

COMPORTAMENTI LOCALI
E
FENOMENI GLOBALI

CAPITOLO 3

Comportamenti Locali e Fenomeni Globali

Le reti sono uno strumento utilissimo per descrivere il rapporto tra i *comportamenti dei singoli* nodi ed i *fenomeni* che si verificano nell'intera popolazione.

Ad esempio, per rispondere alle seguenti questioni fondamentali.

- Come si evolvono i flussi di informazione in una rete sociale?

Comportamenti Locali e Fenomeni Globali

Le reti sono uno strumento utilissimo per descrivere il rapporto tra i *comportamenti locali* dei singoli ed i *fenomeni globali* che si verificano in una popolazione.

Ad esempio, per rispondere alle seguenti questioni fondamentali.

- Come si evolvono i flussi di informazione in una rete sociale?
- Come nodi diversi possono svolgere ruoli distinti nel processo?

Comportamenti Locali e Fenomeni Globali

Le reti sono uno strumento utilissimo per descrivere il rapporto tra i *comportamenti locali* dei singoli ed i *fenomeni globali* che si verificano in una popolazione.

Ad esempio, per rispondere alle seguenti questioni fondamentali.

- Come si evolvono i flussi di informazione in una rete sociale?
- Come nodi diversi possono svolgere ruoli distinti nel processo?
- Come ciò può evolvere la rete nel tempo?

LA FORZA DEI LEGAMI DEBOLI

Esperimento di Granovetter (fine anni 60)

- Il sociologo Mark Granovetter per la sua tesi di dottorato intervistò numerose persone che avevano appena trovato lavoro e chiese come erano venuti a conoscenza dell'offerta di lavoro



LA FORZA DEI LEGAMI DEBOLI

Esperimento di Granovetter (fine anni 60)



- Il sociologo Mark Granovetter per la sua tesi di dottorato intervistò numerose persone che avevano appena trovato lavoro e chiese come erano venuti a conoscenza dell'offerta di lavoro
- Risultò che la maggior parte delle persone avevano saputo le informazioni mediante *contatti personali*
- Inoltre descrivevano questi contatti più spesso come *conoscenti* che come amici

LA FORZA DEI LEGAMI DEBOLI

Esperimento di Granovetter (fine anni 60)



- Il sociologo Mark Granovetter per la sua tesi di dottorato intervistò numerose persone che avevano appena trovato lavoro e chiese come erano venuti a conoscenza dell'offerta di lavoro
- Risultò che la maggior parte delle persone avevano saputo le informazioni mediante *contatti personali*
- Inoltre descrivevano questi contatti più spesso come *conoscenti* che come amici
- Gli amici dovrebbero essere quelli che più ci tengono ad aiutare e fornire notizie utili
 - *Perché i conoscenti risultano più utili nella ricerca di un nuovo lavoro?*

Esperimento di Granovetter: Domanda di base

Granovetter stabilisce una connessione tra **ruolo sociale** e **strutturale** di un edge

- **Struttura**

- Edge strutturalmente incorporati sono anche socialmente **forti**
- Edge che abbracciano diverse parti del rete sono socialmente **deboli**

Esperimento di Granovetter: Domanda di base

Granovetter stabilisce una connessione tra **ruolo sociale** e **strutturale** di un edge

- **Struttura**

- Edge strutturalmente incorporati sono anche socialmente **forti**
- Edge che abbracciano diverse parti del rete sono socialmente **deboli**

- **Informazioni**

- Legami deboli consentono di raccogliere informazioni provenienti da diverse parti della rete e trovare un lavoro
- Edge strutturalmente incorporati (legami forti) sono ridondanti in termini di accesso alle informazioni

Esperimento di Granovetter: Domanda di base

Granovetter stabilisce una connessione tra **ruolo sociale** e **strutturale** di un edge

- **Struttura**

- Edge strutturalmente incorporati sono anche socialmente **forti**
- Edge che abbracciano diverse parti del rete sono socialmente **deboli**

- **Informazioni**

- Legami deboli consentono di raccogliere informazioni provenienti da diverse parti della rete e trovare un lavoro
- Edge strutturalmente incorporati (legami forti) sono ridondanti in termini di accesso alle informazioni

In altri termini,

- soggetti aventi **legami deboli**, fatti cioè di conoscenze amicali non troppo strette, hanno più possibilità di accesso a nuove informazioni e quindi di potenziali posizioni lavorative di proprio interesse,

rispetto a

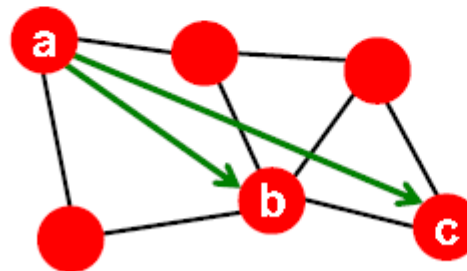
- coloro che investono socialmente soltanto nei **legami forti**, cioè i familiari, i parenti, gli amici intimi...

Evoluzione della struttura della rete

Quali sono i meccanismi con cui gli edge si formano e svaniscono?

Principio di base (**Triadic Closure**):

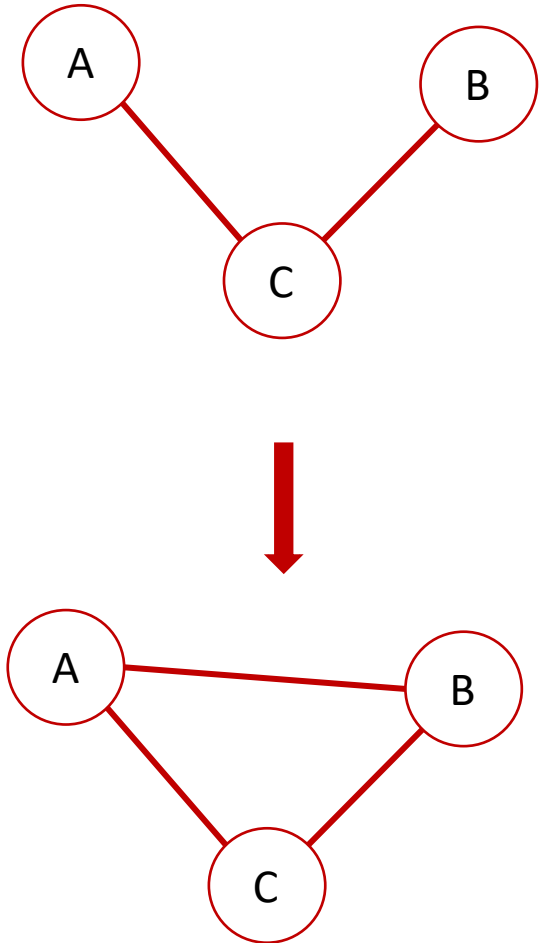
Se due persone in una rete sociale hanno un amico in comune, allora vi è una maggiore probabilità che diventeranno essi stessi amici ad un certo momento futuro
(rispetto a due persone che no hanno amici in comune).



Which edge is more likely, a-b or a-c?

Triadic Closure: Motivazioni sociologiche

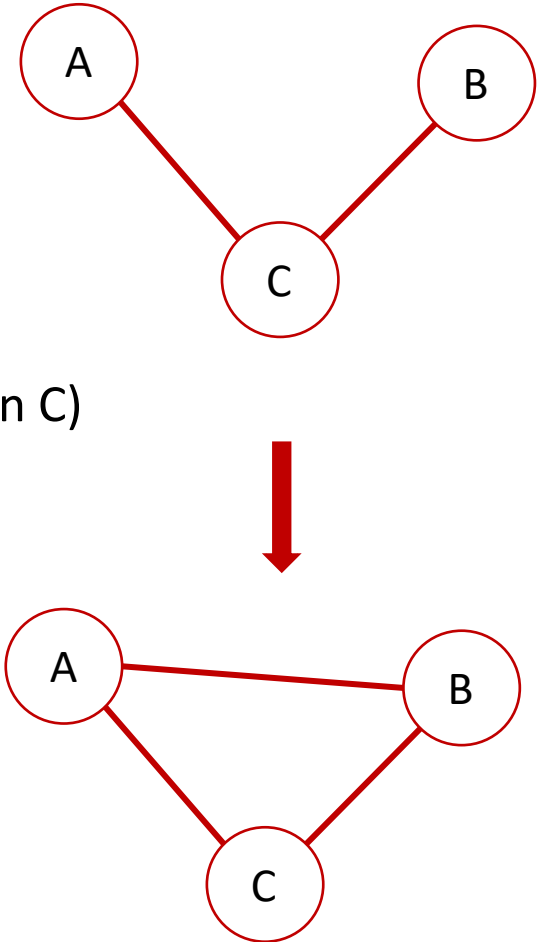
A e B hanno un amico C in comune



Triadic Closure: Motivazioni sociologiche

A e B hanno un amico C in comune

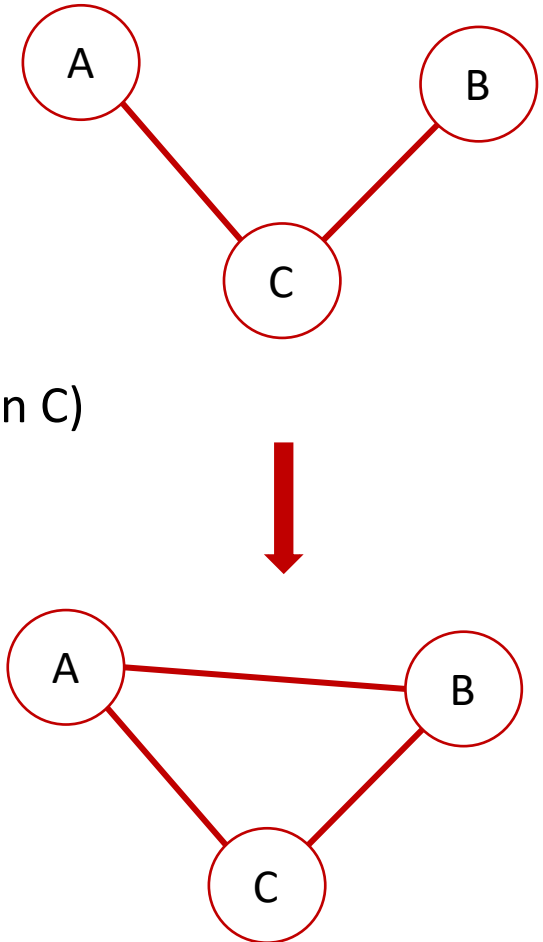
- **Opportunita:** è più probabile che A e B si incontrino
(dal momento che entrambi trascorrono del tempo con C)



Triadic Closure: Motivazioni sociologiche

A e B hanno un amico C in comune

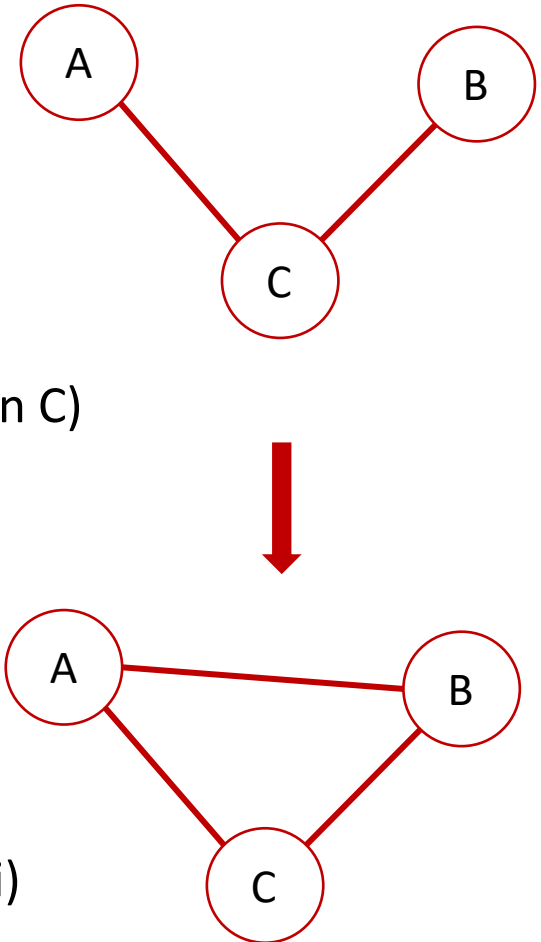
- **Opportunit :**   pi  probabile che A e B si incontrino
(dal momento che entrambi trascorrono del tempo con C)
- **Fiducia:** A e B tendono ad avere fiducia l'un l'altro
(dal momento che hanno un amico in comune)



Triadic Closure: Motivazioni sociologiche

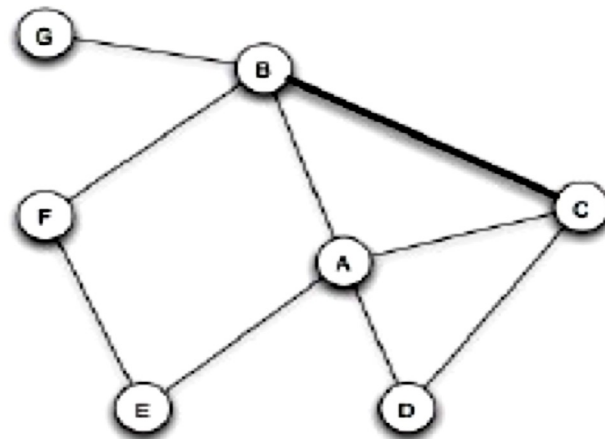
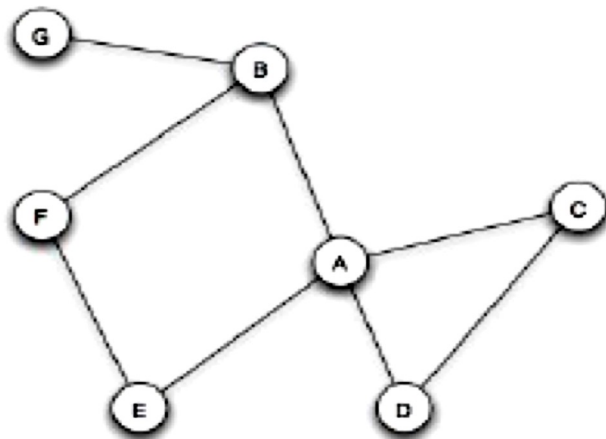
A e B hanno un amico C in comune

- **Opportunit :**   pi  probabile che A e B si incontrino
(dal momento che entrambi trascorrono del tempo con C)
- **Fiducia:** A e B tendono ad avere fiducia l'un l'altro
(dal momento che hanno un amico in comune)
- **Incentivo:** C ha un incentivo a far incontrare A e B
(  pi  difficile per C mantenere due rapporti disgiunti)



Triadic closure

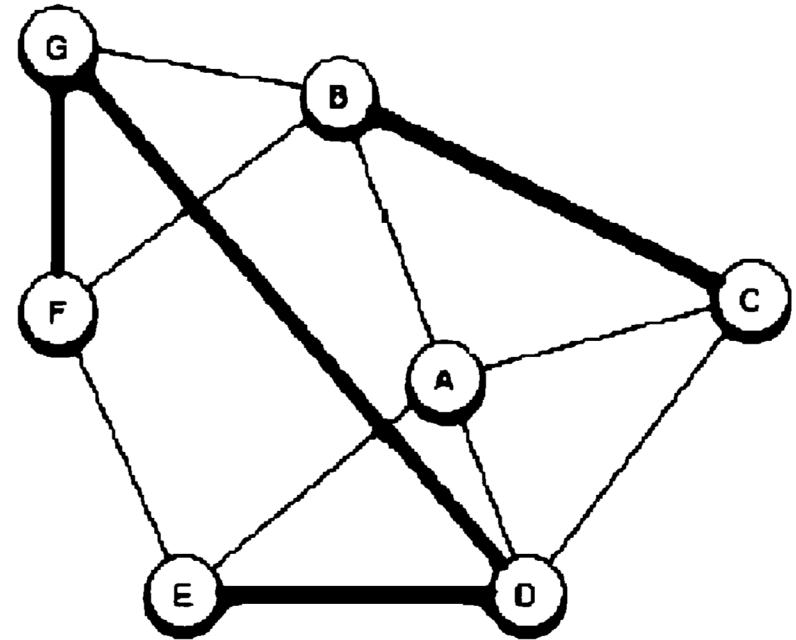
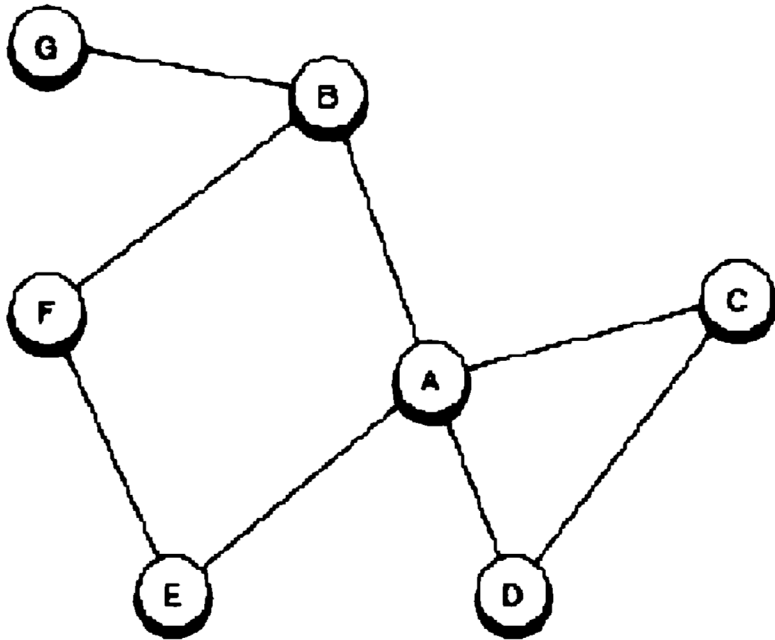
- Se i nodi B e C hanno un amico in comune A, poi la formazione di un arco tra B e C produce una situazione in cui tutti e tre i nodi A, B, e C presentano un edge che li connette



- Il termine deriva dal fatto che l'edge B - C ha l'effetto di "chiusura", rappresenta cioè il terzo lato del triangolo ABC.

triadic closure

Se osserviamo l'evolversi di una rete sociale nel tempo noteremo la creazione di nuovi edge nel tempo e la tendenza alla chiusura dei triangoli



Nota: come si forma l'edge G-D? (per altri motivi)

Clustering

- Il **coefficiente di clustering di un nodo u** è la frazione di coppie di amici di u che sono collegati tra loro da edges

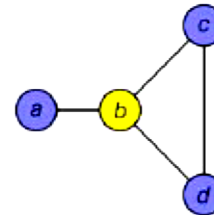
(u ha grado k_u ed ha L_u coppie di vicini connesse da un edge) è definito come

$$C_u = \frac{L_u}{\frac{k_u(k_u - 1)}{2}}$$

C_u è compreso tra 0 e 1:

- 0: nessuno degli amici del nodo sono amici tra loro
- 1: tutti gli amici del nodo sono amici tra di loro.

- Esempio: il nodo b ha 3 amici
 - tre possibili coppie di amici, di cui una collegata
 - $1/3$



Clustering

- Il **coefficiente di clustering di un nodo u** è la frazione di coppie di amici di u che sono collegati tra loro da edges

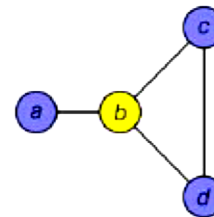
(u ha grado k_u ed ha L_u coppie di vicini connesse da un edge) è definito come

$$C_u = \frac{L_u}{\frac{k_u(k_u - 1)}{2}}$$

C_u è compreso tra 0 e 1:

- 0: nessuno degli amici del nodo sono amici tra loro
- 1: tutti gli amici del nodo sono amici tra di loro.

- Esempio: il nodo b ha 3 amici
 - tre possibili coppie di amici, di cui una collegata
 - $1/3$

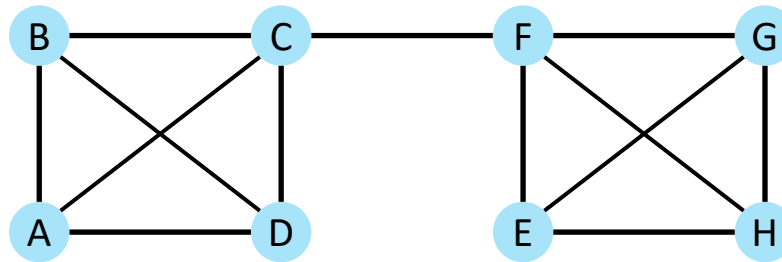


Più è forte la triadic closure, maggiore sarà il coefficiente di clustering

Triadic Closure ed Esperimento Ganovetter

Informazioni su lavori interessanti:

- Poche
- Chi ce le da, ha accesso ad una fonte che non abbiamo



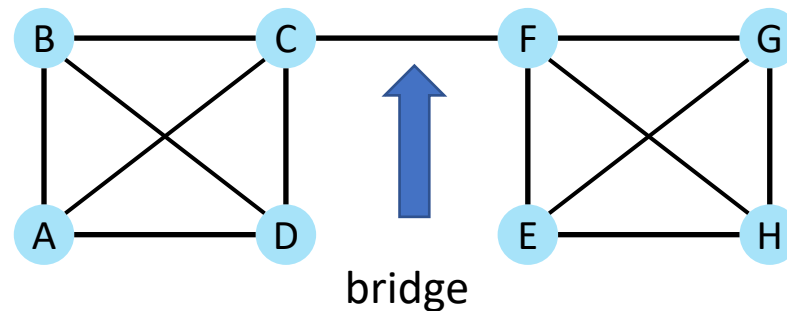
Amici di C

- **A, B, D** formano un *gruppo stretto* (stesse informazioni)
- **F** fa parte di un altro *gruppo stretto* (probabilmente altre informazioni)

Bridge

Un arco $x-y$ è un **bridge** se la sua rimozione porrebbe x e y in componenti connesse distinte del grafo.

- Un bridge è un nodo che permette l'accesso tra parti della rete che sarebbero irraggiungibili altrimenti.
- Essere un bridge è una proprietà globale della rete



Note:

- un bridge non appartiene a triangoli (perchè?)
- **bridge sono estremamente rari in reti reali**

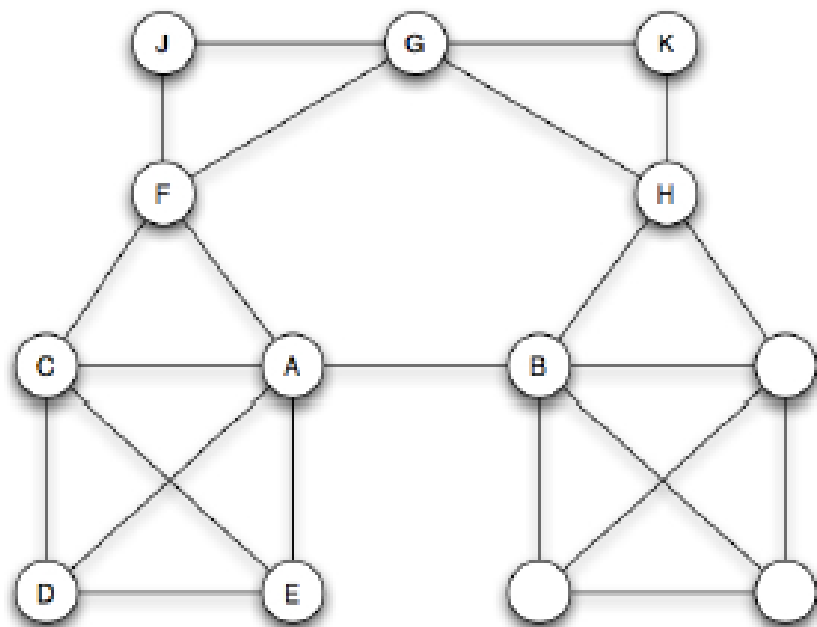
Local Bridge

Un arco tra due nodi A e B in un grafo è un **bridge locale** se i suoi estremi A e B non hanno amici in comune

- Per ogni vertice u, l'insieme $N(u)$ rappresenta il vicinato (neighborhood) di u, cioè l'insieme dei vicini di u.
- Arco $\{A, B\}$ è un bridge locale se e solo se

$$(N(A) \setminus \{A\}) \cap (N(B) \setminus \{B\}) = \emptyset$$

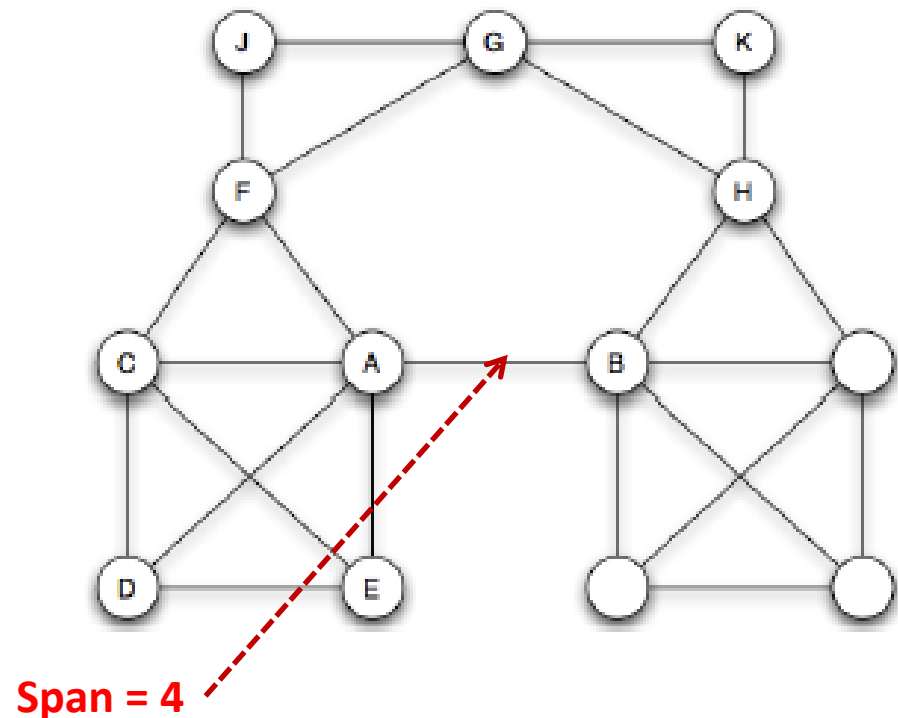
Nota: Eliminando A-B, la distanza tra A e B aumenta ad un valore strettamente >2 .



Local Bridge

Lo **span** di un local bridge è la distanza tra i suoi estremi se togliessimo l'arco

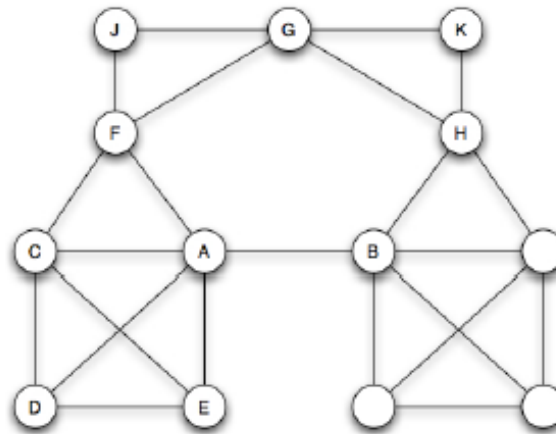
- Maggiore è lo span più importante è il ruolo di coesione dell'arco



Local Bridge ed Esperimento Ganovetter

Informazioni su lavori interessanti:

- Poche
- Chi ce le da, ha accesso ad una fonte che non abbiamo



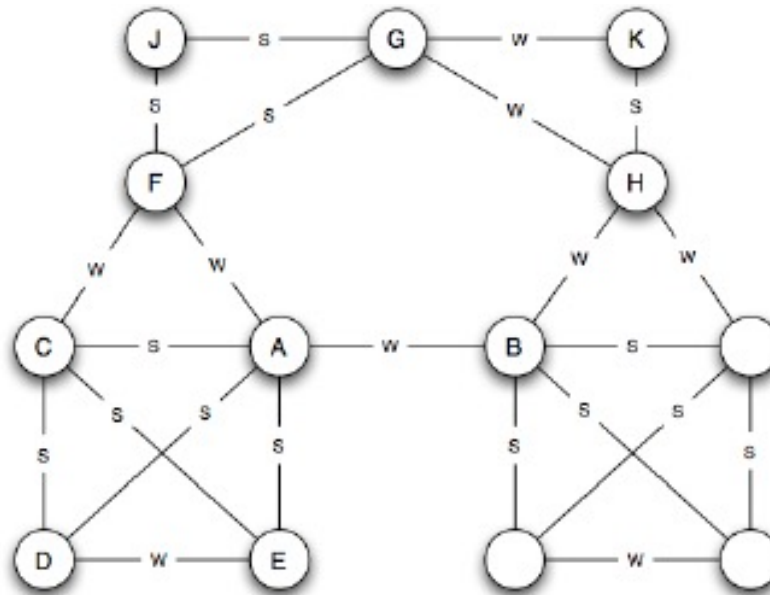
- *gruppo stretto* \Leftrightarrow *legami forti, stesse informazioni*
- **Local bridge (ad altro gruppo stretto)**
 - *probabilmente altre informazioni*
 - *legame debole*

Strong Triadic Closure

- Possiamo etichettare edge come legami Forti (S) o deboli (W).
- Legami deboli generano chiusura triadica?

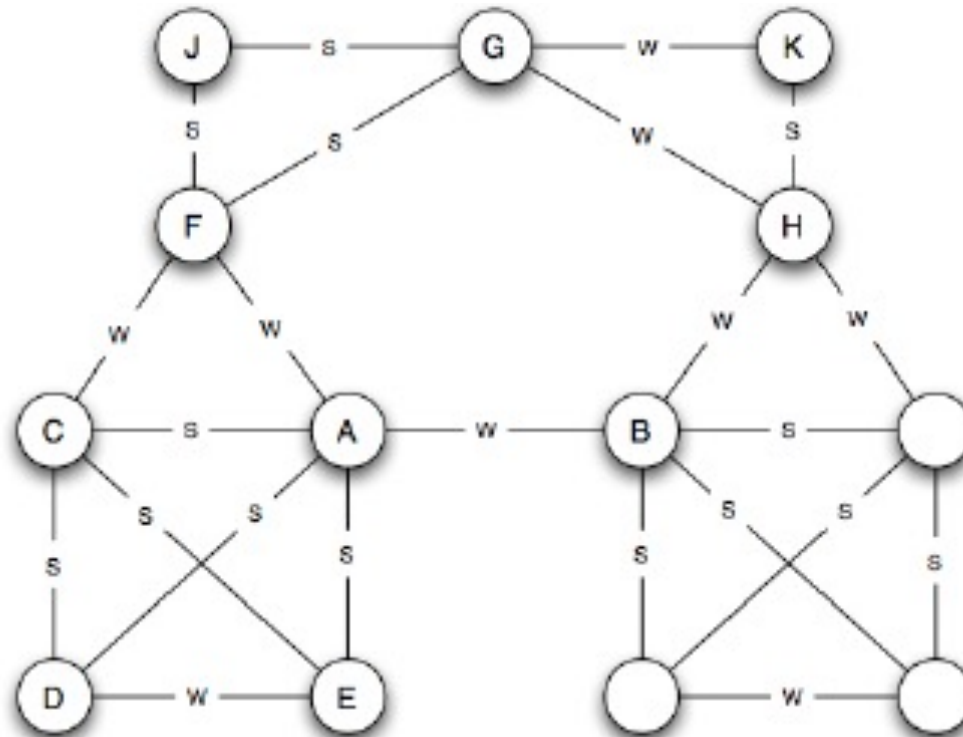
Il nodo A soddisfa la **Strong Triadic Closure** se

per ogni scelta di vicini B e C di A tali che AB e AC sono legami forti risulta che BC è un legame (forte o debole).



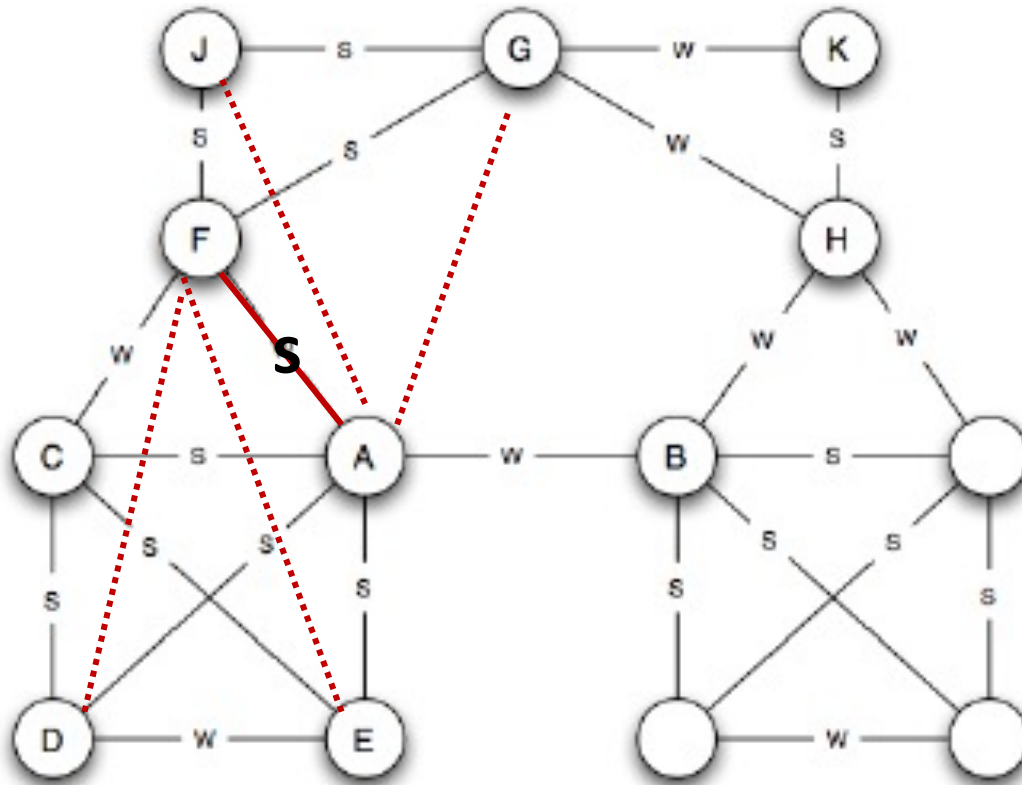
Strong Triadic Closure

- Nessun nodo della figura viola la proprietà di **Strong Triadic Closure**
- Se edge A-F dovesse essere un legame forte , piuttosto che un debole, i nodi A e F entrambi violerebbero la proprietà



Strong Triadic Closure

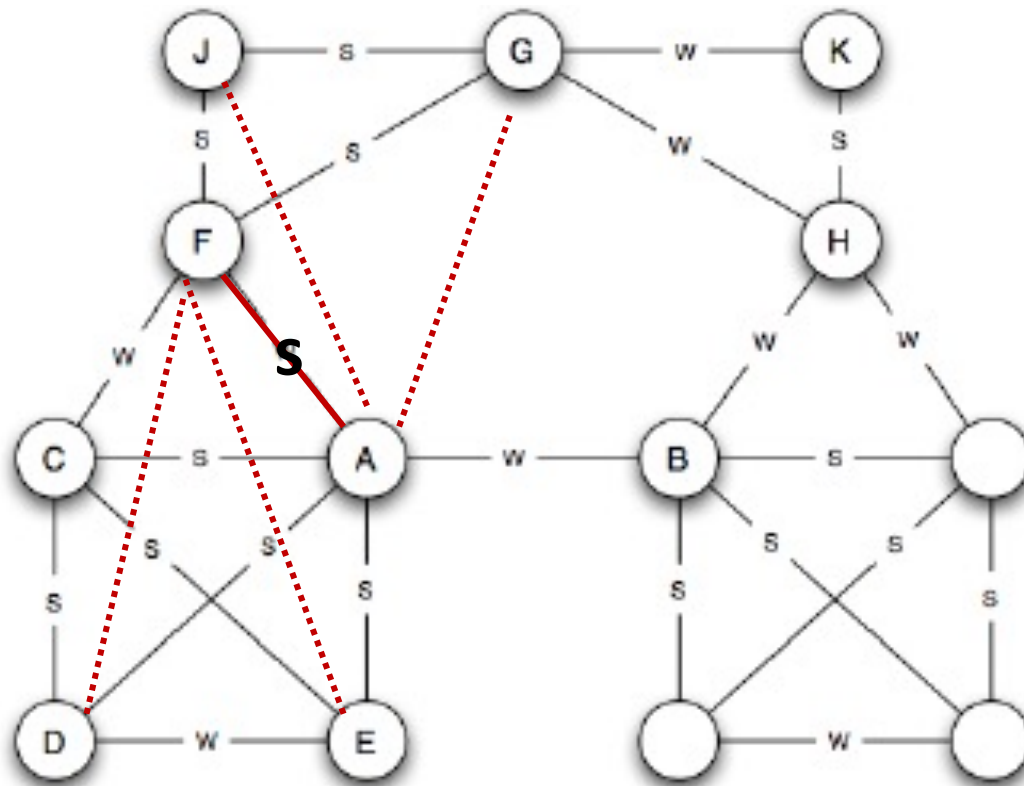
- Nessun nodo sotto viola la proprietà di **Strong Triadic Closure**
- Se edge A-F dovesse essere un legame forte , piuttosto che un debole, i nodi A e F entrambi violerebbero la proprietà



Strong Triadic Closure

La proprietà di Strong Triadic Closure

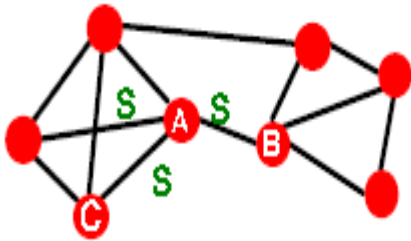
- è troppo estrema per valere per tutti i nodi di una grande rete sociale, ma
- è un passo utile come astrazione della realtà e
- permette di ragionare ulteriormente circa le conseguenze strutturali di legami forti e deboli.



Weak Ties

Assumiamo la Strong Triadic Closure (STC).

Se un nodo ha almeno due strong ties allora ogni local bridge a cui è adiacente è un weak tie



- Supponiamo A soddisfa STC ed ha due strong ties
- Sia AB un local bridge ed anche strong tie
 - BC deve esistere per STC
 - BC non può esistere perchè AB non può stare in un triangolo
 - ➔ CONTRADDIZIONE
- Quindi AB non può essere uno strong tie

Quindi

1. Se la rete ha un numero sufficiente di strong ties allora ogni local bridge è un weak tie
2. Le informazioni cruciali viaggiano sui weak tie
3. Un weak tie collega una proprietà globale (local bridge) ad un comportamento locale (strength of tie/forza dei legami)

Forza dei Legami in Data-Set Reali

- Per molti anni non si è potuto verificare le teorie di Granovetter
(**connessioni tra forza dei legami sociali e proprietà strutturali della rete**)
su network di grandi dimensioni e in contesti realistici
 - Mancanza di dati concreti
- Oggi abbiamo dati per reti “who-talks-to-whom” di grandi dimensioni
 - Facebook, social networks, tabulati telefonici, email
- Onnela e al. 2007
 - Dati di un provider di telefonia cellulare che copriva il 20% della popolazione statunitense
 - Periodo di osservazione 18 settimane
 - Due utenti sono collegati se hanno scambiato almeno una telefonata in entrambe le direzioni
 - La forza del legame è misurata dal numero di minuti di comunicazione

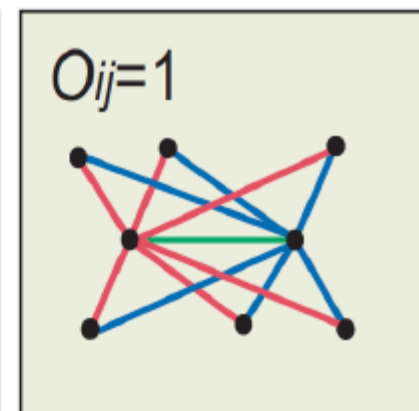
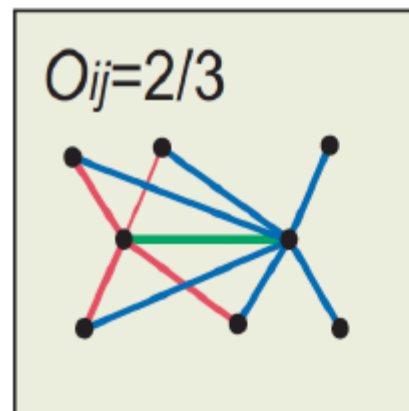
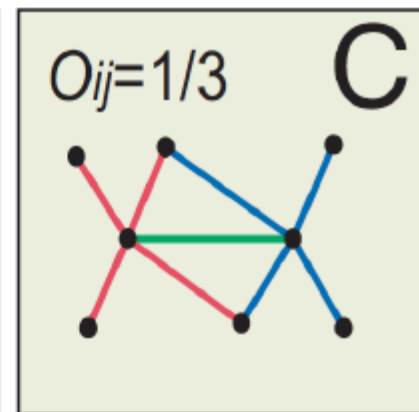
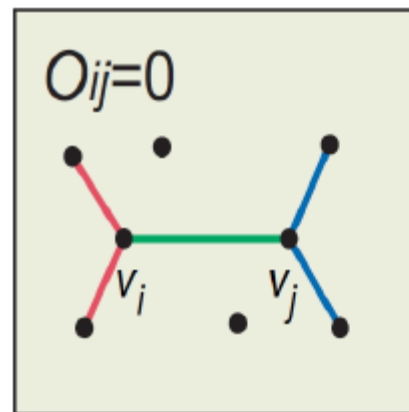
Oltre le dicotomie legame forte-debole e bridge si-no

Neighborhood Overlap

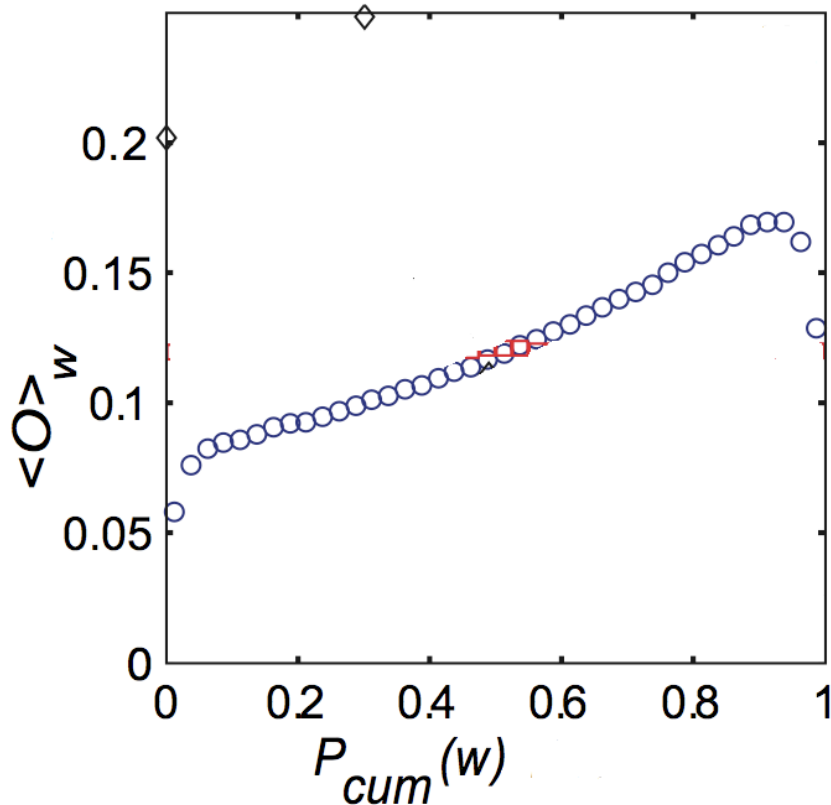
Neighborhood overlap di i e j

$$O_{ij} = \frac{\#(\text{vicini comuni ad i e j})}{\#(\text{vicini di i o j})}$$

- local bridge
→ Neighborhood overlap = 0
- Nodi con piccolo neighborhood overlap sono “quasi” dei local bridge.



Risultati Empirici su Neighborhood Overlap



Esempio Telefonia cellulare

Neighborhood Overlap degli archi in funzione del percentile tra gli archi ordinati per forza del legame (es. numero chiamate)

Al crescere dei valori sull'asse delle x, otteniamo archi di sempre maggiore forza, e poiché la curva aumenta in modo lineare, abbiamo anche archi aventi sempre maggiore Neighborhood Overlap



Link molto usati hanno Neighborhood Overlap alto!

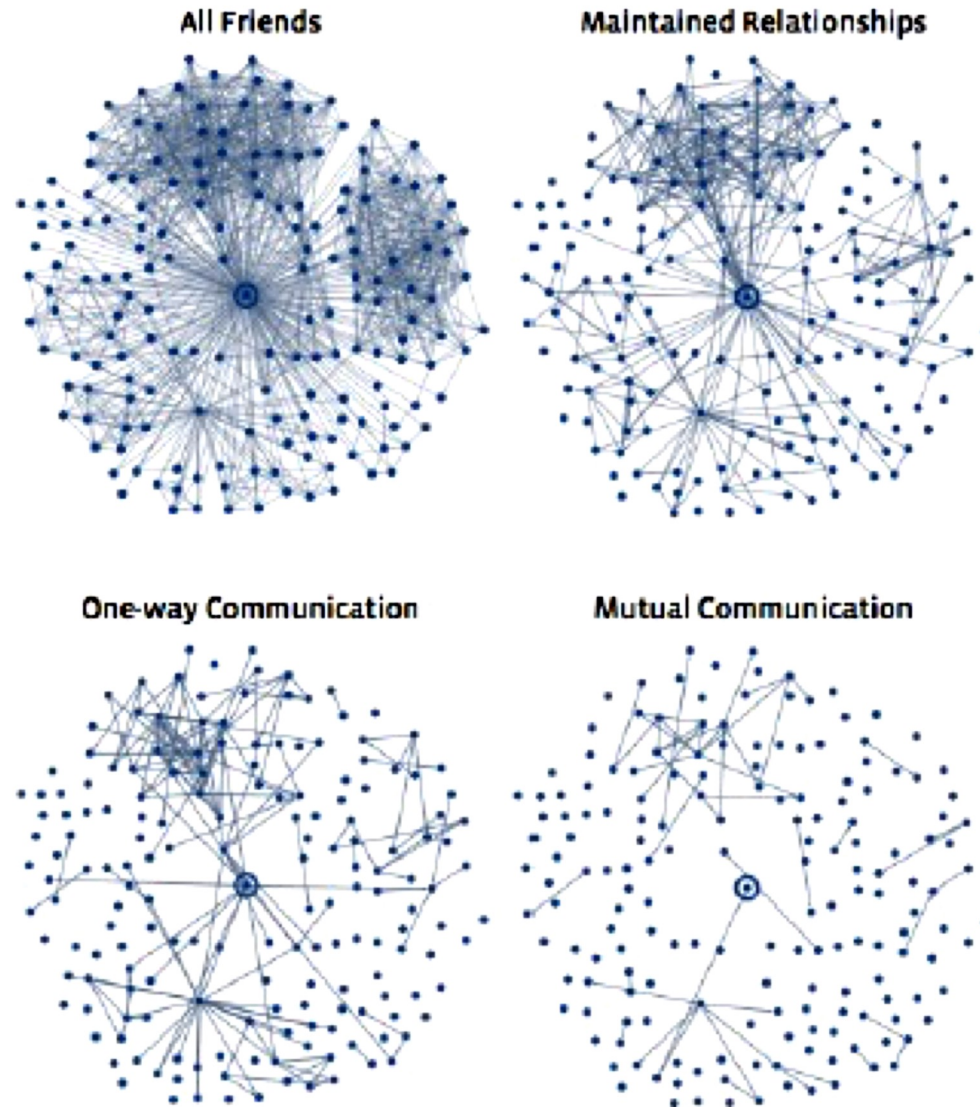
Forza dei Legami e Social networks

Un link (Facebook) rappresenta

- **Comunicazione reciproca** se ciascun utente ha inviato messaggi all'amico all'altra estremità del collegamento, e ha anche ricevuto i suoi messaggi durante il periodo di osservazione.
- **Comunicazione unidirezionale** se l'utente invia uno o più messaggi all'amico all'altra estremità del collegamento (sia che questi messaggi sono stati ricambiati o meno).
- **Relazione mantenuta** se l'utente ha seguito l'amico all'altra estremità del collegamento, anche in assenza di comunicazione vera e propria (es. visitando il profilo di un amico più di una volta).

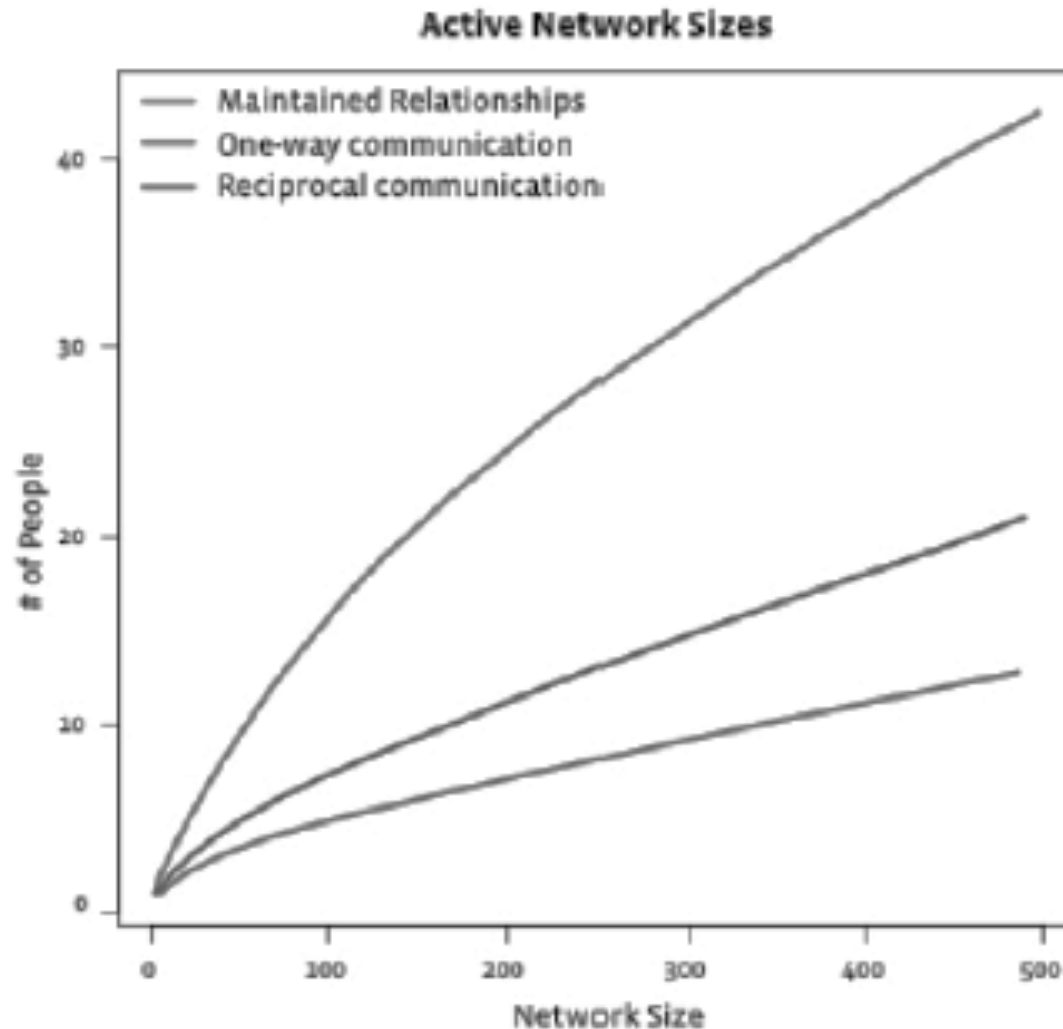
Forza dei Legami e Social networks

Vicinati degli utenti Facebook da differenti punti di vista



Forza dei Legami e Social networks

Il numero di link corrispondenti ai rapporti mantenuti, comunicazione unidirezionale e reciproca, come funzione della dimensione del neighborhood per gli utenti su Facebook.



Forza dei Legami e Social networks

Il numero totale di **legami forti** di un utente (definito da messaggi diretti multipli) in funzione del numero dei followee (**legami deboli**) che ha su **Twitter**.

