

# Pajek

## versione dalla 3 in poi

Download:

<http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>

**Fernanda Strozzi**

*L'Università Carlo Cattaneo*



Pajek significa «ragno» in Sloveno.

Pajek è un software per la visualizzazione e l'analisi delle reti complesse.

E' continuamente esteso e aggiornato.

Gli autori sono: Vladimir Batagelj e Andrej Mrvar dell'università di Ljubijana (Slovenia)

manuale



# Pajek and Pajek-XXL

Programs for Analysis  
and Visualization  
of Very Large Networks

## Reference Manual

List of commands with short explanation  
version 3.13

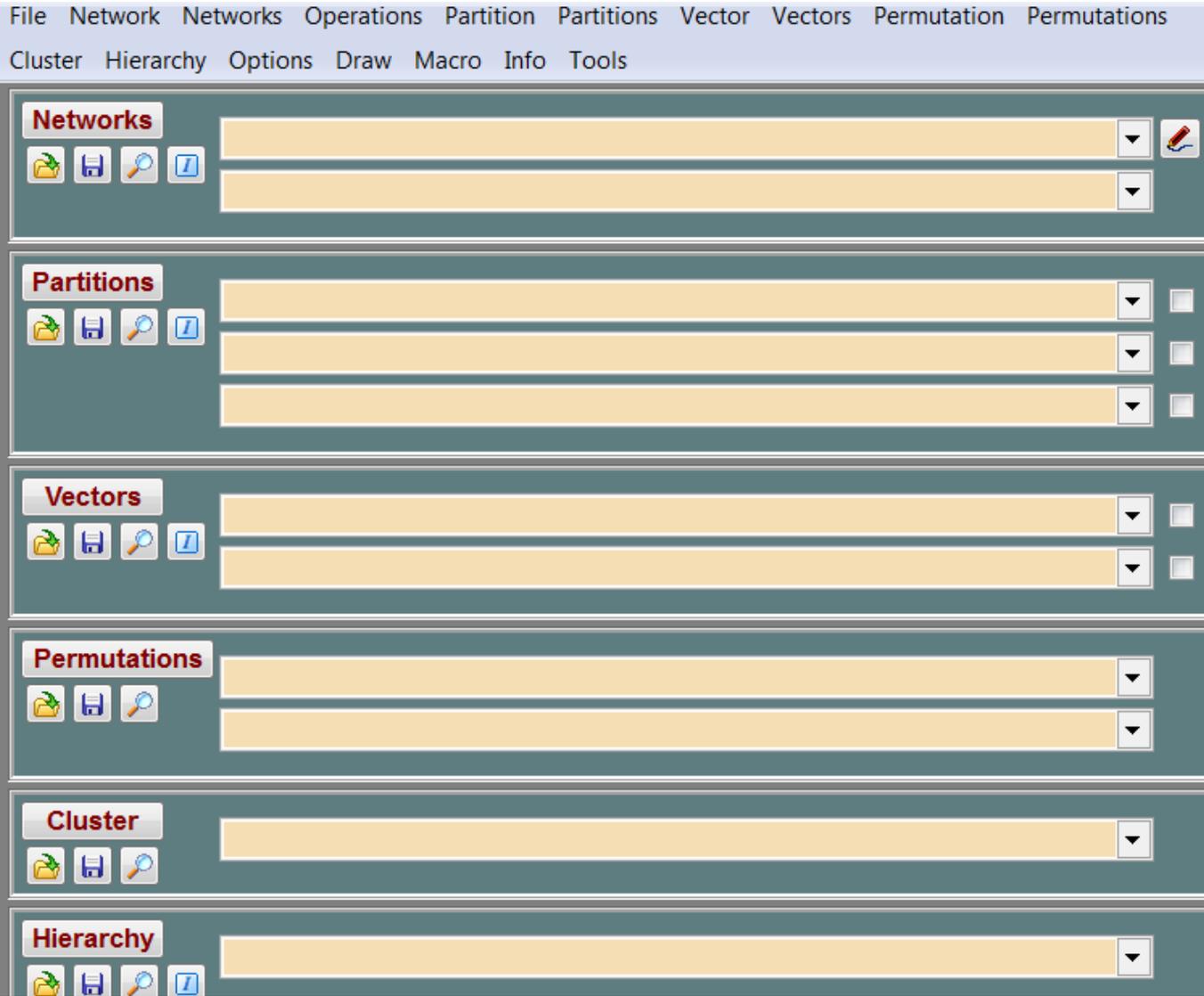


Meglio la più recente disponibile

Andrej Mrvar and Vladimir Batagelj  
Ljubljana, September 1, 2013

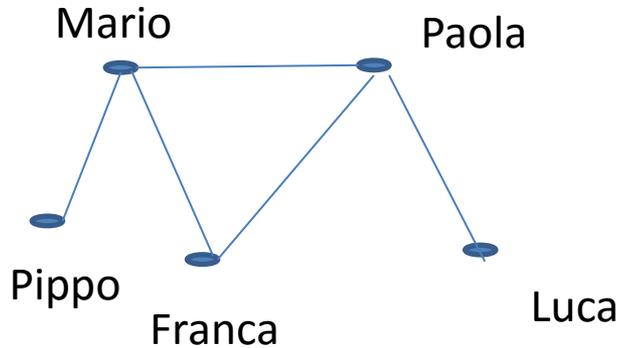
Vedremo come fare con Pajek a:

- introdurre reti
- rappresentare graficamente le reti
- Statistica di base



**Finestra Principale  
Pajek64 (o 32)  
non XXL**

## Esercizio 0: inserire una rete



Network/CreateRandomNetwork/  
Total n° of Arcs. → [file.net](#)

Salvarlo ; aprirlo; modificare il  
file manualmente con un word  
processor; risalvarlo; caricarlo

```
*Vertices 5  
1 «Pippo»  
2 «Franca»  
3 «Luca»  
4 «Paola»  
5 «Mario»  
*matrix  
0 0 0 0 1  
0 0 0 1 1  
0 0 0 1 0  
0 1 1 0 1  
1 1 0 1 0
```

```
*Vertices 5  
1 «Pippo»  
2 «Franca»  
3 «Luca»  
4 «Paola»  
5 «Mario»  
*Edgeslist  
1 5  
2 5 4  
3 4  
4 5
```

```
*Vertices 5  
1 «Pippo»  
2 «Franca»  
3 «Luca»  
4 «Paola»  
5 «Mario»  
*Edges  
1 5 1  
2 5 1  
2 4 1  
3 4 1  
4 5 1  
*arcs
```

1. Lista di vertici seguita da  
una lista di arcs/edges

2. Lista di vertici seguita da una  
matrice.

Limitazioni: non è possibile  
indicare linee multiple  
Linee di valore 0 = non linee

3. Lista di arcs/edges (peso 1)

## Esercizio 0: Costruire una partizione o un vettore

### Sex.clu

\*vertices 5

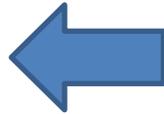
1

2

1

2

1



Create partition (male/female)

Partition/Create Constant Partition → **file.clu**

Salvarlo ; aprirlo; modificare il file  
manualmente con un word processor;  
risalvarlo; caricarlo

### age.vec

\*vertices 5

15

10

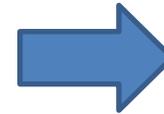
10

8

7

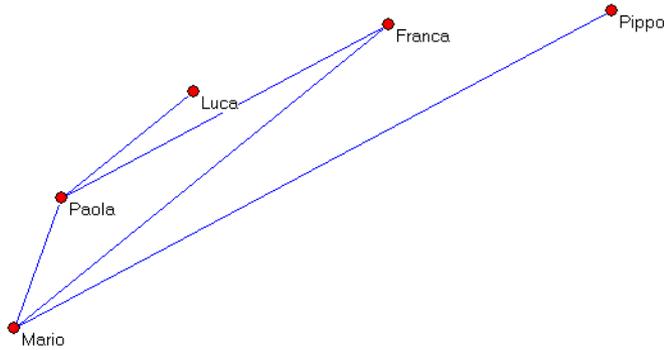
Vector/Create Constant Vector → **file.vec**

Salvarlo ; aprirlo; modificare il file manualmente  
con un word processor; risalvarlo; caricarlo

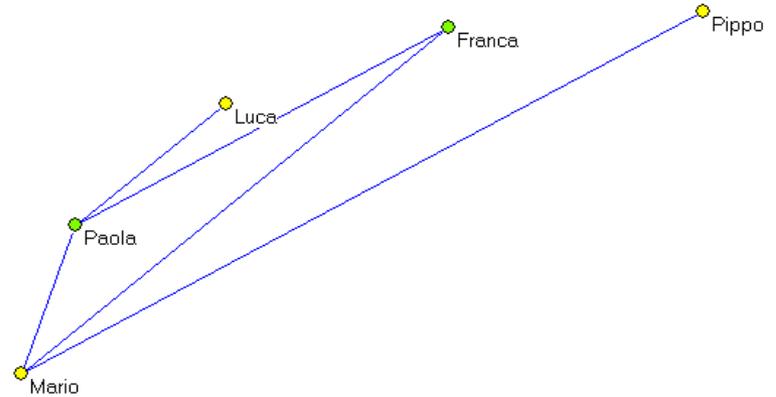


# Esercizio 0: disegnare la rete le partizioni e i vettori

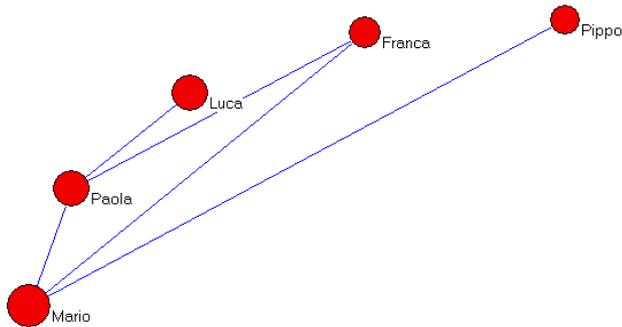
Draw/network



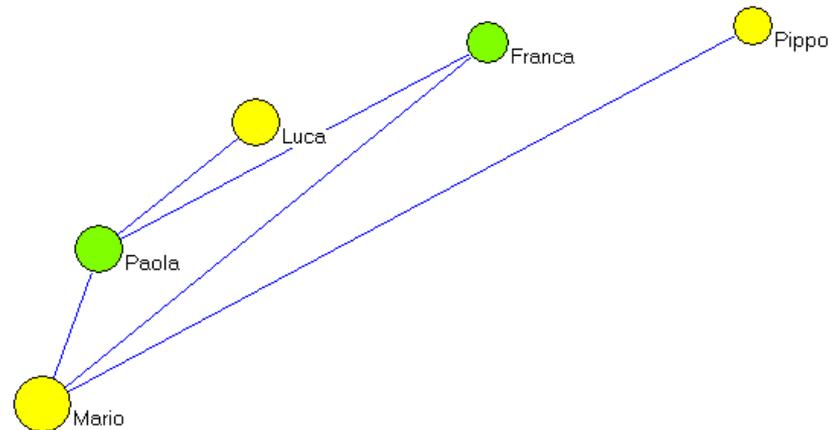
Draw/Network + First Partition



Draw/Network + First Vector

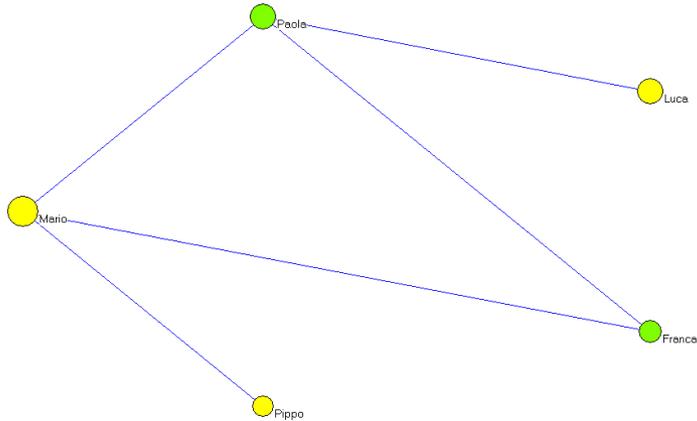


Draw/Network + First Partition + First Vector

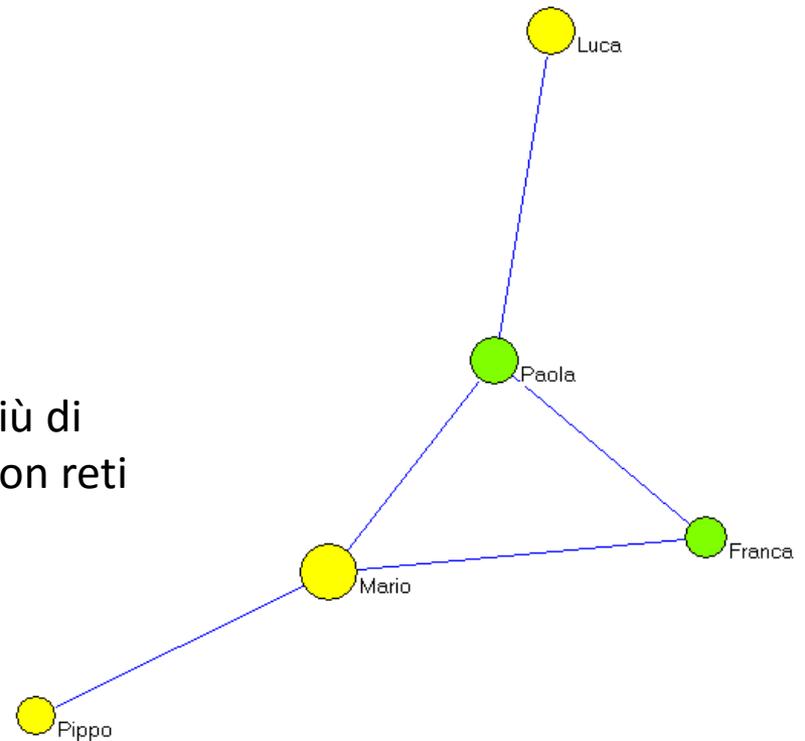


## Esercizio 0: disegnare la rete con diversi layout

Layout/Circular/Original



Layout/Energy/Kamada-Kaway/Free

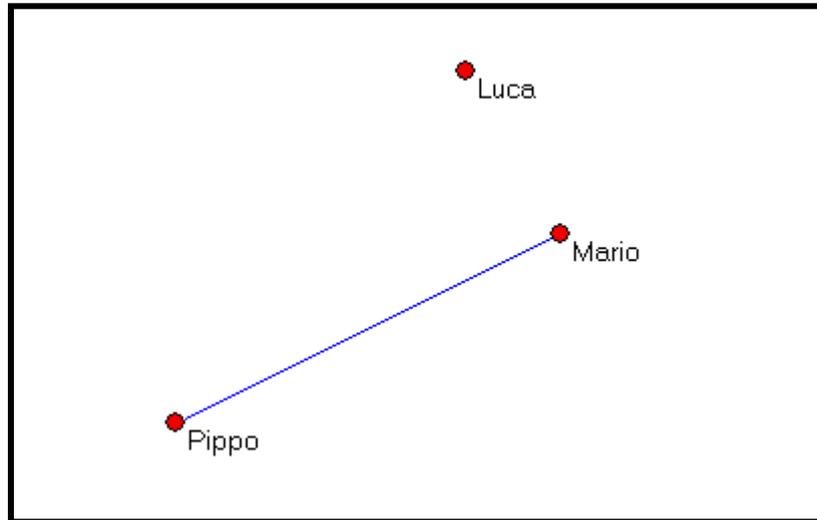


Per default Pajek non disegna reti con più di 5000 vertici anche se può fare i calcoli con reti con più di 9.999.997 vertici.

## Esercizio 0: Estrarre una partizione

Partition/Info

Operations/Network + Partition/Extract Subnetwork → 1



La posizione dei vertici può essere cambiata usando il mouse.

Si possono usare le *Option* dalla finestra grafica per visualizzare diversamente i nodi e gli archi.

## Statistica di base

Nodi: 5

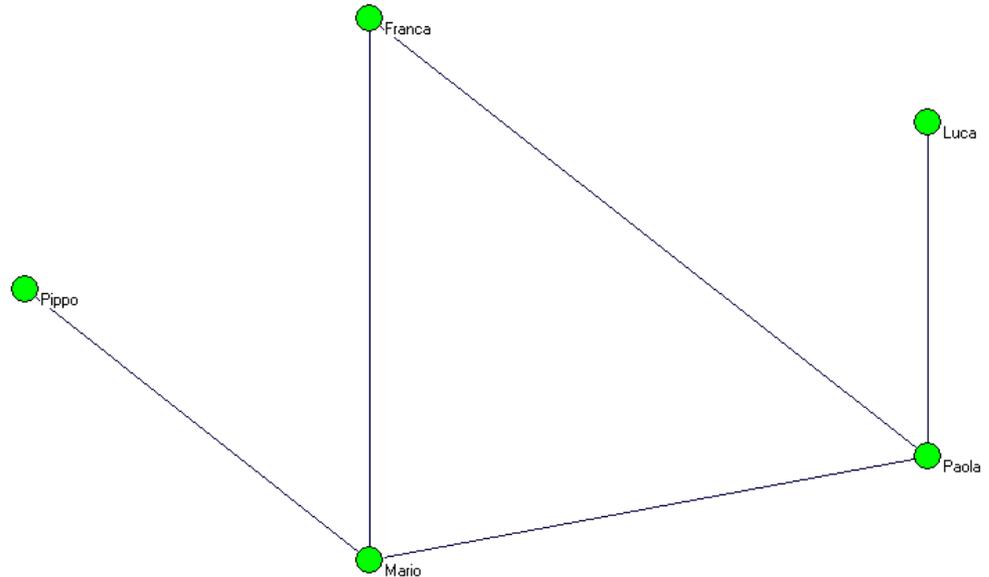
Edges: 5

Grado medio: 2 ( $2 * m / n$ )

diametro: 3 (Pippo-Luca)

Distanza media: 1.6

Clustering: 0.55



- Network/Info/general
- Network/create vector/distribution of distances
- Network/create vector/Clustering coefficients

# Pajek

## **Esercizio Partizioni**

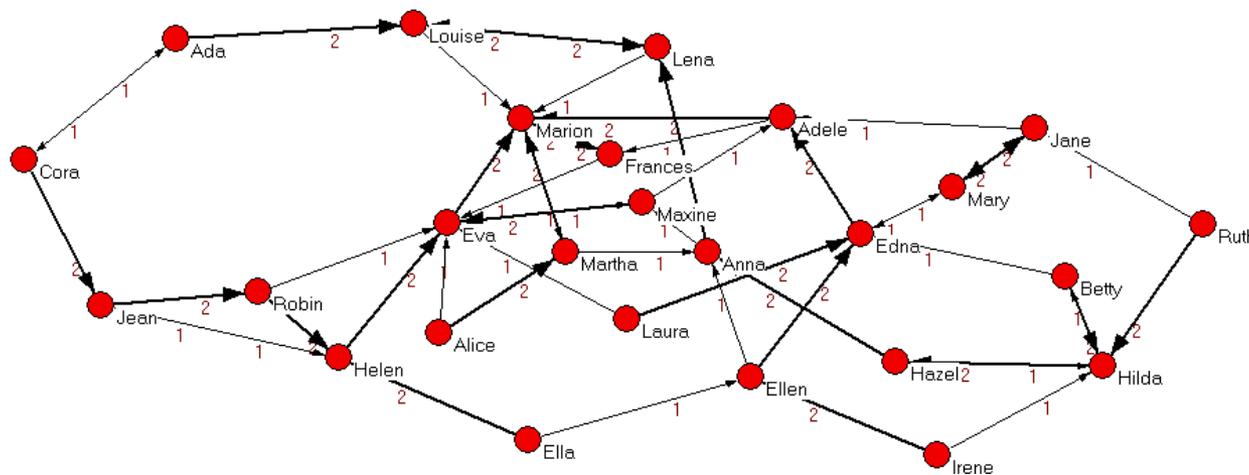
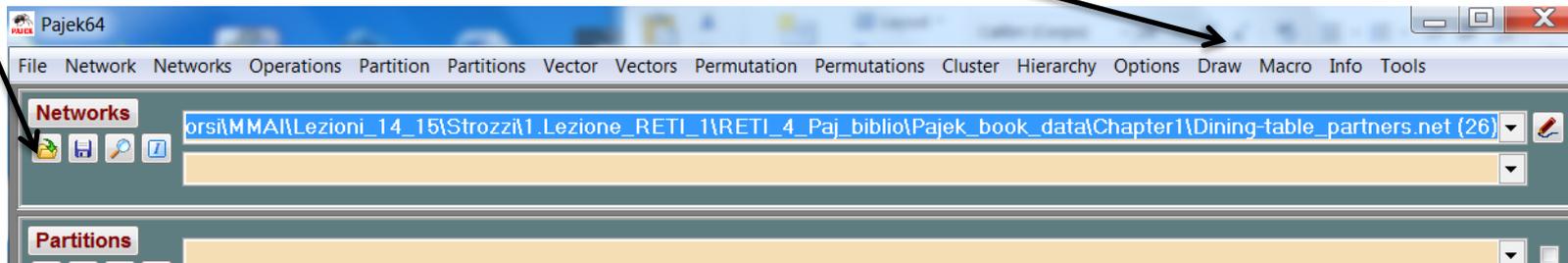
Dining-table\_partners.net:

# Aprire la rete e disegnarla

Dining-table\_partners.net:  
Supponiamo che ogni ragazza condivida il suo piatto (e ogni piatto che è stato condiviso con lei) solo con la sua 1 e 2 scelta

Draw network

Load network



Dining-table\_partners.net: 26 vertices, 52 valued arcs (1 = first choice, 2 = second choice), no edges, no loops.

# Drawing Window: options

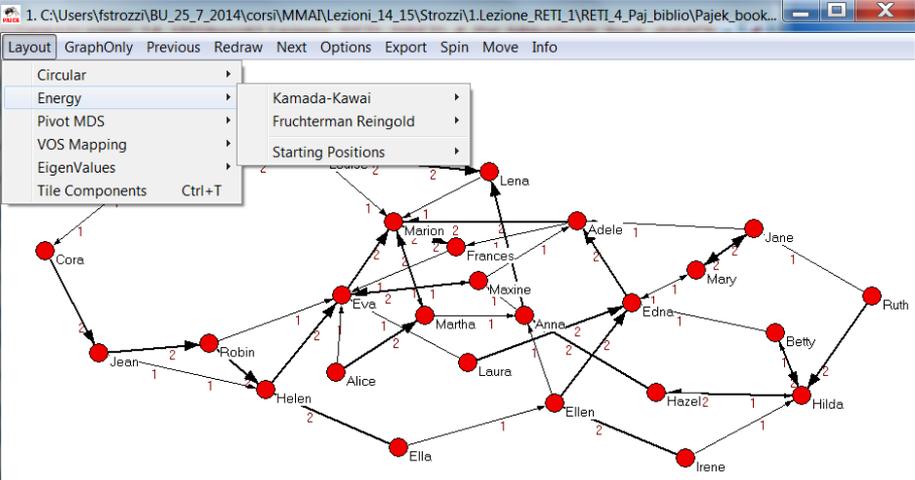
1. C:\Users\fstrozzi\BU\_25\_7\_2014\corsi\MMAI\Lezioni\_14\_15\Strozzi\1.Lezione\_RETI\_1\RETI\_4\_Paj\_biblio\Pajek\_book...

Layout GraphOnly Previous Redraw Next Options Export Spin Move Info

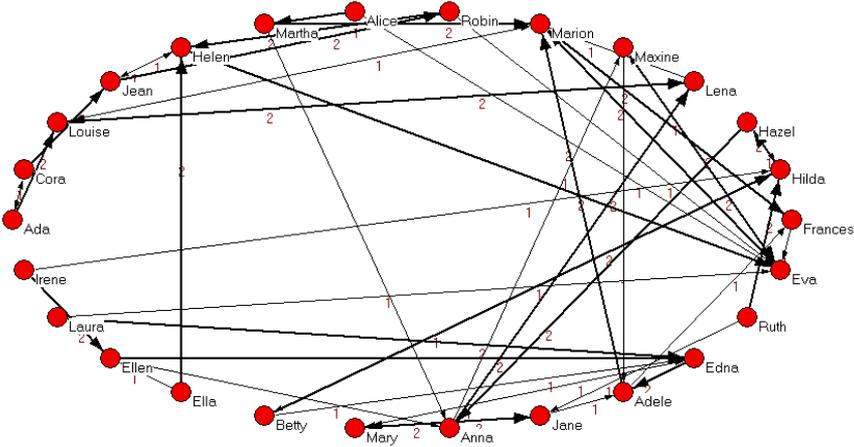
- Transform
- Values of Lines
- Mark Vertices Using
  - Labels Ctrl+L
  - Numbers Ctrl+N
  - Partition Clusters
  - Vector Values
  - No Labels Ctrl+D
  - No Labels no Arrows
  - Mark Cluster Only
- Lines
- Size
- Colors
- Layout
- ScrollBar On/Off
- Interrupt
- Previous/Next
- Select All

```
graph TD; Cora -- 1 --> Jean; Cora -- 1 --> Ada; Jean -- 2 --> Robin; Jean -- 1 --> Helen; Robin -- 2 --> Helen; Robin -- 1 --> Martha; Helen -- 1 --> Ella; Helen -- 2 --> Alice; Ella -- 1 --> Ellen; Ella -- 2 --> Irene; Alice -- 1 --> Martha; Alice -- 2 --> Laura; Martha -- 1 --> Anna; Martha -- 2 --> Edna; Laura -- 1 --> Anna; Laura -- 2 --> Edna; Anna -- 2 --> Edna; Anna -- 2 --> Hazel; Edna -- 1 --> Mary; Edna -- 1 --> Hazel; Edna -- 2 --> Hilda; Hazel -- 2 --> Hilda; Hazel -- 1 --> Irene; Mary -- 1 --> Ruth; Betty -- 1 --> Hilda; Betty -- 2 --> Ruth; Hilda -- 2 --> Ruth; Hilda -- 1 --> Irene; Irene -- 1 --> Ellen; Irene -- 2 --> Hilda;
```

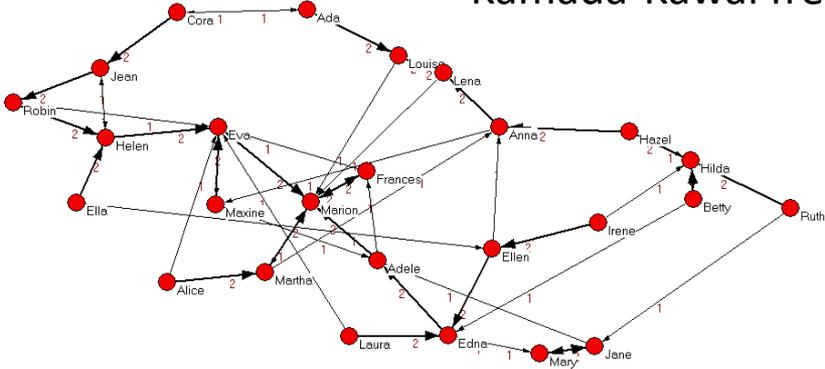
# Drawing Window: layout



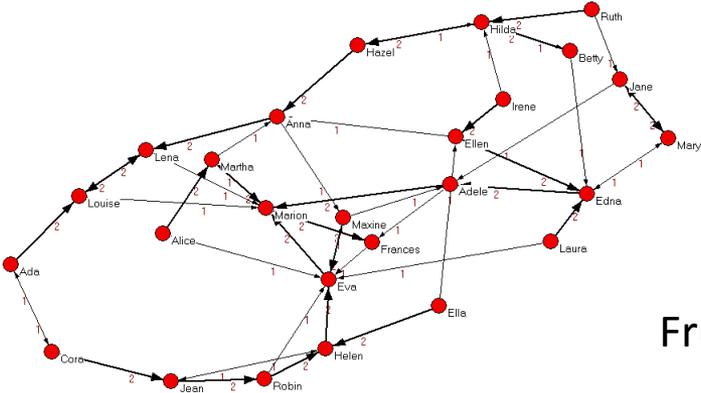
circular



Kamada-Kawai free



Fruchterman-Reingold



Network/Info/General fornisce informazioni generali sulla rete

```

Report
File
=====
3. C:\Users\fstrozzi\BU_25_7_2014\corsi\MMAI\Lezioni_14_15\Strozzi\1.Lezione_RETI
=====
Number of vertices (n): 26
-----
                Arcs      Edges
-----
Number of lines with value=1      26      0
Number of lines with value#1      26      0
-----
Total number of lines              52      0
-----
Number of loops                    0      0
Number of multiple lines           0      0
-----
Density1 [loops allowed]    = 0.07692308
Density2 [no loops allowed] = 0.08000000
Average Degree = 4.00000000
    
```

←  $2m/(n*n)$  link esistenti/link possibili (con loops)

←  $2m/(n*(n-1))$  link esistenti/link possibili (no loops)

←  $2m/n$

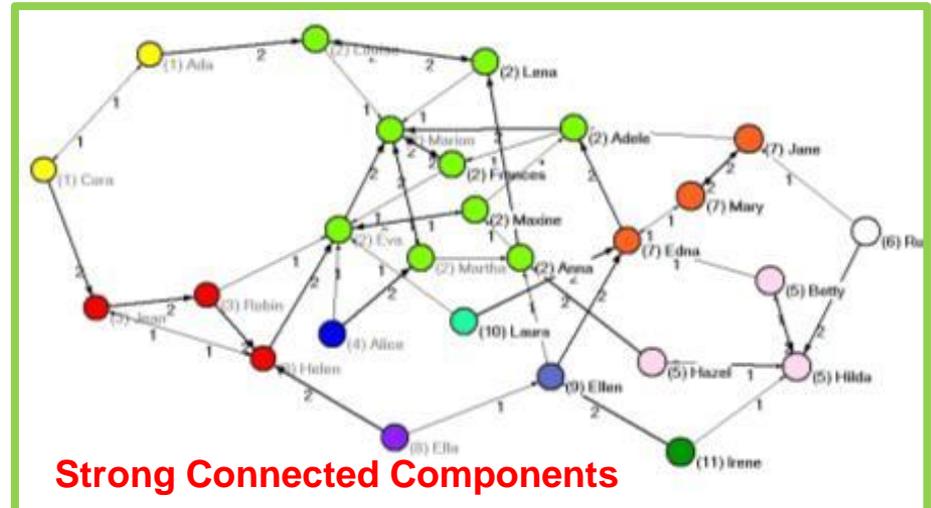
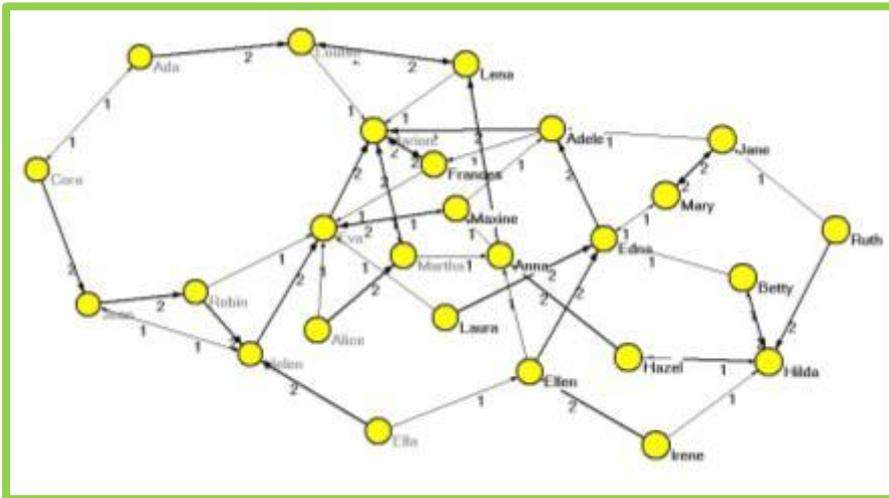
m=numero link con peso 1=26  
n=numero nodi=26

# Partizioni e Difusione

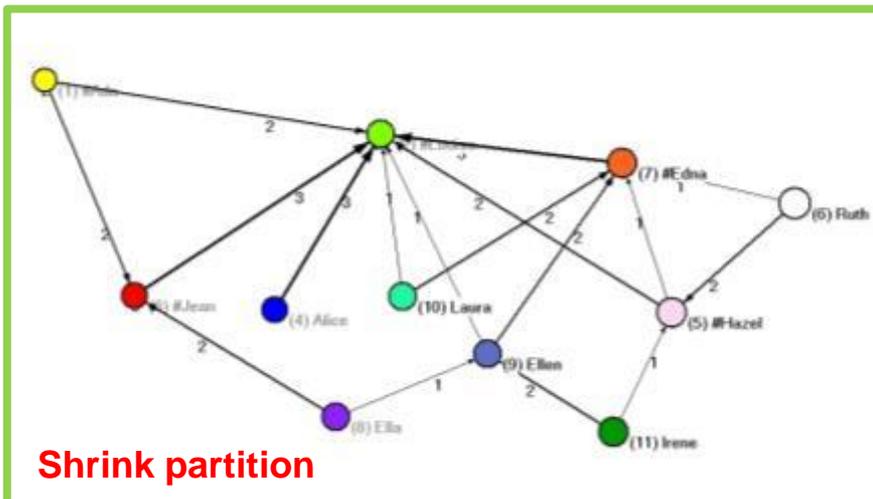
## Datasets:

Dining-table\_partners.net

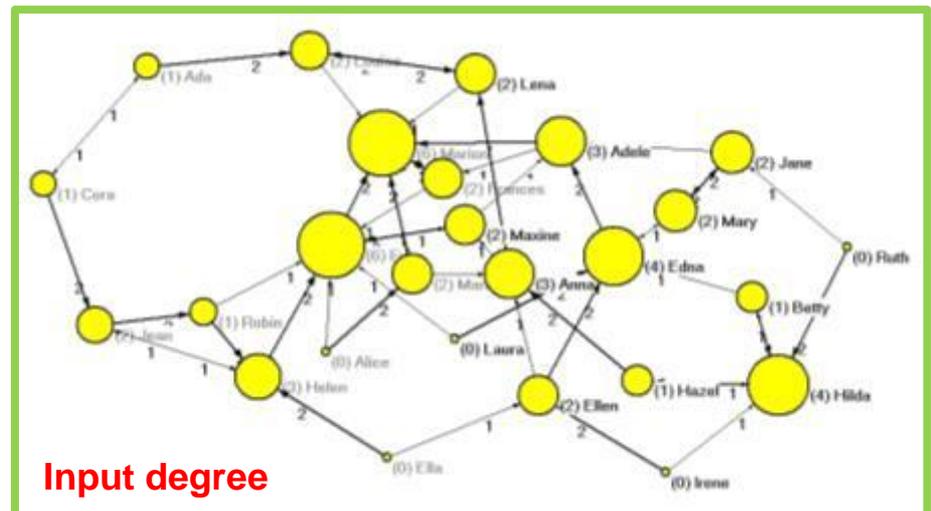
RETE DIRETTA



Strong Connected Components



Shrink partition

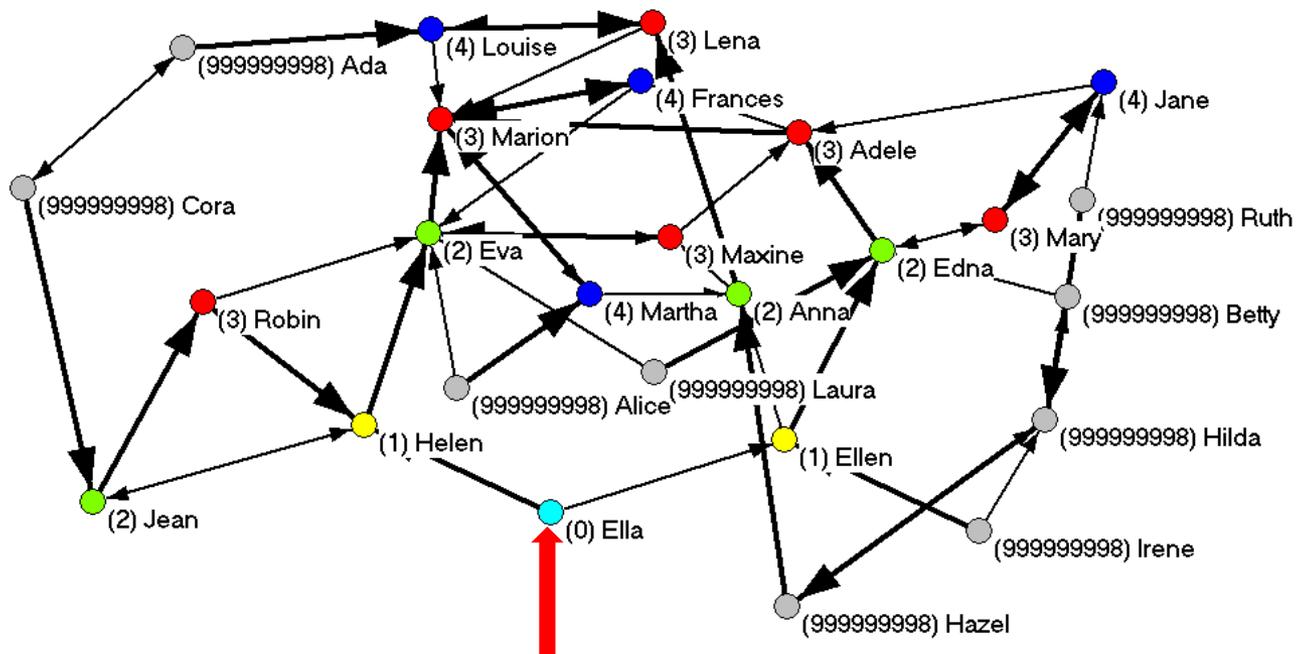




# Partizioni e Difusione

Flusso di Informazioni= Diffusione di malattie= tecnica campionamento snowball

**K – neighborhood - output**



**SEED (23)**

# Pajek

Misure di centralità e centralizzazione

Strike.net, Strike\_Groups.clu

### Esercizio 3: Rete di comunicazione informale

**Datasets:** Strike.net, Strike\_Groups.clu

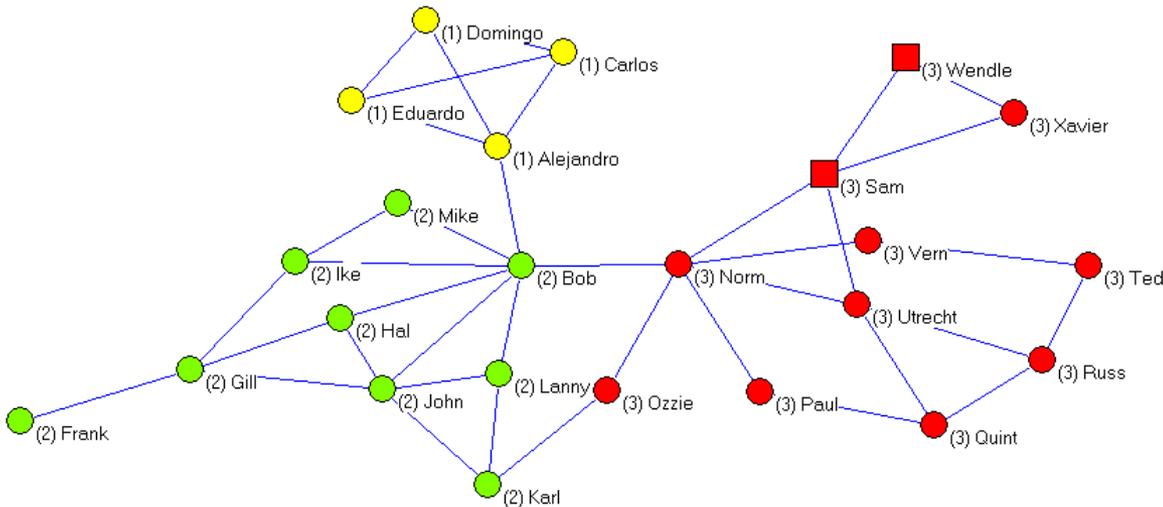
Trovare le persone centrali e quelle periferiche in una rete sociale, dal punto di vista della comunicazione.

La rete Strike.net rappresenta le rete di comunicazione in una piccola impresa : una segheria.

Nella segheria la nuova gestione ha introdotto una modifica nei compensi dei lavoratori che non è stata accettata dai lavoratori stessi e che quindi hanno incominciato a scioperare arrivando ad una situazione di stallo negoziale. I nuovi gestori hanno chiesto quindi ad un consulente esterno di analizzare la struttura della comunicazione tra i dipendenti in quanto si sospettava che le reali modifiche contrattuali non fossero state comunicate correttamente dai vari negoziatori sindacali.

Il consulente ha costruito la rete di comunicazione informale come segue: a tutti i lavoratori è stato chiesto di indicare la frequenza con cui discutevano di problemi di lavoro con i loro colleghi usando una scala da 1 a 5 che rappresentava la frequenza di comunicazione da meno di una volta a settimana a diverse volte al giorno. Sono state scelte le persone che comunicavano tra loro con un valore di scala almeno uguale a 3.

La rete mostrava demarcazioni abbastanza stringenti tra gruppi definiti per età e lingua. I giovani lavoratori spagnoli (al più hanno 30 anni) comunicavano tra loro e con un giovane inglese. I giovani inglesi con solo due inglesi anziani. Tutti i legami tra i gruppi avevano delle giustificazioni sociali. Tra gli ispanici, Alejandro era il più competente in inglese e Bob parlava un po' di spagnolo, il che spiegava il loro legame. Bob doveva a Norm il suo posto di lavoro e, probabilmente, a causa di questo, avevano sviluppato un legame di amicizia. Infine, Ozzie era il padre di Karl.



Spagnoli < 30 anni

Inglesi < 30 anni

Inglesi > 30 anni

## Informazioni generali sulla rete

Number of vertices (n): 24

Number of edges: 38

No loops, no multiple lines

Average degree=3.17

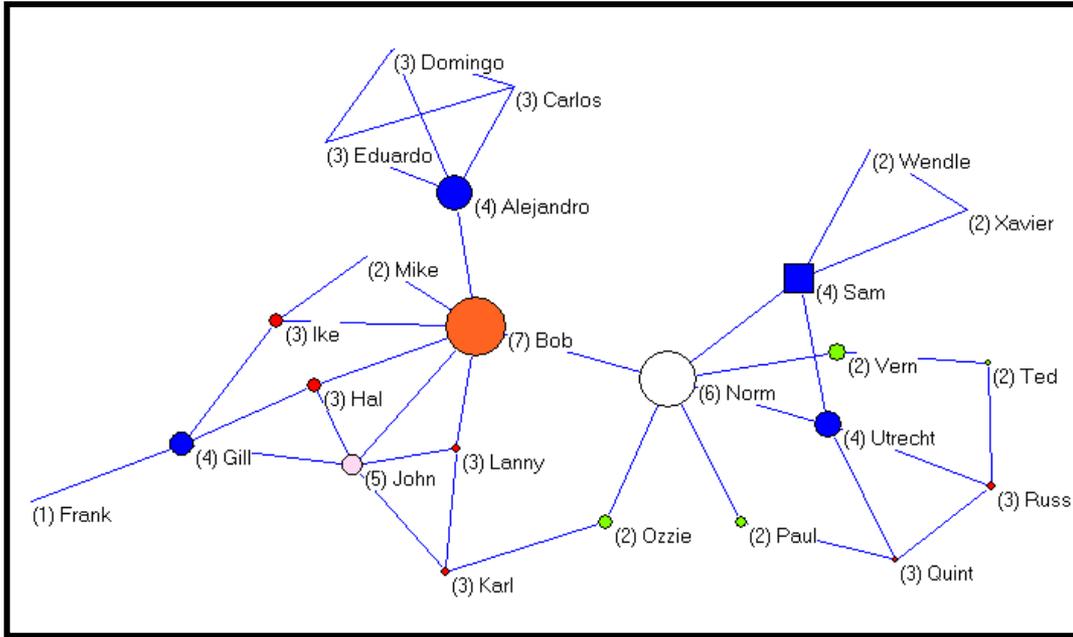
Density=1.38

Diameter=6 (From Frank(1) to Russ (20))

Average Distance=2.99

N.B. Se dovessero essere presenti loop o linee multiple, le si deve togliere prima di calcolare le misure di centralità dei nodi

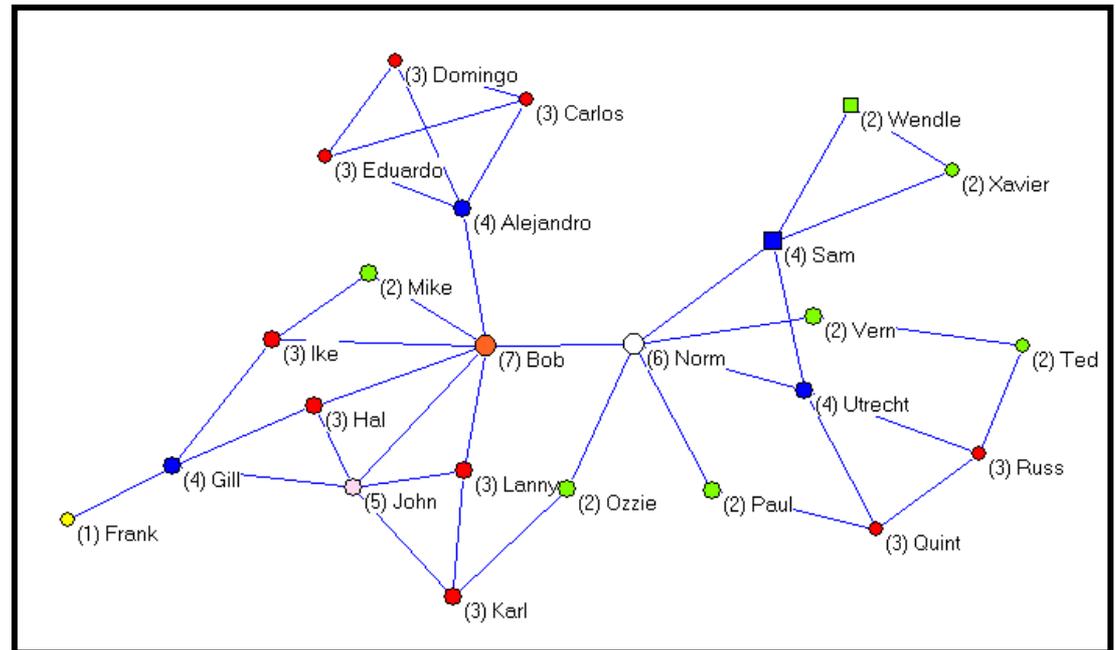
## Degree /betweenness centrality



Betweenness centralization  
0.55

## Degree /closeness centrality

closeness centralization  
0.35

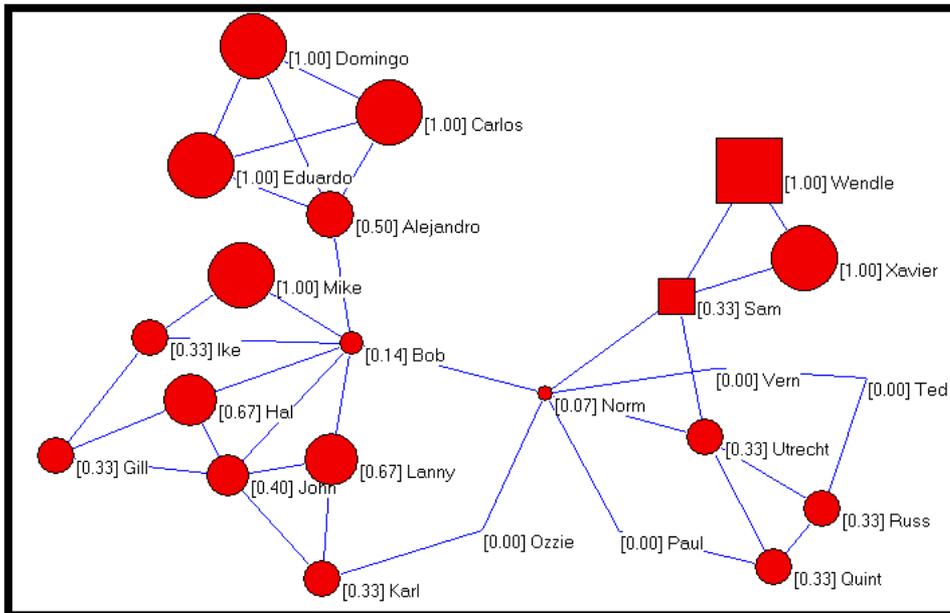




# Clustering

**Watts-Strogatz Clustering Coefficient:  
0.46128364**

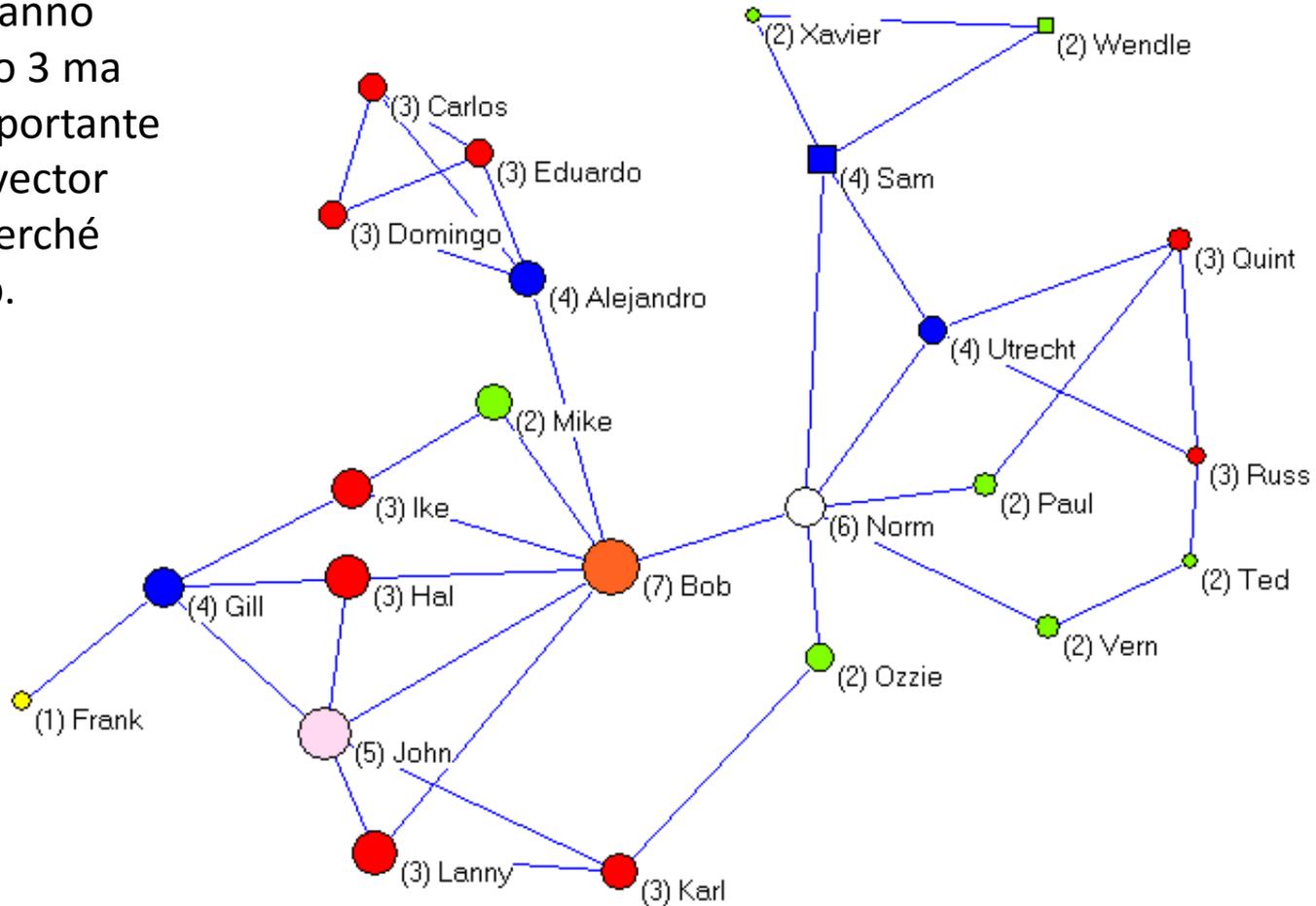
tolgo Frank altrimenti non riesco a  
rappresentare graficamente il vettore di  
clustering



1. 999999998.000000 - Frank
2. 0.166667 - Gill
3. 0.333333 - Ike
4. 1.000000 - Mike
5. 0.666667 - Hal
6. 0.400000 - John
7. 0.333333 - Karl
8. 0.666667 - Lanny
9. 0.142857 - Bob
10. 0.500000 - Alejandro
11. 1.000000 - Carlos
12. 1.000000 - Eduardo
13. 1.000000 - Domingo
14. 0.066667 - Norm
15. 0.000000 - Ozzie
16. 0.000000 - Vern
17. 0.000000 - Paul
18. 0.333333 - Quint
19. 0.333333 - Utrecht
20. 0.333333 - Russ
21. 0.000000 - Ted
22. 0.333333 - Sam
23. 1.000000 - Xavier
24. 1.000000 - Wendle

## Degree partition/eigenvector centrality vector

Russ e Hal hanno uguale grado 3 ma Hal è più importante come eigenvector centrality perché legato a Bob.

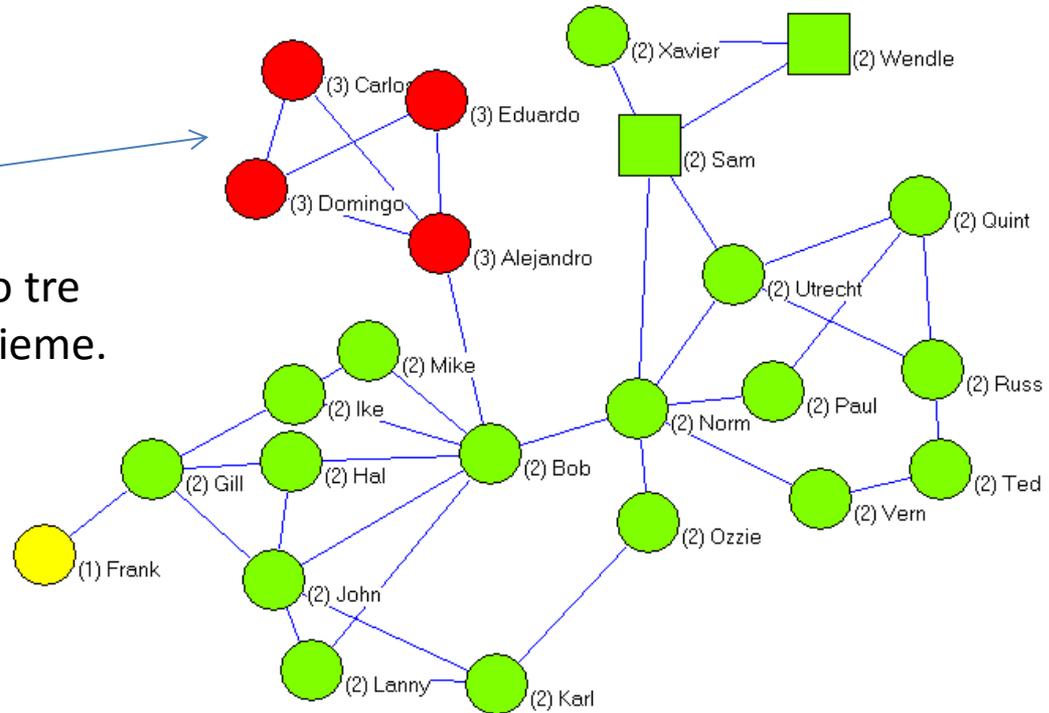


# Partizioni: k-core

**K-core: esistono sottoinsiemi coesi?**

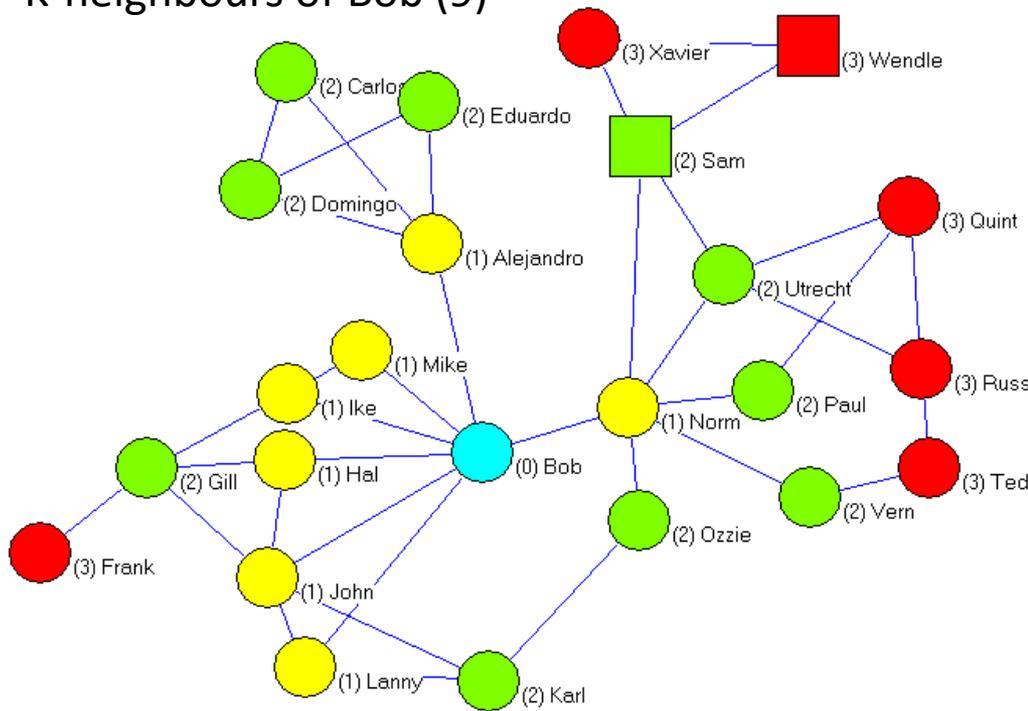
## 3-core

Sottoinsieme di nodi che hanno tre «amici» all'interno del sottoinsieme.



$4\text{-core} \subset 3\text{-core} \subset 2\text{-core} \dots$

## K-neighbours of Bob (9)

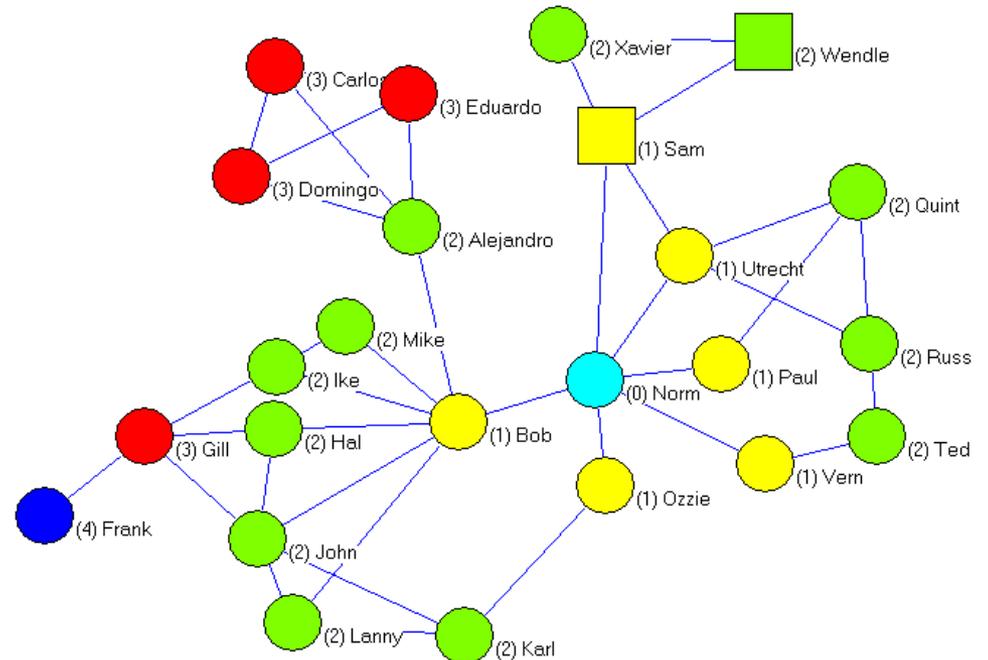


A partire da Norm una  
informazione può raggiungere  
tutti in 4 passi

## Partizioni: k-neighbours

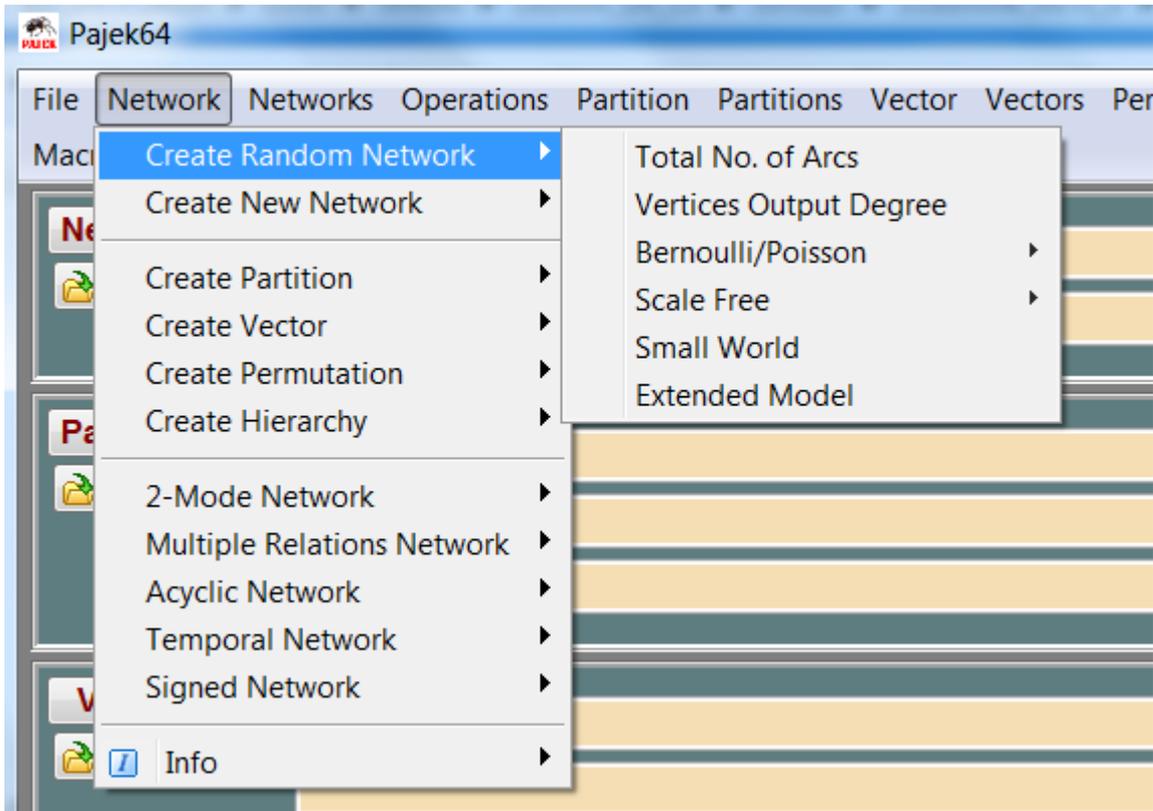
A partire da Bob una  
informazione può raggiungere  
tutti in 3 passi

## K-neighbours of Norm (14)



Costruire una rete Random con Pajek

Reti Erdos Renyi  
Reti Watts-Strogats  
Reti Scale Free



**Bernoulli/Poisson (Erdos-Renyi):** genera una rete in accordo con il modello di Erdos-Renyi. Il comando Pajek chiede il numero di vertici e il grado medio.

**Scale Free:** genera una rete scale free in accordo con il modello di Pennok et al. 2002 (Winner don't take all), <http://modelingtheweb.com>.

Il comando Pajek chiede il numero di vertici massimo, numero massimo di linee, il grado medio, dimensione della E-R iniziale, Probabilità iniziale delle linee,  $\alpha$ =peso da dare alla dinamica del preferential attachment. Più è grande  $\alpha$  più il preferential attachment è importante.

**Small World:** genera una rete Small World e chiede: numero di nodi della rete, numero di vicini collegati ad ogni nodo (nell'anello di partenza). Probabilità di ricollegamento (rewiring). Più è alta più la rete risultante sarà vicina ad una rete random , più è bassa più la rete risultante sarà vicina ad una ad anello

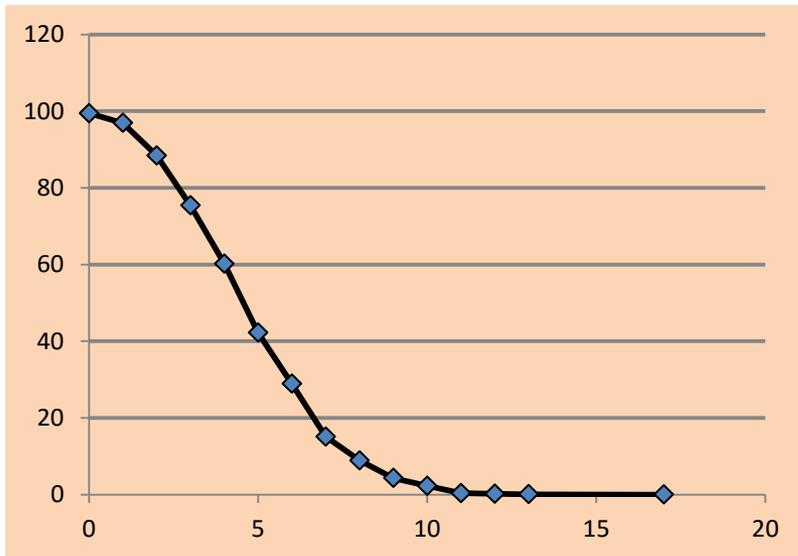
**Bernoulli/Poisson Random Network**



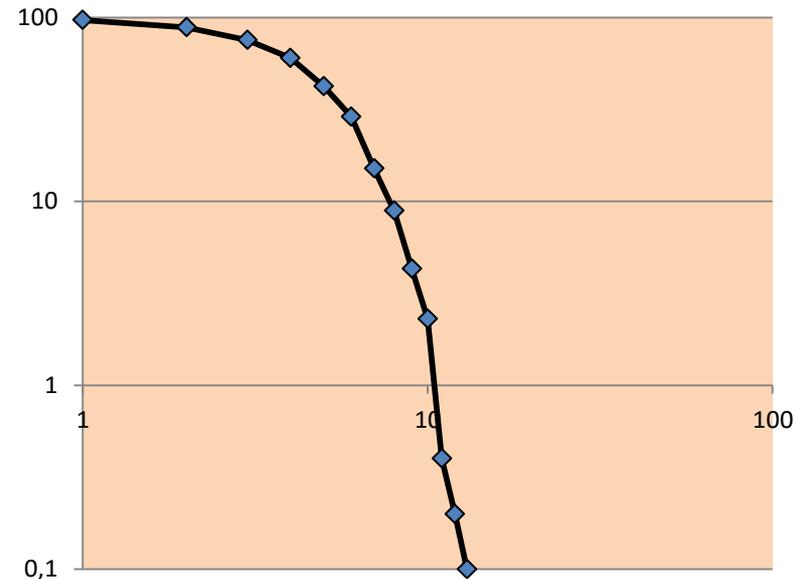
**Random Network**

Number of vertices=1000  
Average Degree of vertices=5

Funzione di sopravvivenza:  
 $P(x>k)$



k



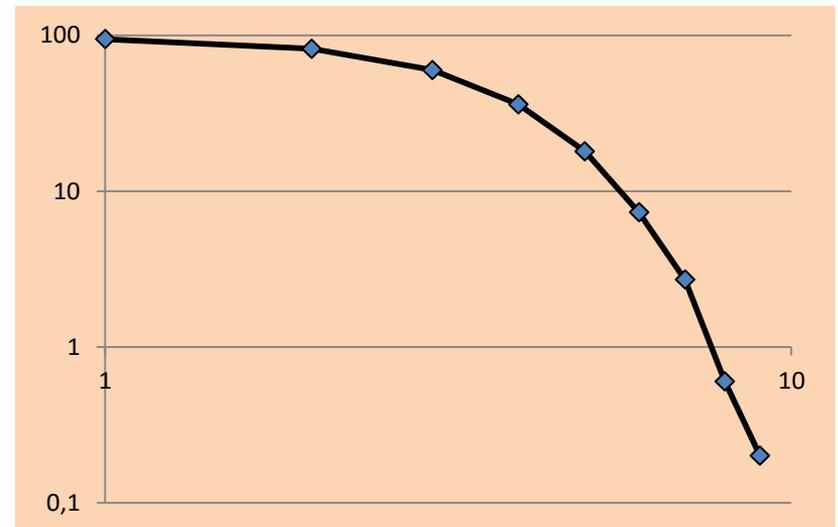
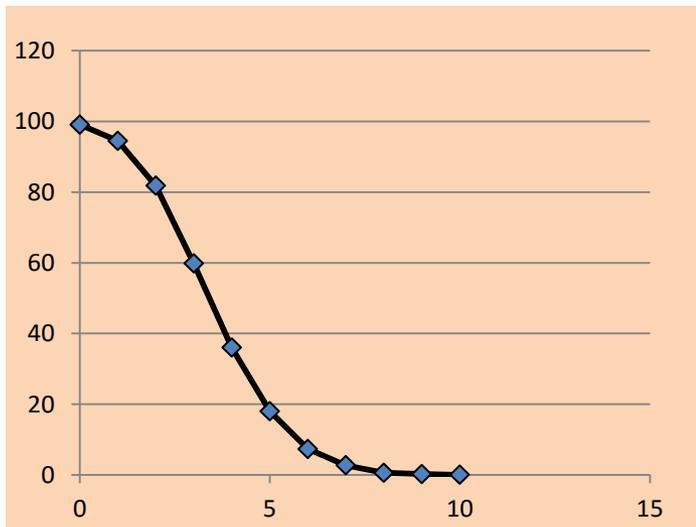
k

# Small World Random Network

Number of vertices=1000

Number of linked neighbors on each side of a vertex=2

Replacement Probability=0.5



Funzione di sopravvivenza:  
 $P(x > k)$

# Scale Free Random Network

Number of vertices=1000

Number lines=0

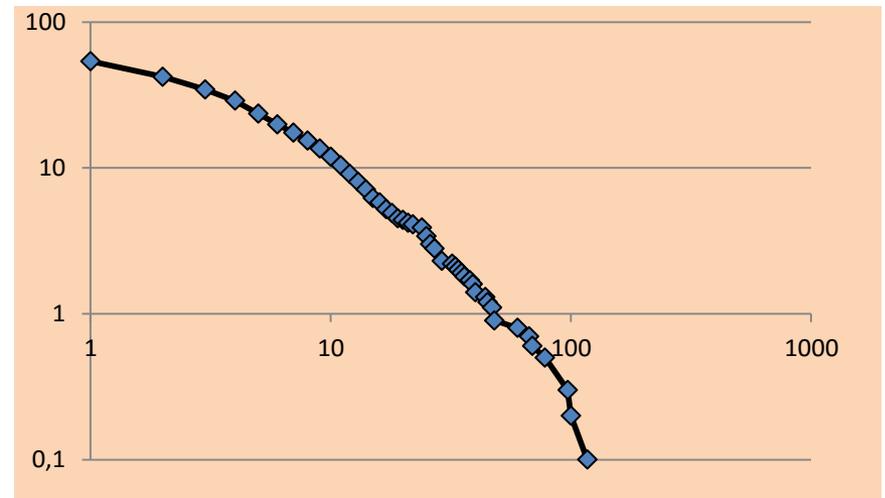
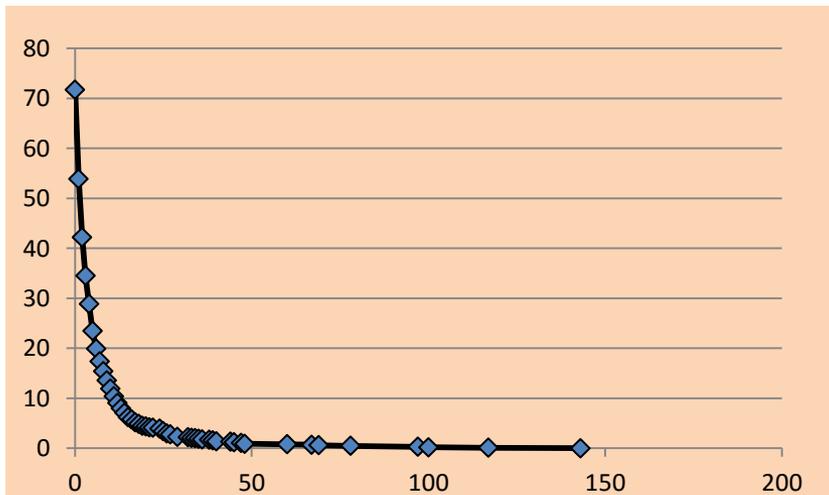
Average Degree of vertices=5

Number of vertices of initial Erdos-Renyi network=10

Initial Probability of lines=0.2

Alpha=0.25

Replacement Probability=0.5



Funzione di sopravvivenza:  
 $P(x > k)$

	$l$ (distanza media)	$d$ (diametro)	$C$ (Clustering)
ER	<b>4.3</b>	<b>8</b>	<b>0.004</b>
SW	<b>5.4</b>	<b>12</b>	<b>0.07</b>
SF	<b>3.4</b>	<b>8</b>	<b>0.08</b>