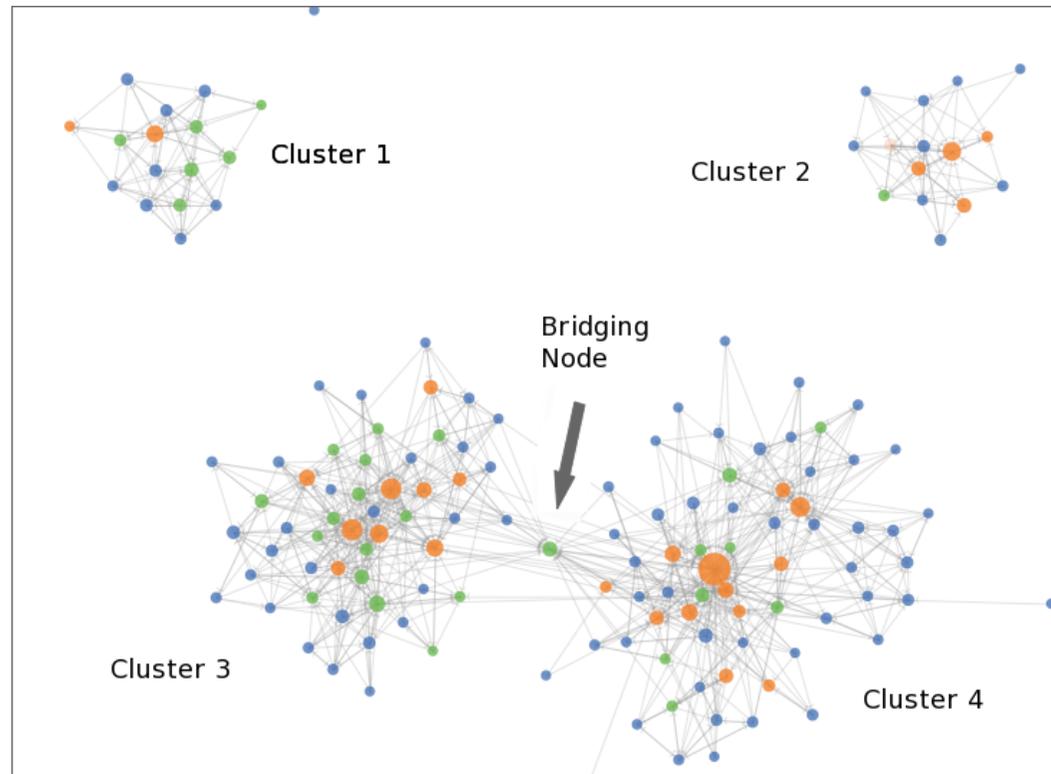


## ***Demo #2***



# Trust

- *Misura indiretta del Trust:*  
Non abbiamo dato una definizione specifica di trust, ma abbiamo assunto di poterlo valutare, qualitativamente, misurando l'intensità e la direzione prevalente della comunicazione

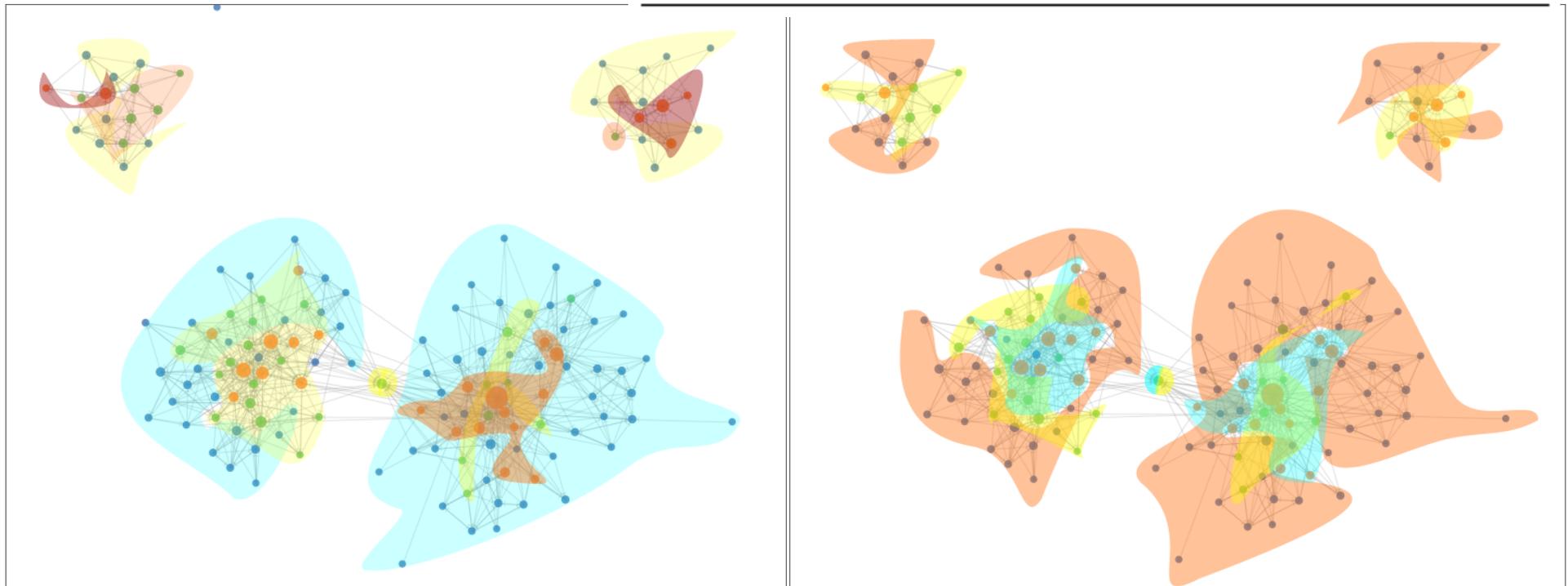




## Risultati

- ▶ *Trust-Gradiente di colore*
  - ▶ *Alto-Rosso*
  - ▶ *Basso-Azzurro*

	1	2	3	4
from PROXY nodes	15.5	17.9	8.3	8.5
towards PROXY nodes	<b>39.5</b>	<b>41.6</b>	<b>19.0</b>	<b>23.5</b>
from EX-PROXY nodes	23.1	22.1	11.9	12.4
towards EX-PROXY nodes	28.8	21.1	15.4	15.5
from PERIPHERAL nodes	<u>24.2</u>	<u>29.1</u>	<u>19.7</u>	<u>21.0</u>
towards PERIPHERAL nodes	14.6	11.7	6.9	9.9

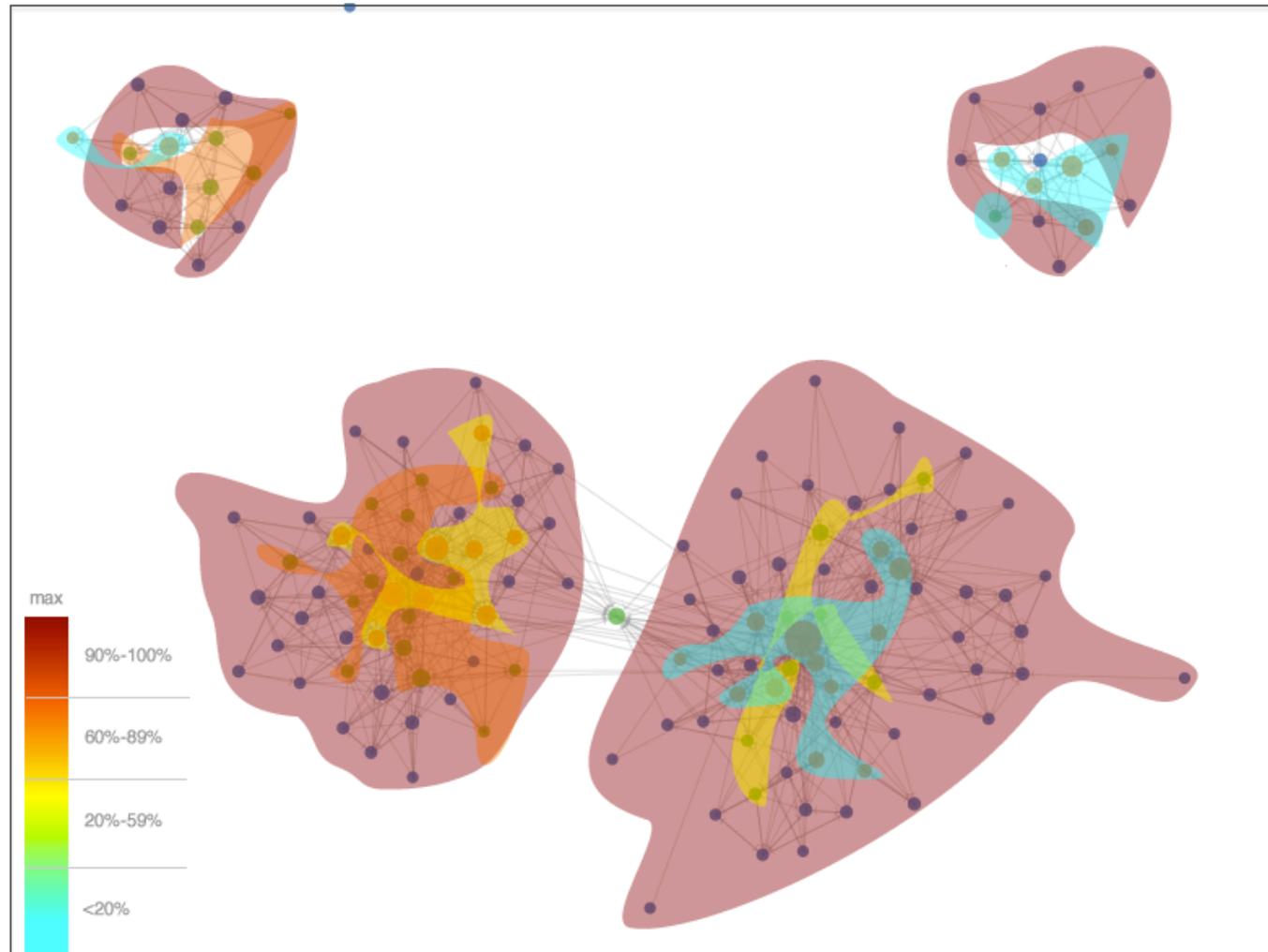


*Trust-IN*

*Trust-OUT* 75

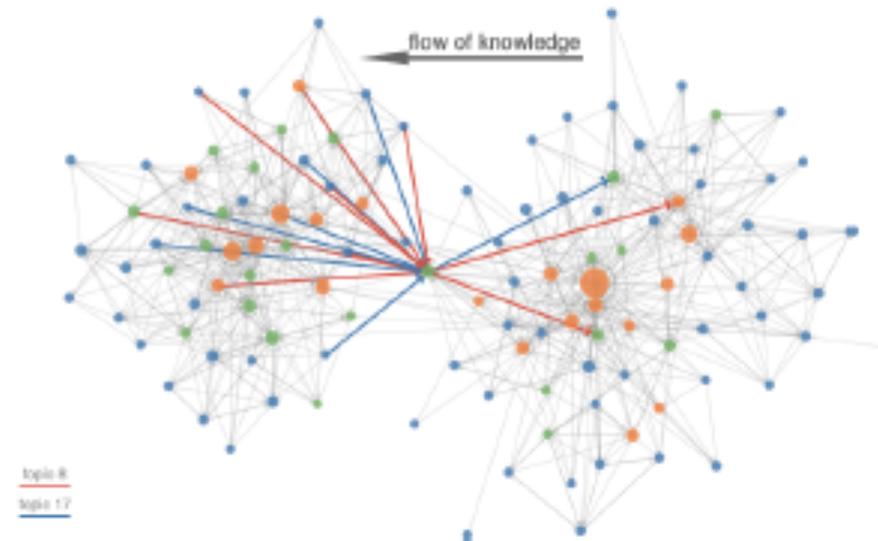
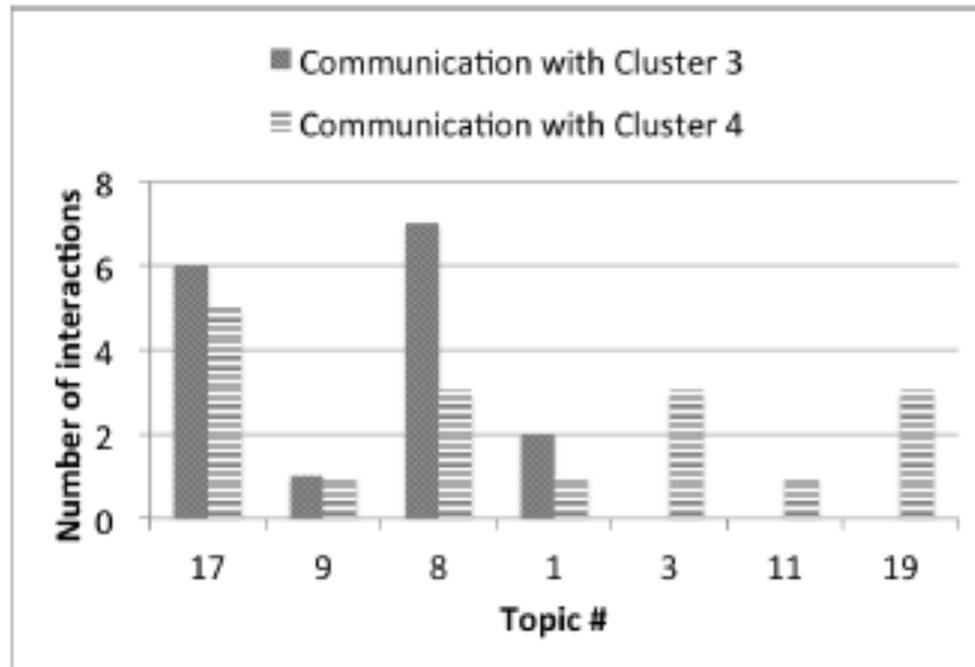


# Distribuzione Interessi





# Asimmetria nel Flusso di Informazioni





# *Demo #3*



***Grazie.***