

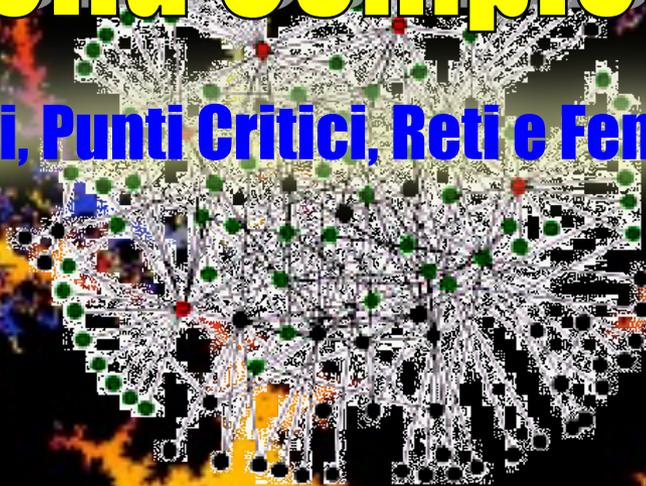
*Corso di Sistemi Dinamici, Caos e Complessità 2024-2025*

**Alessandro Pluchino**

**Dipartimento di Fisica e Astronomia  
dell'Università di Catania**

# **Introduzione alla Nuova Scienza della Complessità**

**Simulazioni, Punti Critici, Reti e Fenomeni Emergenti**



# Due possibili descrizioni di un sistema complesso

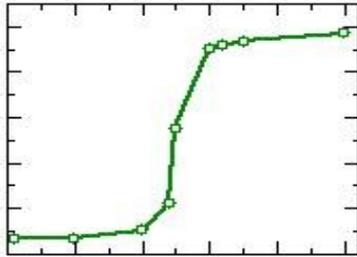
Da un punto di vista dinamico è possibile descrivere un sistema complesso come un insieme costituito da numerosi elementi, detti anche “**agenti**” (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...), che **interagiscono** tra loro di solito in maniera **non lineare** spostandosi all’interno di un certo **spazio** (reale o virtuale) e secondo certe regole:



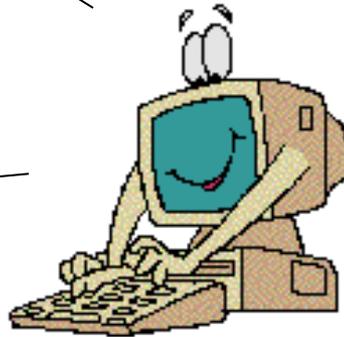
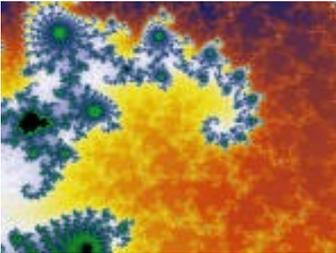
Da un punto di vista topologico (cioè se ci interessa invece sapere “chi interagisce con chi”) è anche possibile descrivere un sistema complesso come una rete (network) costituita da un certo numero di nodi (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...) collegati tra loro per mezzo di links che esprimono delle relazioni tra i nodi:



## Non linearità e Soglie Critiche



## Autosimilarità e Invarianza di Scala



**Proprietà tipiche  
dei sistemi complessi**

# Autosimilarità e caos in una dimensione: la Mappa Logistica

$$x_{n+1} = Ax_n(1 - x_n)$$

**Comportamento regolare**

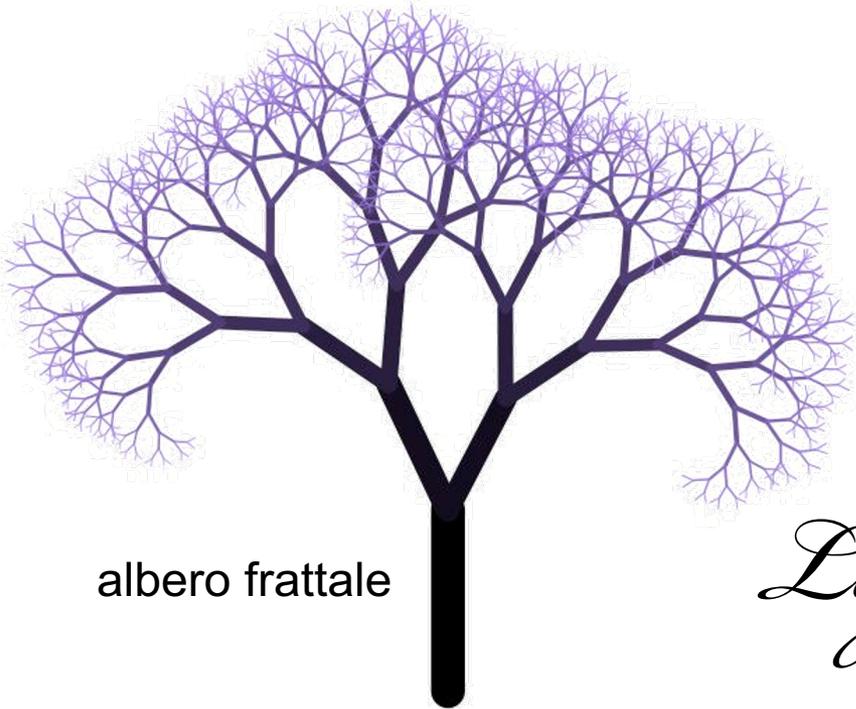
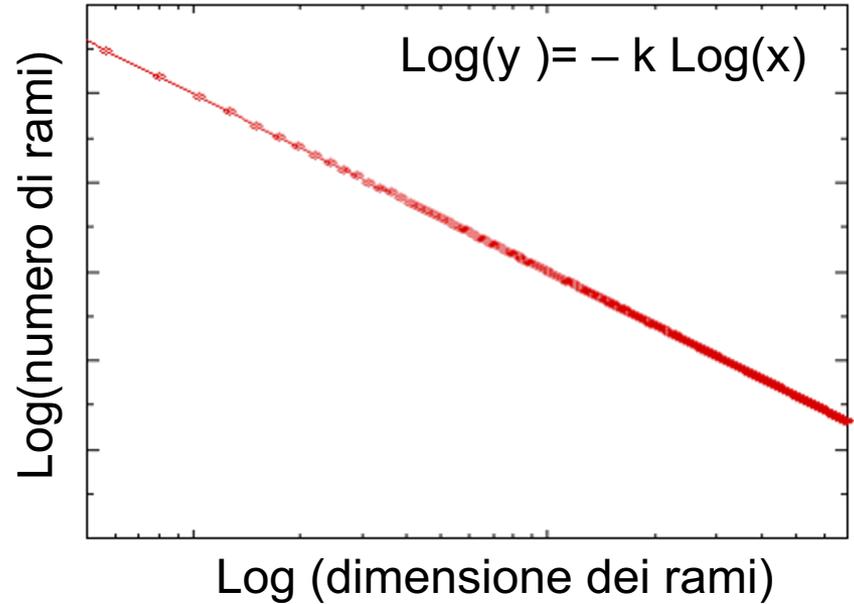
**Comportamento caotico**

**Edge of Chaos  
(Margine del caos)** →

**GLI ATTRATTORI CAOTICI  
HANNO UNA DIMENSIONE  
FRAZIONARIA!!**

**dim=0.5**

**La 'firma' matematica  
dell'autosimilarità e della  
invarianza di scala è la  
legge di potenza!  
(power law)**



albero frattale

$$f(x) = ax^{-k}$$

*Legge di Potenza*





**i terremoti**

**gli uragani**



**gli incendi**

**Le guerre**



**i crolli in Borsa**

**Le epidemie**

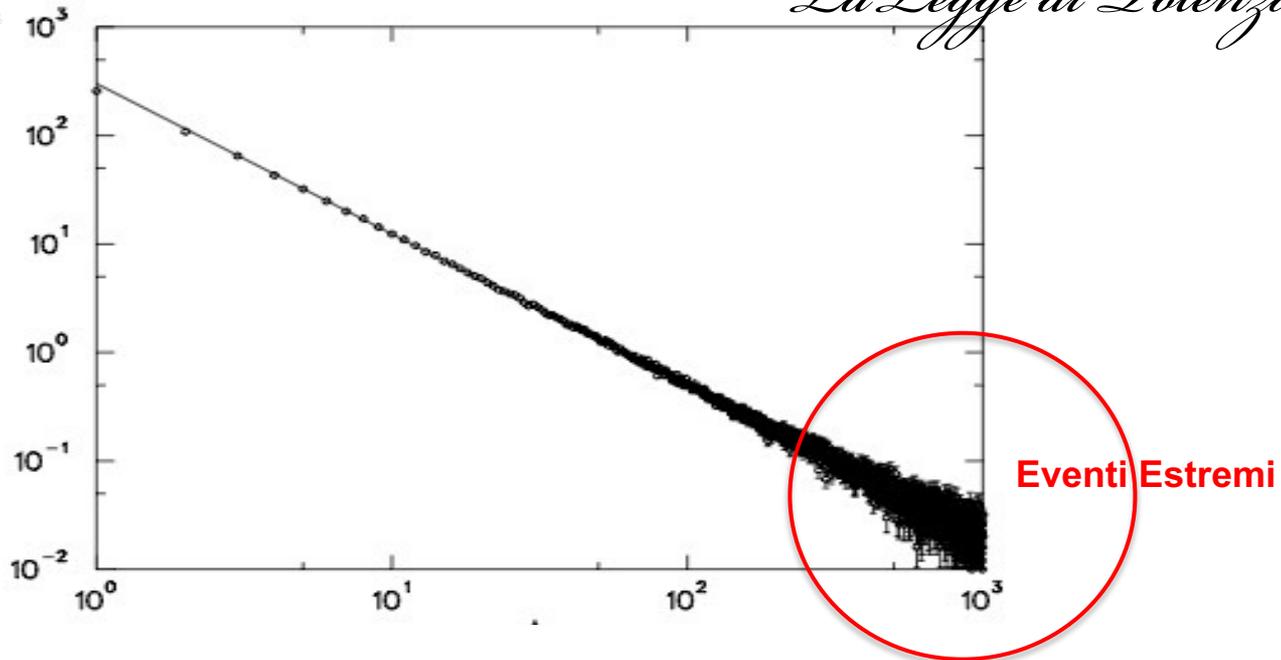


La presenza di **leggi di potenza e invarianza** di scala in molti sistemi fisici, biologici, economici o sociali, indica che tali sistemi, per quanto apparentemente diversi tra loro, si organizzano spontaneamente in uno stato dalle caratteristiche comuni, al **confine tra ordine e disordine**, detto:



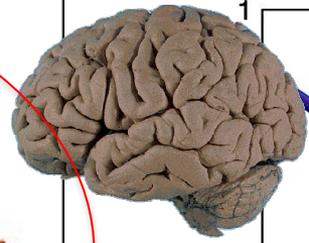
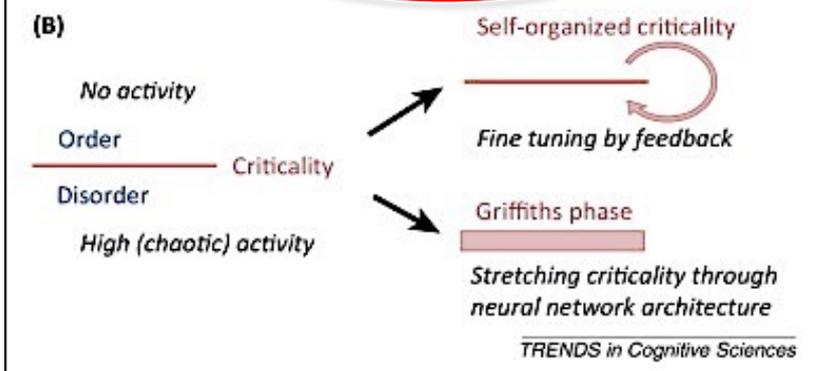
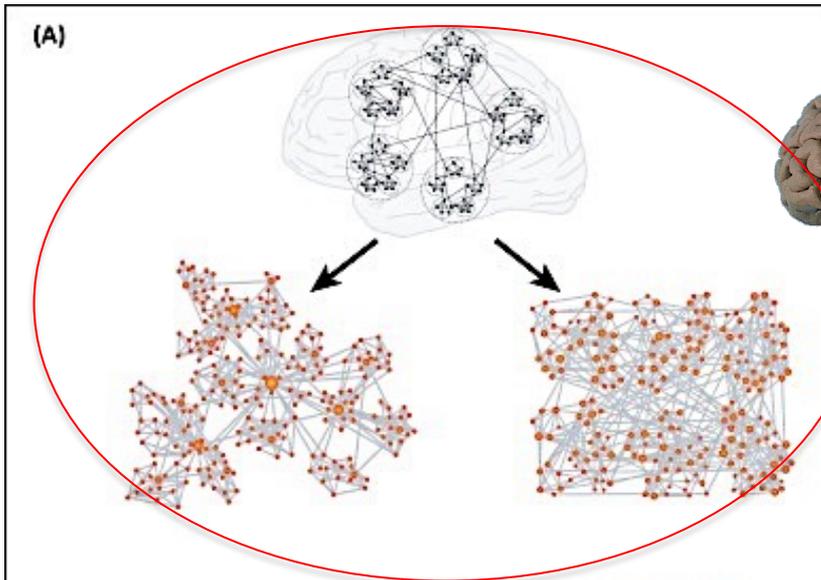
# "Stato Critico"

*La Legge di Potenza*

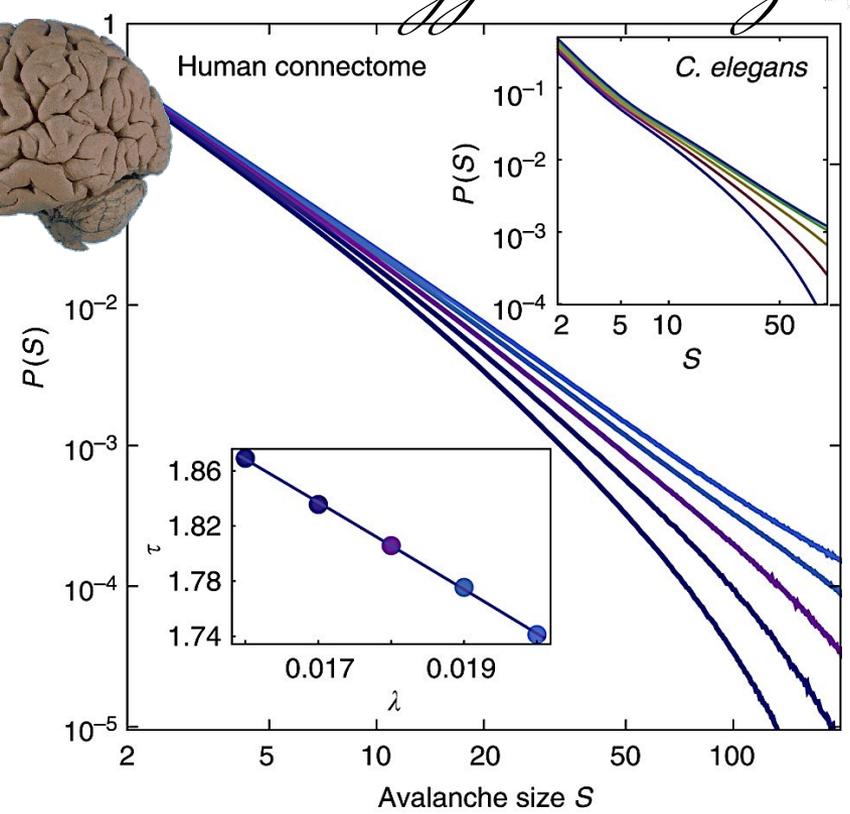


# Criticità Auto-organizzata nel Cervello Umano

RECENTEMENTE SI E' SCOPERTO CHE ANCHE IL NOSTRO CERVELLO SI TROVA NELLO "STATO CRITICO", AL "MARGINE DEL CAOS", E PRESENTA "VALANGHE" DI SCARICHE NEURONALI SINCRONIZZATE DI TUTTE LE DIMENSIONI... MA IN QUESTO GIOCA UN RUOLO IMPORTANTE ANCHE LA SUA TOPOLOGIA...



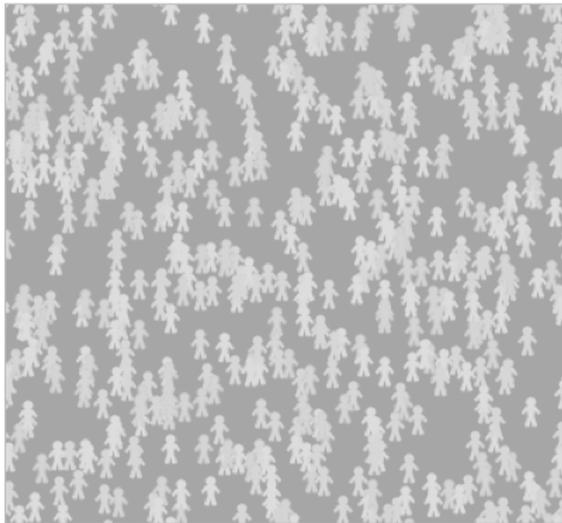
*La Legge di Potenza*



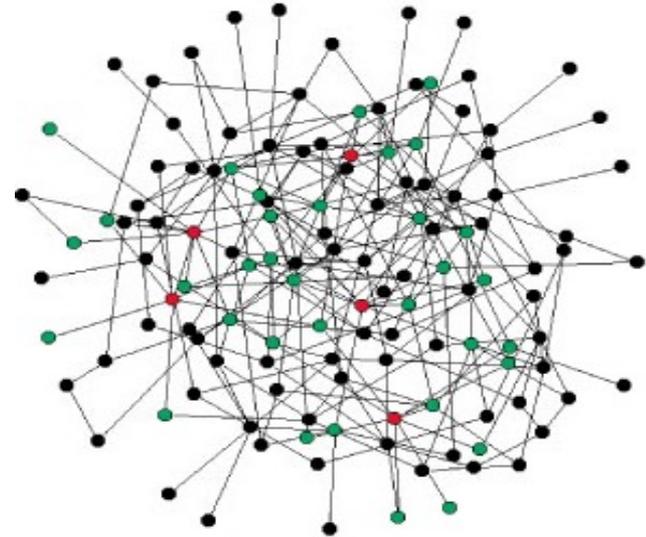
P.Moretti, M.A.Munoz, "Griffiths phases and the stretching of criticality in brain networks", *Nature Communications* 4, 2521 (2013)

# Due possibili descrizioni di un sistema complesso

Da un punto di vista dinamico è possibile descrivere un sistema complesso come un insieme costituito da numerosi elementi, detti anche “agenti” (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...), che interagiscono tra loro di solito in maniera non lineare spostandosi all’interno di un certo spazio (reale o virtuale) e secondo certe regole:

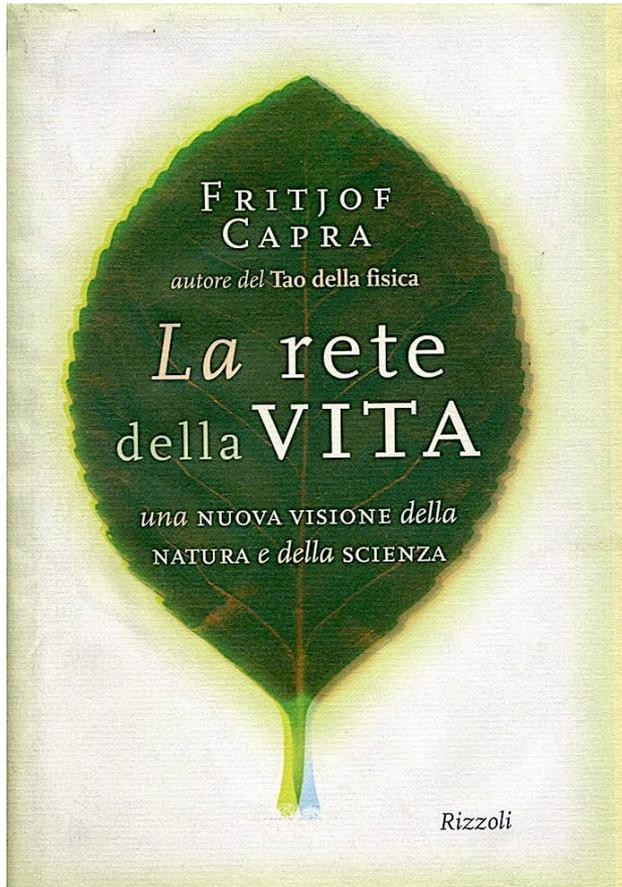


Da un **punto di vista topologico** (cioè se ci interessa invece sapere “chi interagisce con chi”) è anche possibile descrivere un sistema complesso come una **rete** (network) costituita da un certo numero di **nodi** (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...) collegati tra loro per mezzo di **links** che esprimono delle relazioni tra i nodi:



# Complessità e Pensiero Sistemico

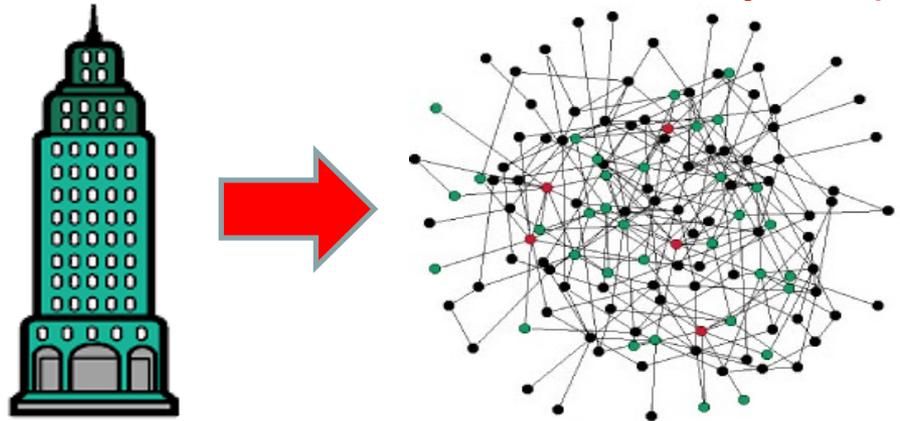
Questa descrizione di sistema complesso è in linea con la **visione sistemica della vita** che è stata delineata a partire dai primi decenni del secolo scorso, in discontinuità con la **visione meccanicistica e riduzionistica** del paradigma scientifico dominante. **Fritjof Capra** (1996) ne ha così riassunto le caratteristiche fondamentali:



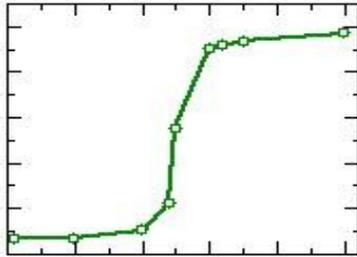
1. Spostamento **dalle parti al tutto**
2. **Livelli sistemici e proprietà emergenti**
3. Spostamento **dagli oggetti alle relazioni**

*«Nel nuovo pensiero sistemico, la rete sostituisce l'edificio nella metafora della conoscenza»*

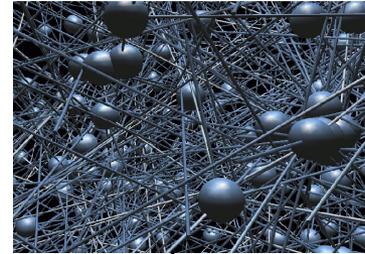
**Fritjof Capra**



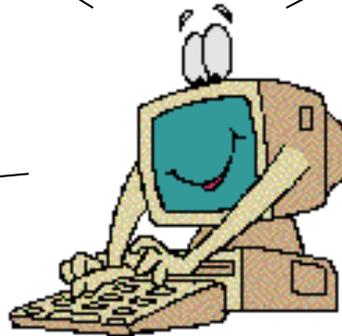
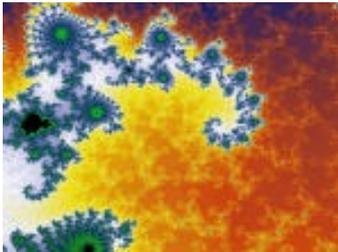
**Non linearità e  
Soglie Critiche**



**Reti Complesse tra  
Ordine e Disordine**



**Autosimilarità e  
Invarianza di Scala**

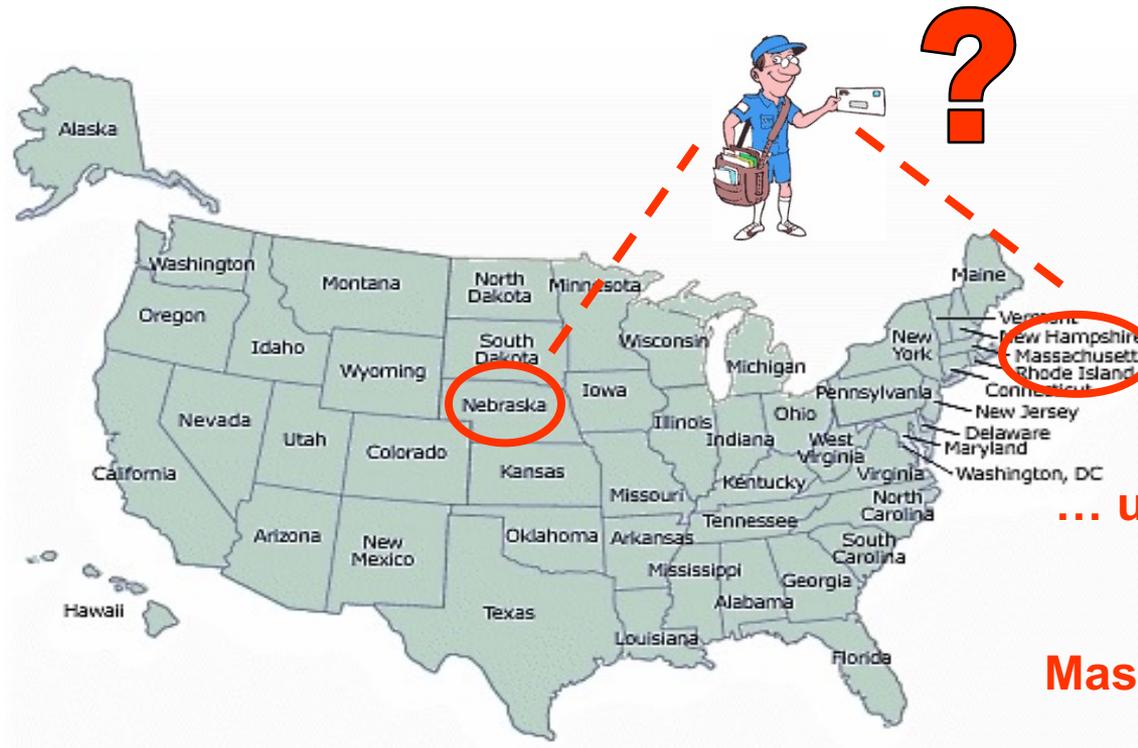


**Proprietà tipiche  
dei sistemi complessi**



# L'esperimento di Stanley Milgram (Harvard, anni '60)

160 persone  
prese a caso ad  
Omaha,  
Nebraska...



... un agente di  
Borsa di  
Boston,  
Massachusetts

Quanti passaggi li separano?

...la risposta è:

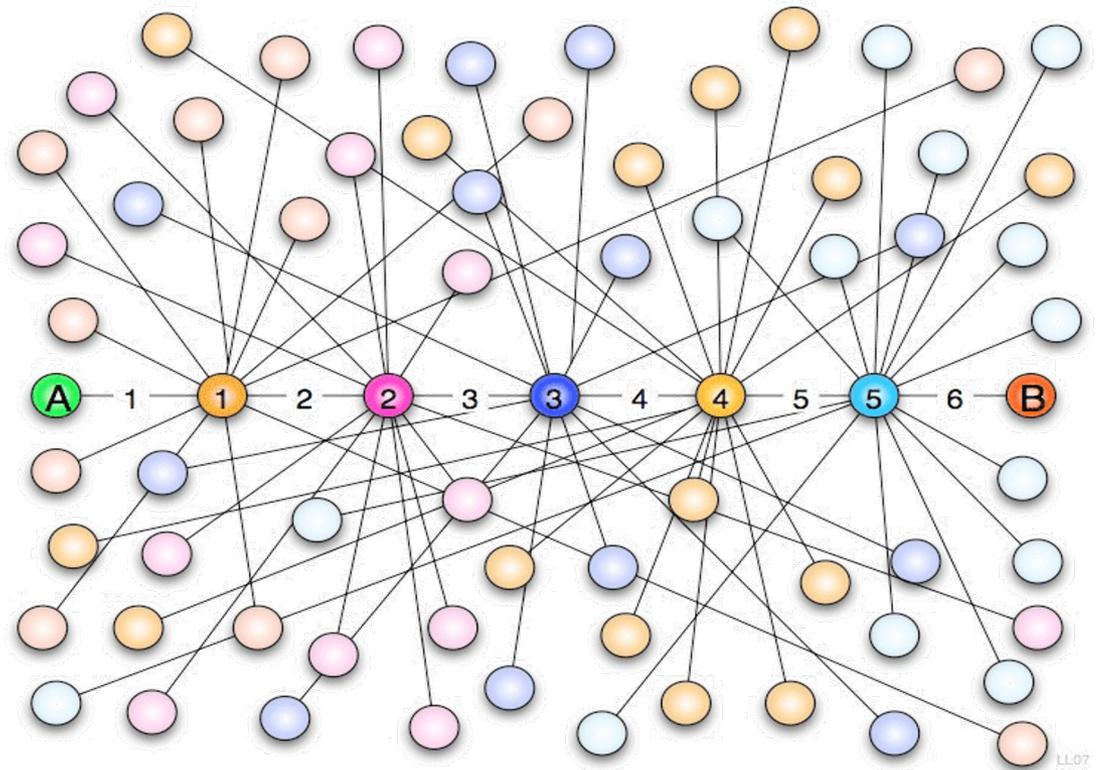
# 6 GRADI DI SEPARAZIONE!

La rete sociale degli  
Stati Uniti è un  
“piccolo mondo”!



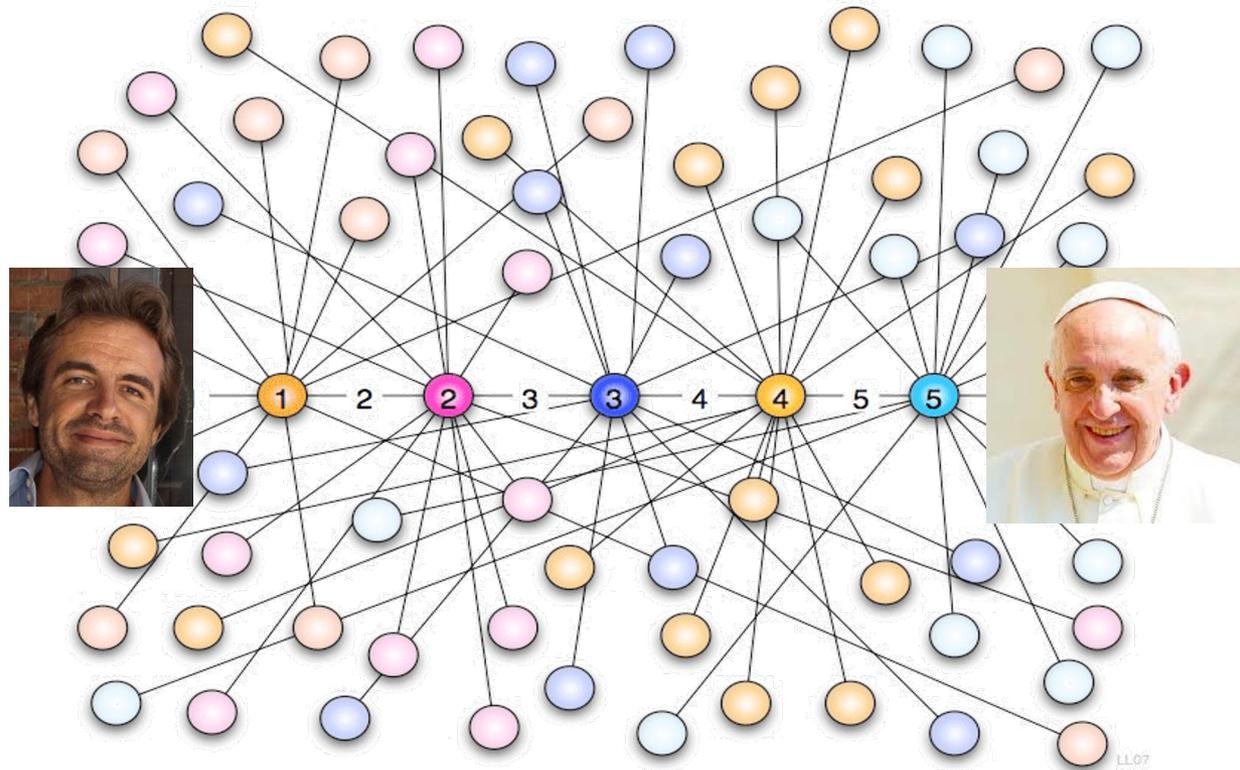
# “SIX DEGREES OF SEPARATION”

Successive ricerche hanno dimostrato che anche la rete sociale mondiale è un “piccolo mondo”!



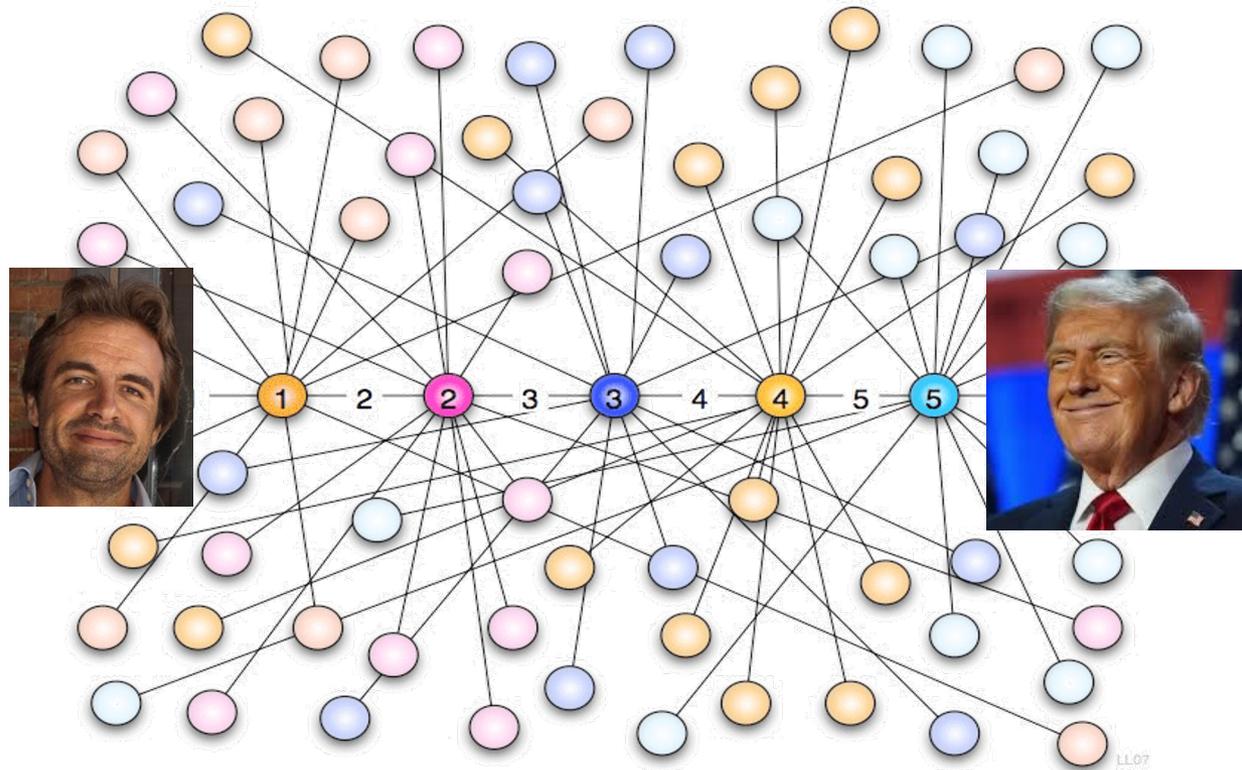
# “SIX DEGREES OF SEPARATION”

Successive ricerche hanno dimostrato che anche la rete sociale mondiale è un “piccolo mondo”!



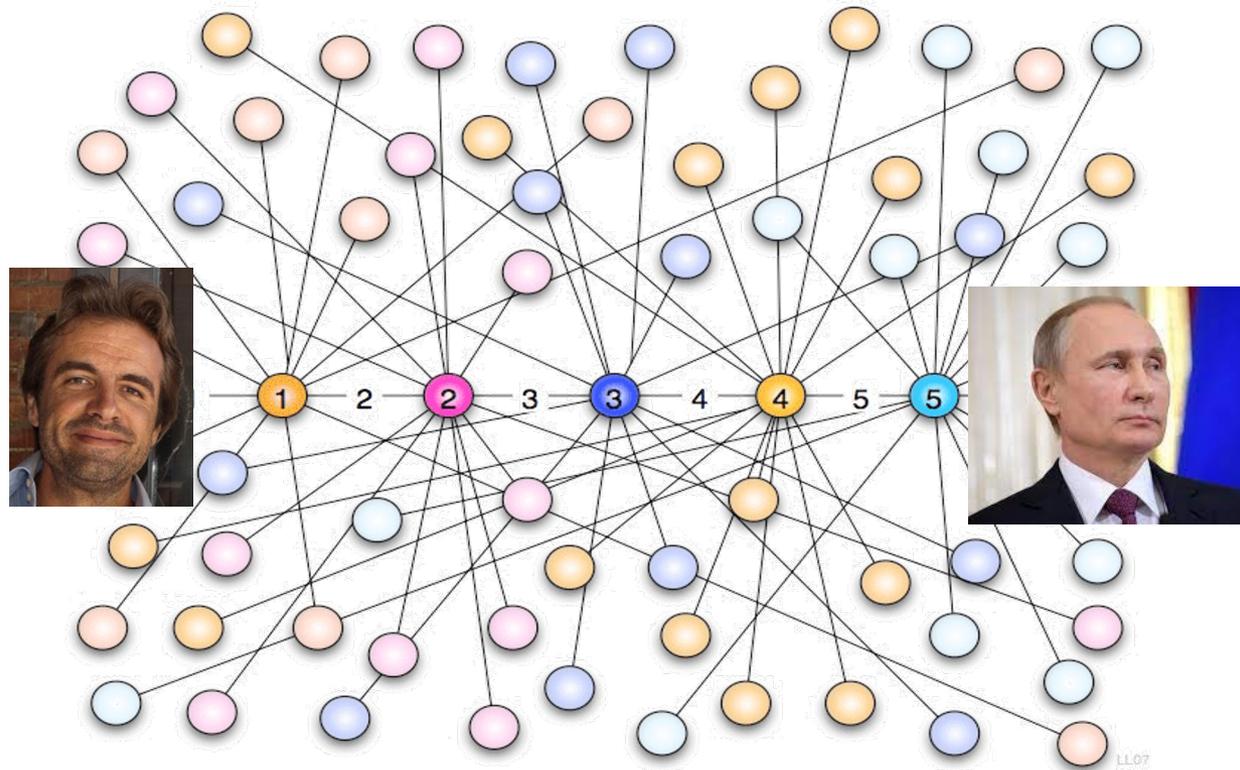
# “SIX DEGREES OF SEPARATION”

Successive ricerche hanno dimostrato che anche la rete sociale mondiale è un “piccolo mondo”!



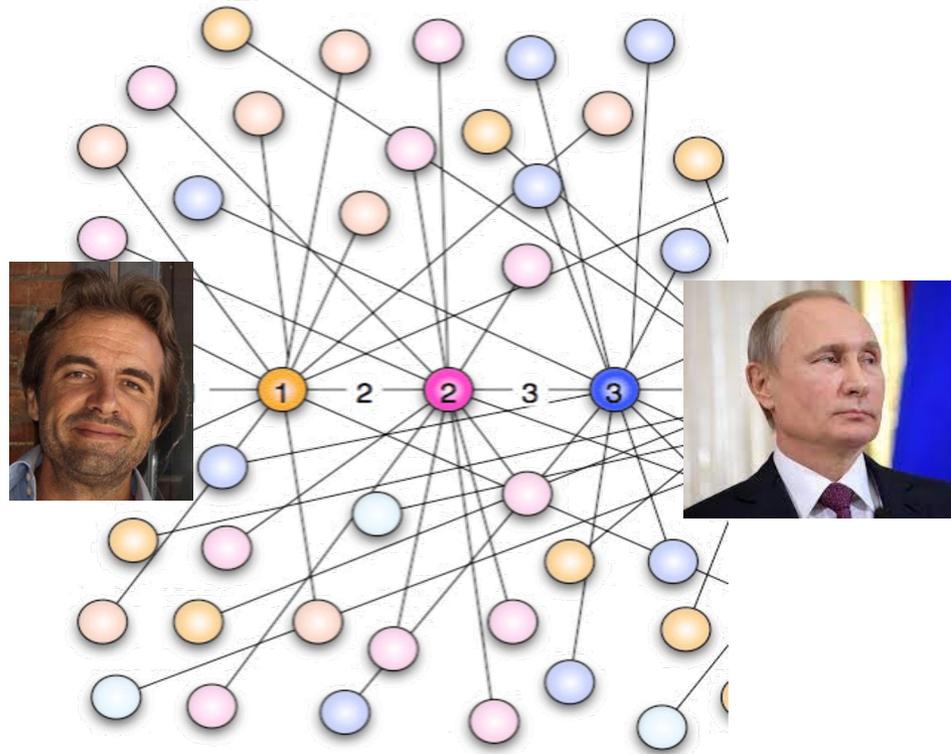
# “SIX DEGREES OF SEPARATION”

Successive ricerche hanno dimostrato che anche la rete sociale mondiale è un “piccolo mondo”!





Oggi, grazie a Facebook,  
i 6 gradi di separazione  
si sono ridotti a soli  
.....**3,74!!!**



**Il nostro "piccolo mondo" sembra  
diventare sempre più piccolo...**

**Ma quanto è generale  
il fenomeno del  
“piccolo mondo”?**



**Chi è questo attore?**



# THE ORACLE OF BACON



<https://oracleofbacon.org>

Kevin Bacon

to Brad Pitt

Find link



Brad Pitt has a Bacon number of 1.

Brad Pitt

was in

Sleepers

with

Kevin Bacon



# THE ORACLE OF BACON



<https://oracleofbacon.org>

Kevin Bacon

to

Natalie Portman

Find link



Natalie Portman has a Bacon number of 2.

Natalie Portman

was in

New York, I Love You

with

John Hurt

was in

Jayne Mansfield's Car

with

Kevin Bacon



# THE ORACLE OF BACON



<https://oracleofbacon.org>

Kevin Bacon

to

Charlie Chaplin

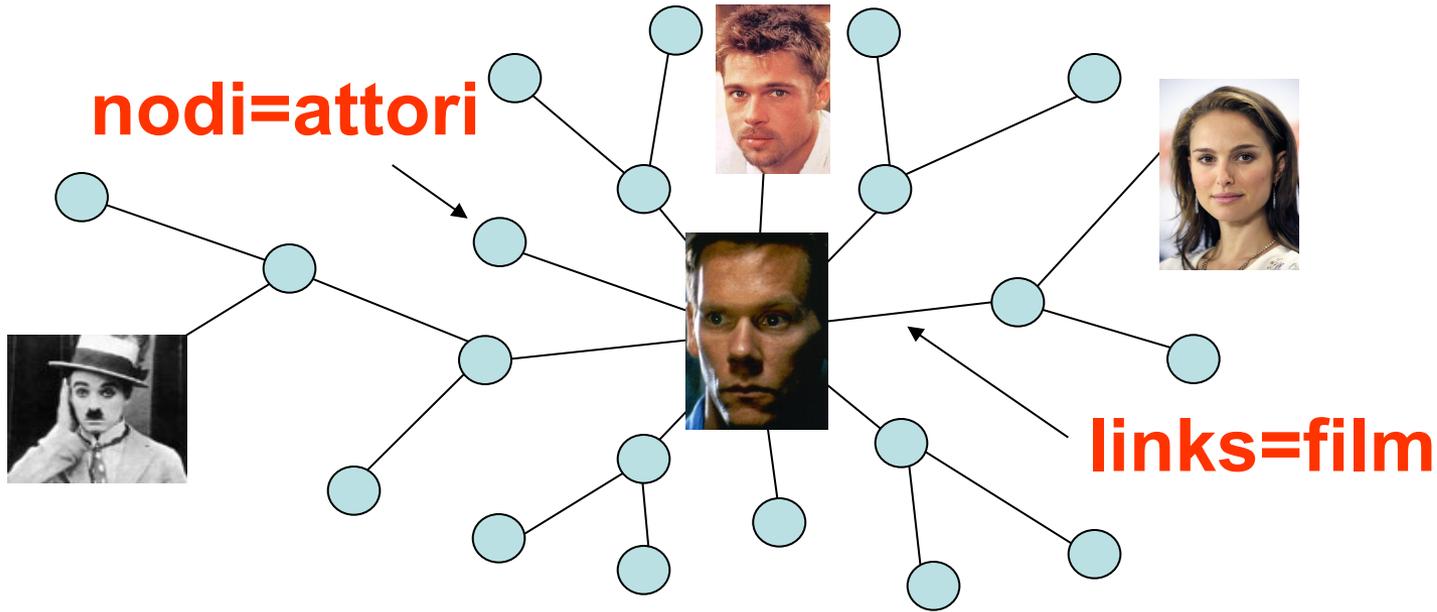
Find link



charlie chaplin has a Bacon number of 3.



# Rete di collaborazioni cinematografiche



**Kevin Bacon sembra essere al centro della rete delle collaborazioni tra gli attori... ma è veramente così?**

**Ci dispiace per lui ma in realtà Kevin Bacon non ha proprio nulla di speciale!!!**

# THE ORACLE OF BACON



<https://oracleofbacon.org>

Brad Pitt

to

Natalie Portman

Find link



Natalie portman has a Brad Pitt number of 2.

Natalie Portman

was in

Heat

with

Amy Brenneman

was in

America: A Tribute to Heroes

with

Brad Pitt



# THE ORACLE OF BACON



<https://oracleofbacon.org>

Natalie Portman

to

Charlie Chaplin

Find link



Charlie Chaplin has a Natalie Portman number of 3.



# Lista di “centralità” nella rete di collaborazione degli attori (212250 actors)



Rank	Name	Average distance	# of movies	# of links
1	Rod Steiger	2.537527	112	2562
2	Donald Pleasence	2.542376	180	2874
3	Martin Sheen	2.551210	136	3501
4	Christopher Lee	2.552497	201	2993
5	Robert Mitchum	2.557181	136	2905
6	Charlton Heston	2.566284	104	2552
7	Eddie Albert	2.567036	112	3333
8	Robert Vaughn	2.570193	126	2761
9	Donald Sutherland	2.577880	107	2865
10	John Gielgud	2.578980	122	2942
11	Anthony Quinn	2.579750	146	2978
12	James Earl Jones	2.584440	112	3787
...				
<b>876</b>	<b>Kevin Bacon</b>	<b>2.786981</b>	<b>46</b>	<b>1811</b>
...				



**Anche la rete degli attori è un  
“piccolo mondo”:**



**Ma andiamo avanti....**

# Reti di collaborazioni scientifiche

**il mio “piccolo mondo”...**

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

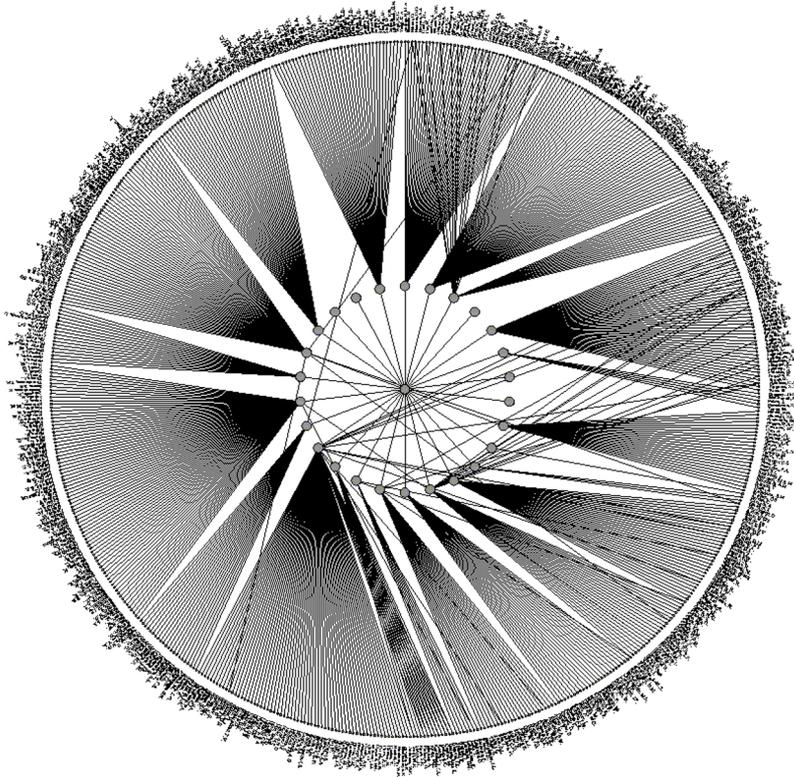
AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** *Mathematical Reviews on the Web*

Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

Author Name

**My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)



# Reti di collaborazioni scientifiche

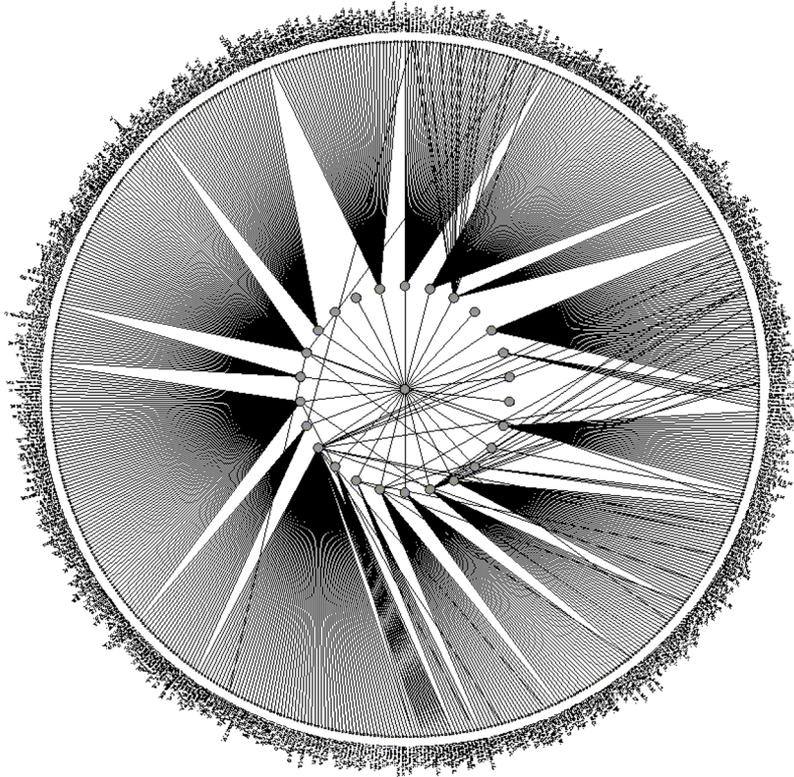
## il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** Mathematical Reviews on the Web

Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

Author Name



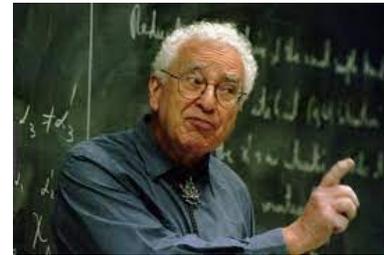
**My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis **MR2441210 (2009h:82053)**

**My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2**

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis **MR2441210 (2009h:82053)**

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann **MR2188923 (2006f:82005)**



# Reti di collaborazioni scientifiche

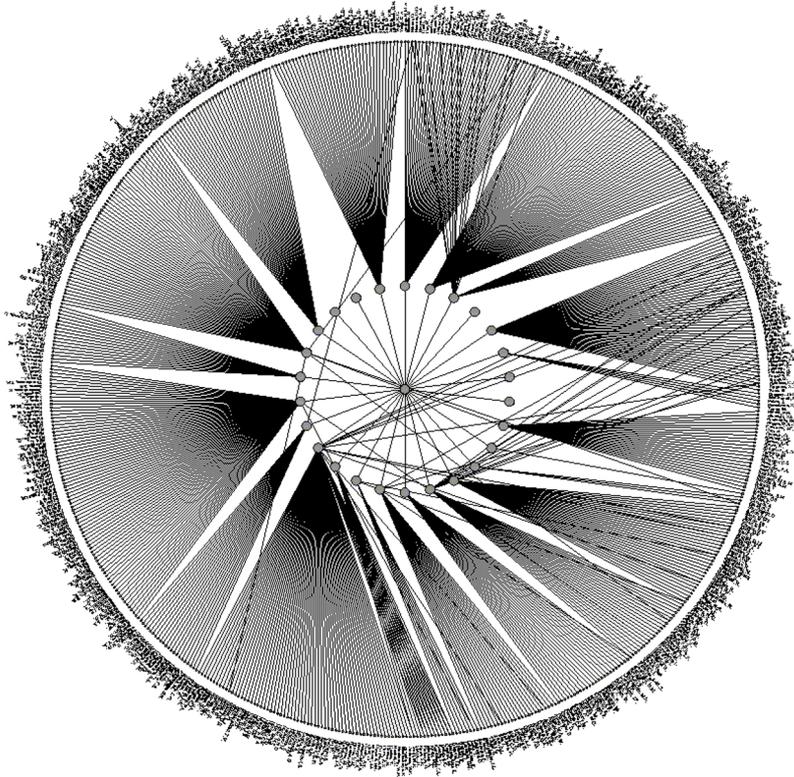
## il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** Mathematical Reviews on the Web

Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

Author Name



### My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

### My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

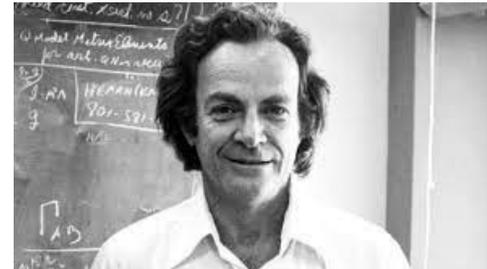
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923](#) (2006f:82005)

### My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923](#) (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman [MR0090430](#) (19,813e)



# Reti di collaborazioni scientifiche

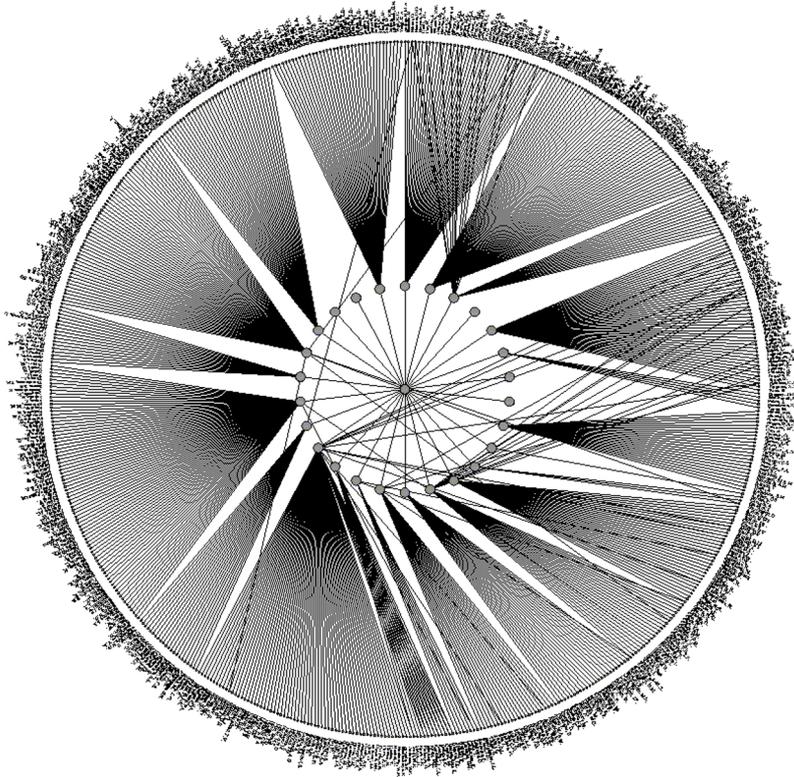
## il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** Mathematical Reviews on the Web

Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

Author Name



### My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

### My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

### My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)  
Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman MR0090430 (19,813e)

### My Collaboration Distance with Stephen Hawking = 4

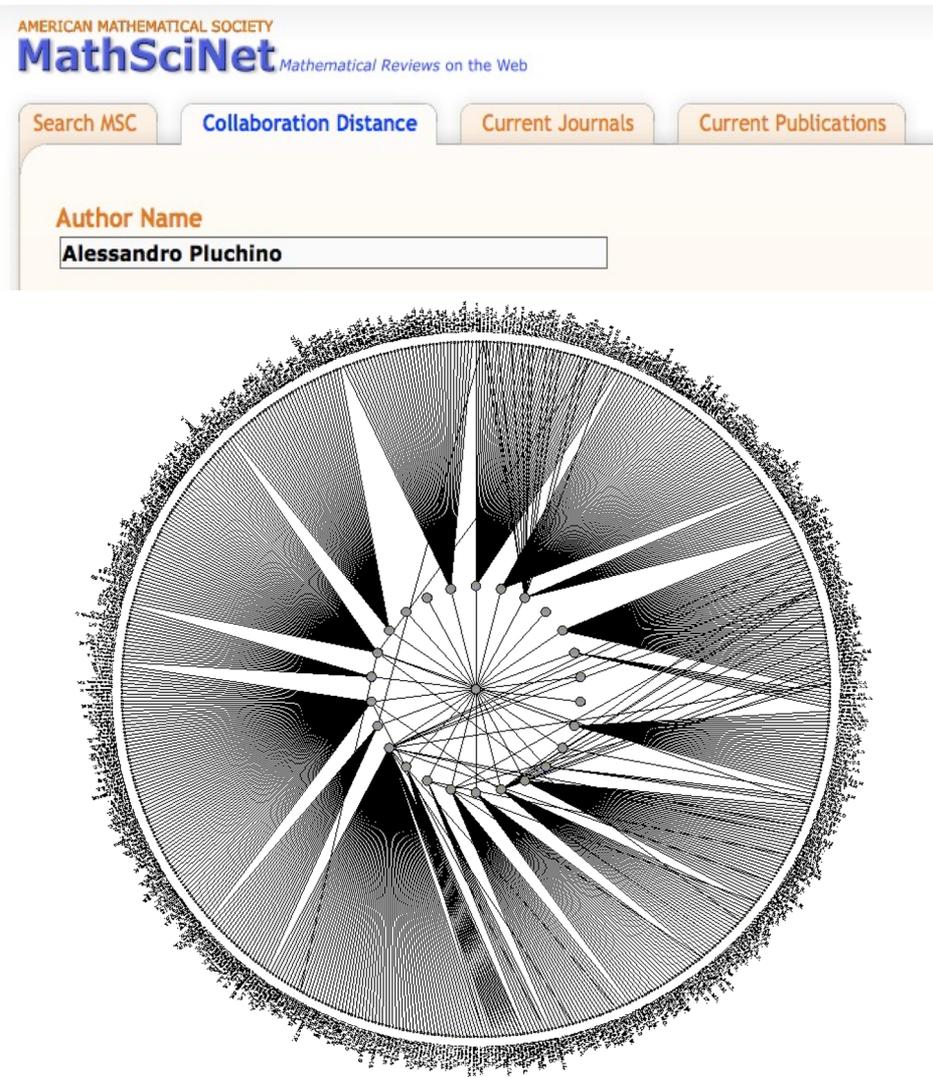
A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)  
Murray Gell-Mann coauthored with James B. Hartle MR1105972  
James B. Hartle coauthored with Stephen W. Hawking MR0726732 (85i:83022)



# Reti di collaborazioni scientifiche

## il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>



### My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

### My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923](#) (2006f:82005)

### My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923](#) (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman [MR0090430](#) (19,813e)

### My Collaboration Distance with Stephen Hawking = 4

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis [MR2441210](#) (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann [MR2188923](#) (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with James B. Hartle [MR1105972](#)

James B. Hartle coauthored with Stephen W. Hawking [MR0726732](#) (85i:83022)

### My Collaboration Distance with Werner Heisenberg = 5

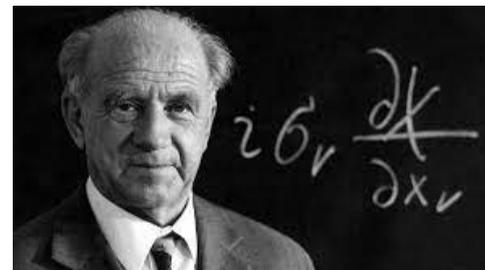
A. Pluchino coauthored with Andrea Rapisarda [MR2070689](#)

Andrea Rapisarda coauthored with Marko Robnik [MR1618594](#)

Marko Robnik coauthored with Wolfgang Kundt [MR0598131](#) (82b:85003)

Wolfgang Kundt coauthored with Pascual Jordan [MR0127937](#) (23 #B982)

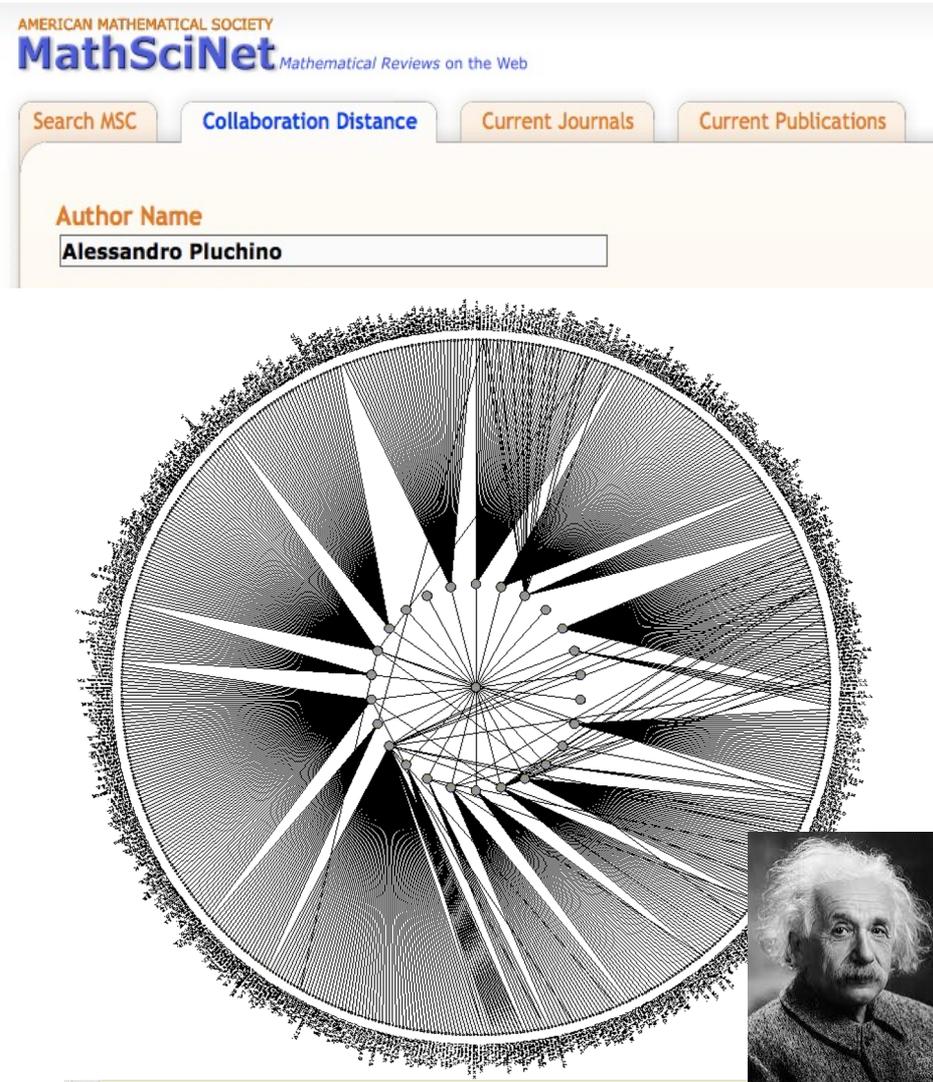
Pascual Jordan coauthored with Werner Karl Heisenberg [MR1069378](#) (91i:01142)



# Reti di collaborazioni scientifiche

## il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>



### My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

### My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

### My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)  
Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman MR0090430 (19,813e)

### My Collaboration Distance with Stephen Hawking = 4

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)  
Murray Gell-Mann coauthored with James B. Hartle MR1105972  
James B. Hartle coauthored with Stephen W. Hawking MR0726732 (85i:83022)

### My Collaboration Distance with Werner Heisenberg = 5

A. Pluchino coauthored with Andrea Rapisarda MR2070689  
Andrea Rapisarda coauthored with Marko Robnik MR1618594  
Marko Robnik coauthored with Wolfgang Kundt MR0598131 (82b:85003)  
Wolfgang Kundt coauthored with Pascual Jordan MR0127937 (23 #B982)  
Pascual Jordan coauthored with Werner Karl Heisenberg MR1069378 (91i:01142)

### My Collaboration Distance with Albert Einstein = 6

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)  
Constantino Tsallis coauthored with A. K. Rajagopal MR1698773 (2000d:81073)  
A. K. Rajagopal coauthored with E. C. George Sudarshan MR0406252 (53 #10043)  
E. C. George Sudarshan coauthored with Emil Wolf MR0180280 (31 #4515)  
Emil Wolf coauthored with Max Born MR0108202 (21 #6918)  
Max Born coauthored with Albert Einstein MR0718489 (85d:01024)

# Reti di collaborazioni scientifiche

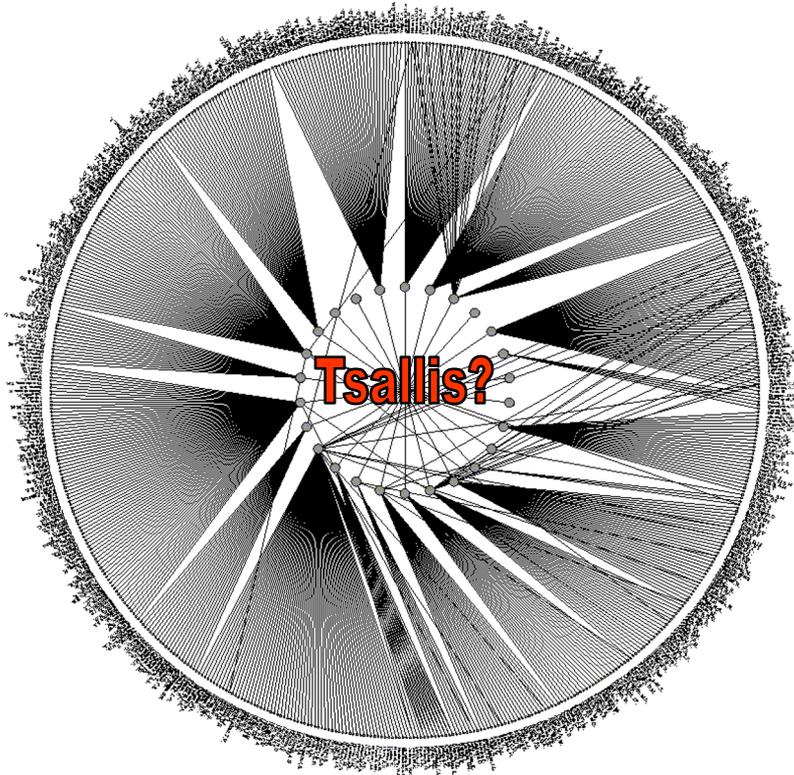
## il mio "piccolo mondo"...

<http://www.ams.org/mathscinet/collaborationDistance.html>

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** Mathematical Reviews on the Web

Search MSC Collaboration Distance Current Journals Current Publications

Author Name



### My Collaboration Distance with Constantino Tsallis = 1

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

### My Collaboration Distance with Murray Gell-Mann = 2

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

### My Collaboration Distance with Richard Feynman = 3

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with Richard Phillips Feynman MR0090430 (19,813e)

### My Collaboration Distance with Stephen Hawking = 4

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with Murray Gell-Mann MR2188923 (2006f:82005)

Murray Gell-Mann coauthored with James B. Hartle MR1105972

James B. Hartle coauthored with Stephen W. Hawking MR0726732 (85i:83022)

### My Collaboration Distance with Werner Heisenberg = 5

A. Pluchino coauthored with Andrea Rapisarda MR2070689

Andrea Rapisarda coauthored with Marko Robnik MR1618594

Marko Robnik coauthored with Wolfgang Kundt MR0598131 (82b:85003)

Wolfgang Kundt coauthored with Pascual Jordan MR0127937 (23 #B982)

Pascual Jordan coauthored with Werner Karl Heisenberg MR1069378 (91i:01142)

### My Collaboration Distance with Albert Einstein = 6

A. Pluchino coauthored with Constantino Tsallis MR2441210 (2009h:82053)

Constantino Tsallis coauthored with A. K. Rajagopal MR1698773 (2000d:81073)

A. K. Rajagopal coauthored with E. C. George Sudarshan MR0406252 (53 #10043)

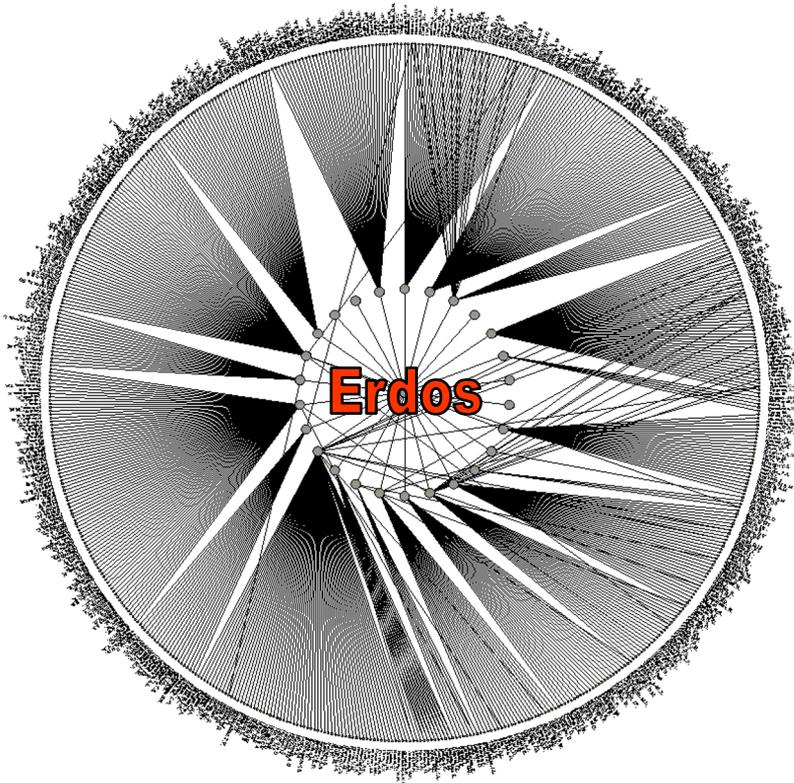
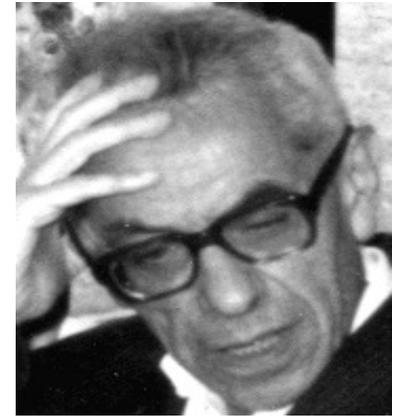
E. C. George Sudarshan coauthored with Emil Wolf MR0180280 (31 #4515)

Emil Wolf coauthored with Max Born MR0108202 (21 #6918)

Max Born coauthored with Albert Einstein MR0718489 (85d:01024)

**Pál Erdős (Ungheria, 1913-1996)**

# La teoria dei grafi



AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY  
**MathSciNet** Mathematical Reviews on the Web

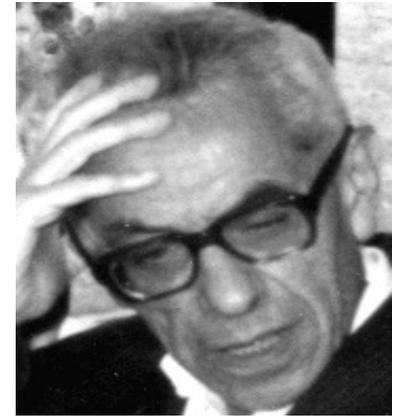
[Search MSC](#) [Collaboration Distance](#) [Current Journals](#) [Current Publications](#)

**Author Name**

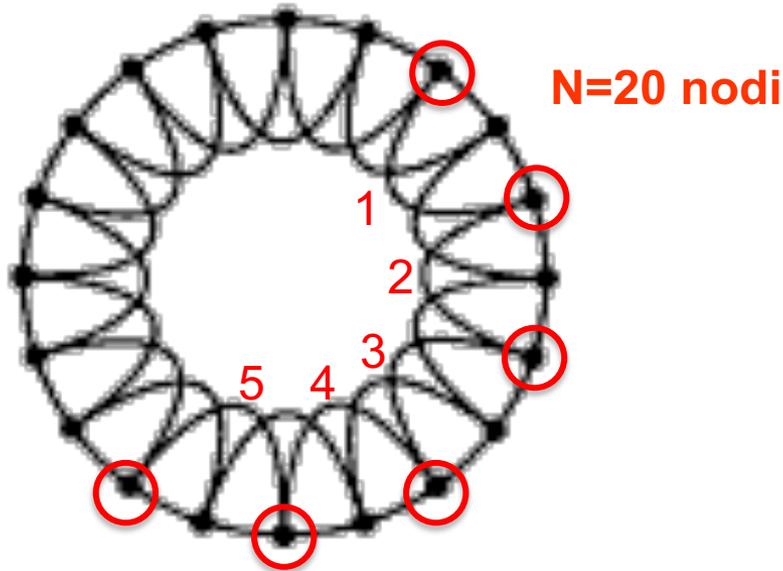
**Enter another Author Name**

Pál Erdős (Ungheria, 1913-1996)

# La teoria dei grafi



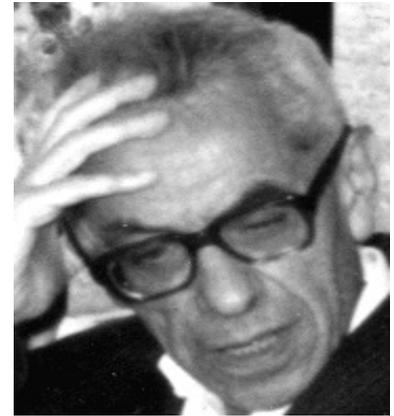
grafo regolare



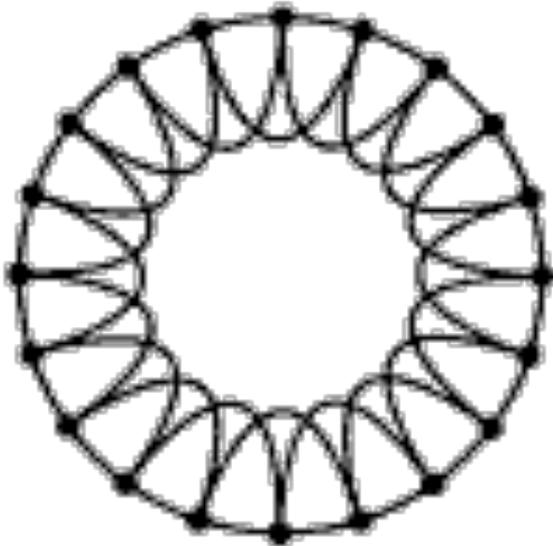
I grafi regolari  
NON posseggono  
la proprietà di  
piccolo mondo!!!

**Pál Erdős (Ungheria, 1913-1996)**

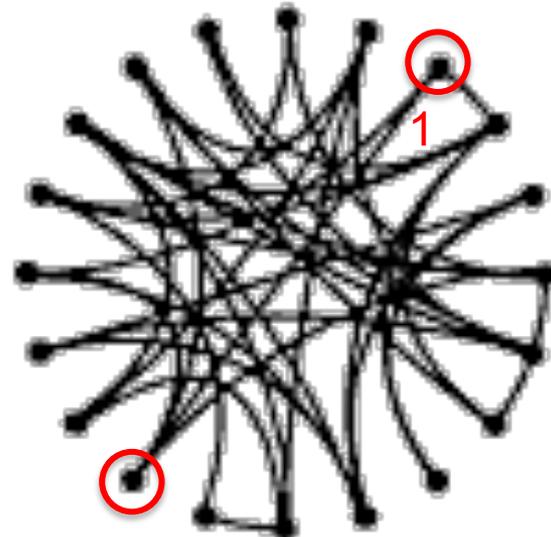
# **La teoria dei grafi**



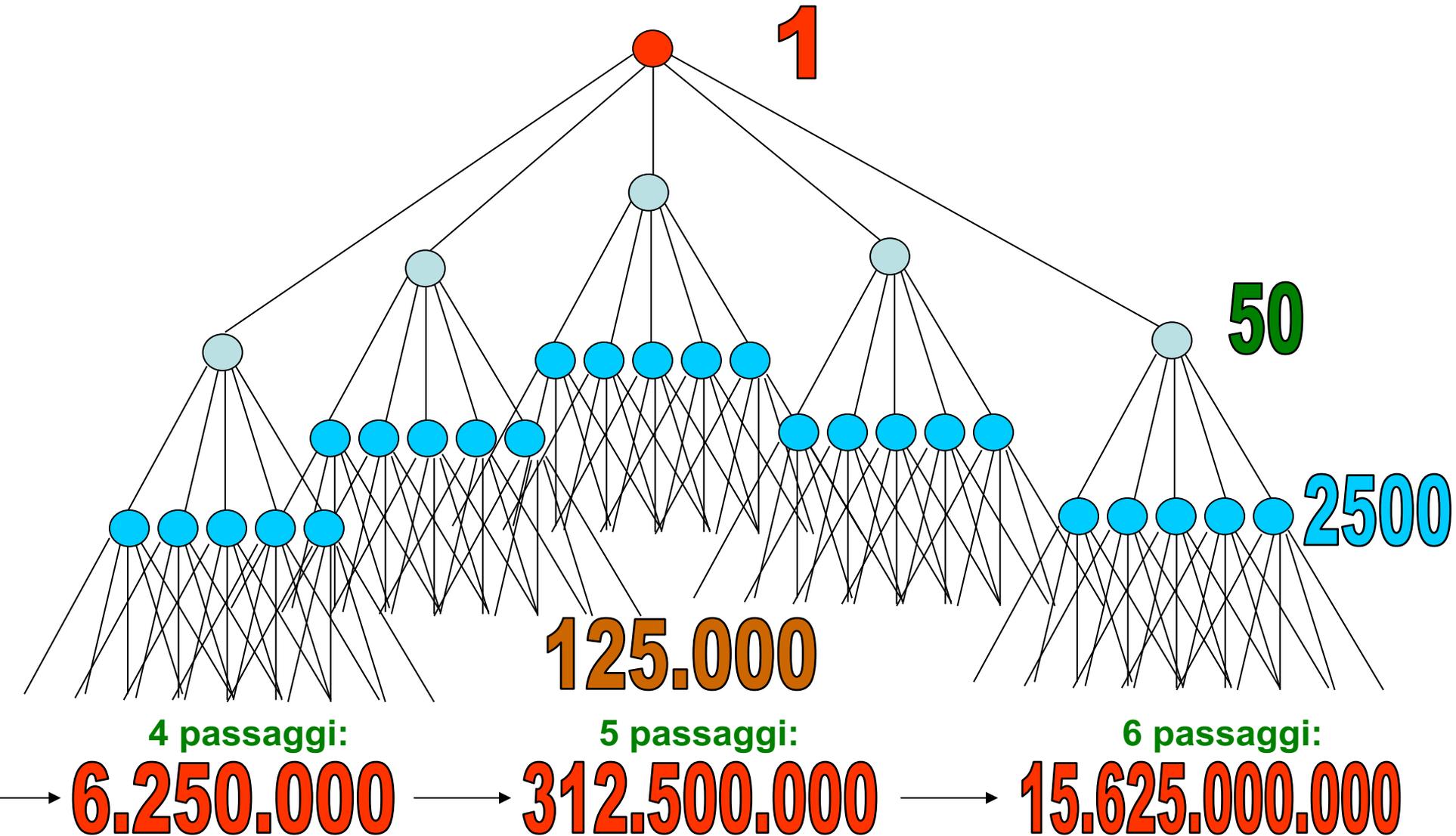
**grafo regolare**

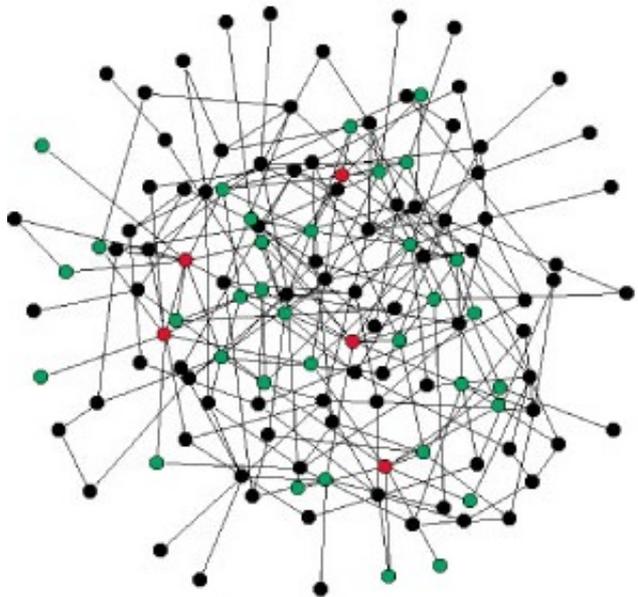


**grafo casuale**



# Rete di amicizie casuali (random):





Dunque i grafi casuali  
posseggono la proprietà di  
**piccolo mondo!!!**

Però a ben guardare manca  
loro un'altra essenziale  
**proprietà** delle vere reti  
sociali...

**QUALE?**

# Social Networks: Facebook



**Alessandro Pluchino**

[www.pluchino.it](http://www.pluchino.it)  
[Modifica](#)

[Post](#)

[Informazioni](#)

[Amici 1617](#)

[Foto](#)

[Altro](#) ▾

[Modifica il profilo](#)



**In breve**

Zetanet



A cosa stai pensando?

# Social Networks: Facebook



**Alessandro Pluchino** [Aggiorna informazioni](#) <sup>1</sup> [Registro attività](#) <sup>20+</sup> 

[Diario](#) [Informazioni](#) [Amici](#) 1442 [Foto](#) [Archivio](#) [Altro](#)

 **Amici** [+ Trova amici](#) 

[Tutti gli amici](#) 1.442 [Aggiunti di recente](#) [Compleanni](#) [Lavoro](#) [Università](#) [Altro](#)

-  **Andrea Rapisarda**  
607 amici [✓ Amici](#)
-  **Santo Fortunato**  
677 amici [✓ Amici](#)
-  **Peppino Scucces**  
331 amici [✓ Amici](#)
-  **Angelo Adamo**  
3411 amici [✓ Amici](#)

# Social Networks: Facebook

Facebook interface showing the profile of **Andrea Rapisarda**. The navigation bar includes the search bar with the name "Andrea Rapisarda", the user's name "Alessandro", and navigation options "Home" and "Crea". The profile header features a circular profile picture of an older man with a white beard, a large landscape cover photo of snow-capped mountains, and the name "Andrea Rapisarda". Below the name are buttons for "Amici", "Segui già", "Messaggio", and a menu icon. The navigation tabs include "Diario", "Informazioni", "Amici 238 in comune" (highlighted with a red circle), "Foto", and "Altro".

**In breve**

My new official web site  
<http://www.andrea-rapisarda.it>

- Professore associato presso Università di Catania
- Precedentemente ricercatore presso INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
- Ha studiato Borsa di studio presso Niels Bohr Institute, Copenhagen, Denmark
- Ha studiato presso Università di Francoforte

**Crea un post** | Foto/video

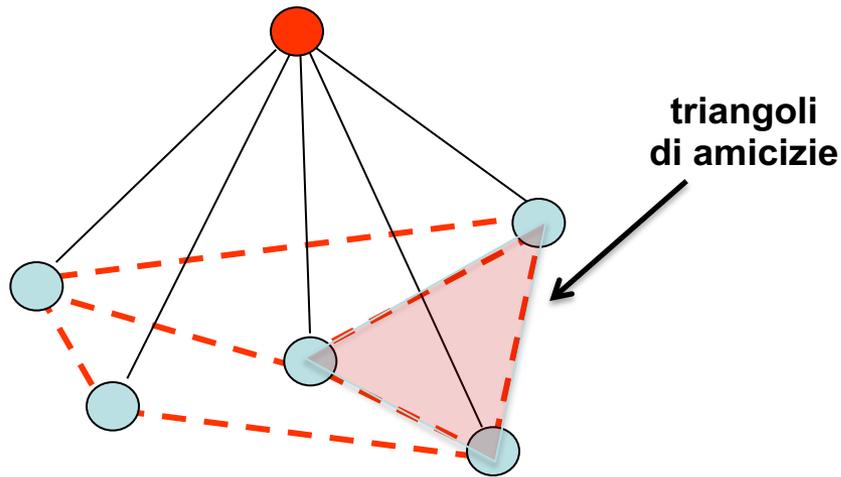
Scrivi qualcosa a Andrea...

Foto/video | Tagga amici | Stato d'anim... | **Pubblica**

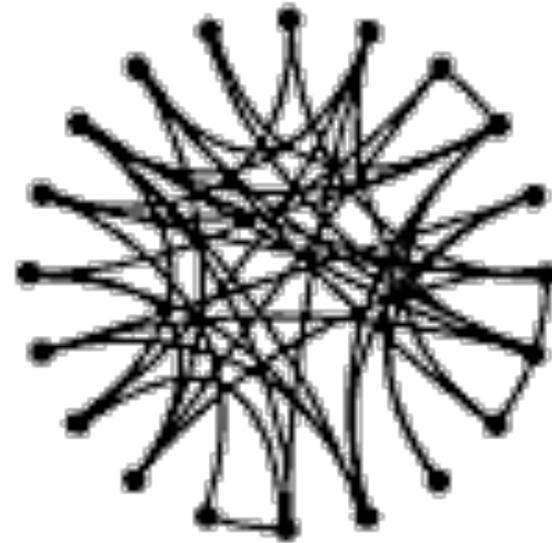
**Giuliana Caruso** — con Andrea Rapisarda e altre 19 persone. 7 h ·

Chat (124)

**Su Facebook, come in tutte le vere reti sociali, i nostri amici sono spesso anche amici tra di loro!**

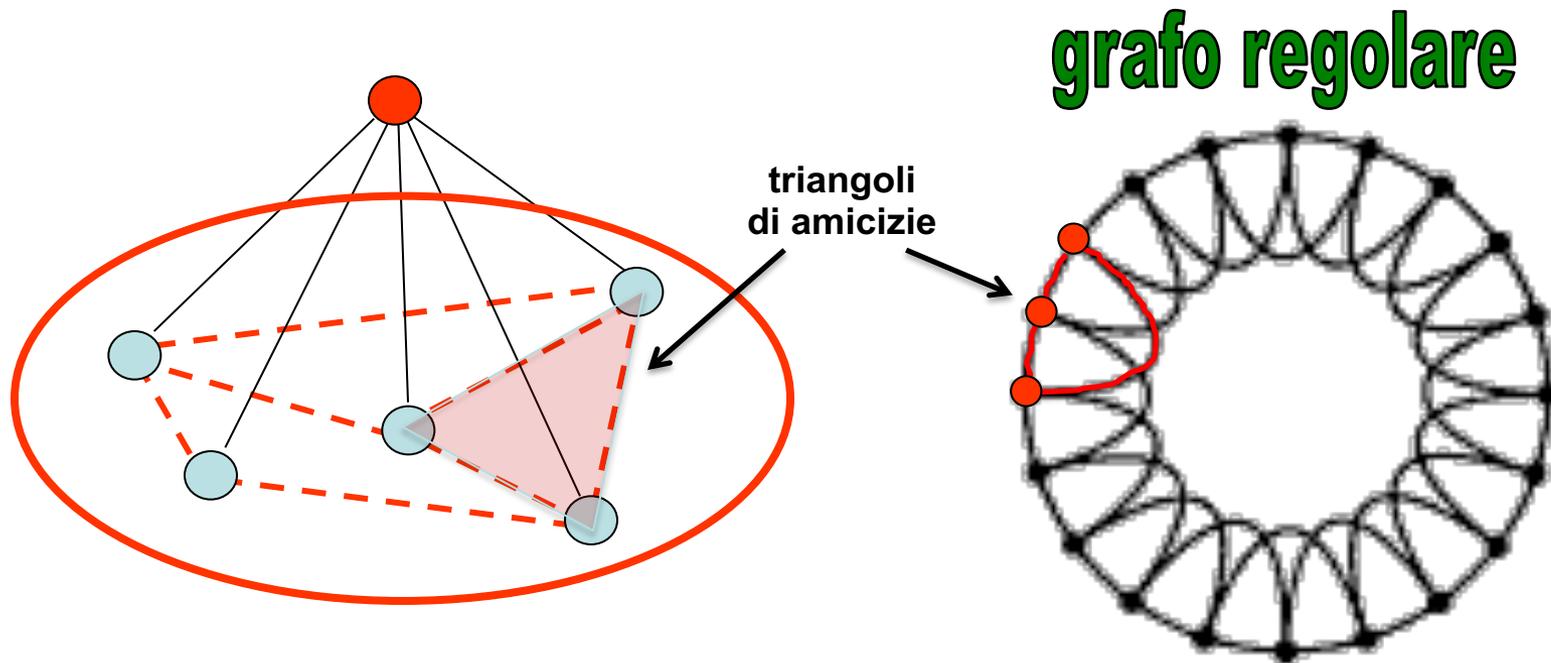


**grafo casuale**



non ci sono  
“triangoli”!

**Su Facebook, come in tutte le vere reti sociali, i nostri amici sono spesso anche amici tra di loro!**

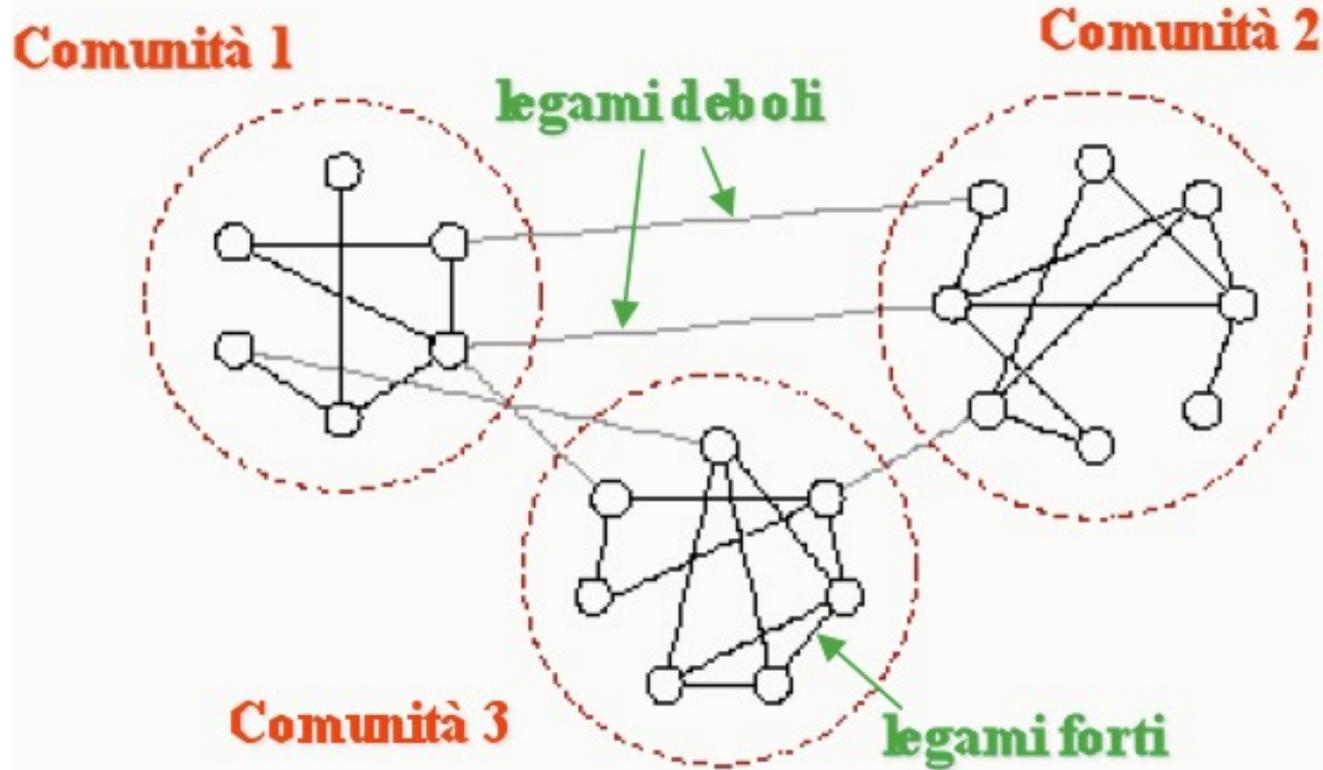


**Quello che manca alle reti casuali è quindi:**

**l'aggregazione in comunità!**

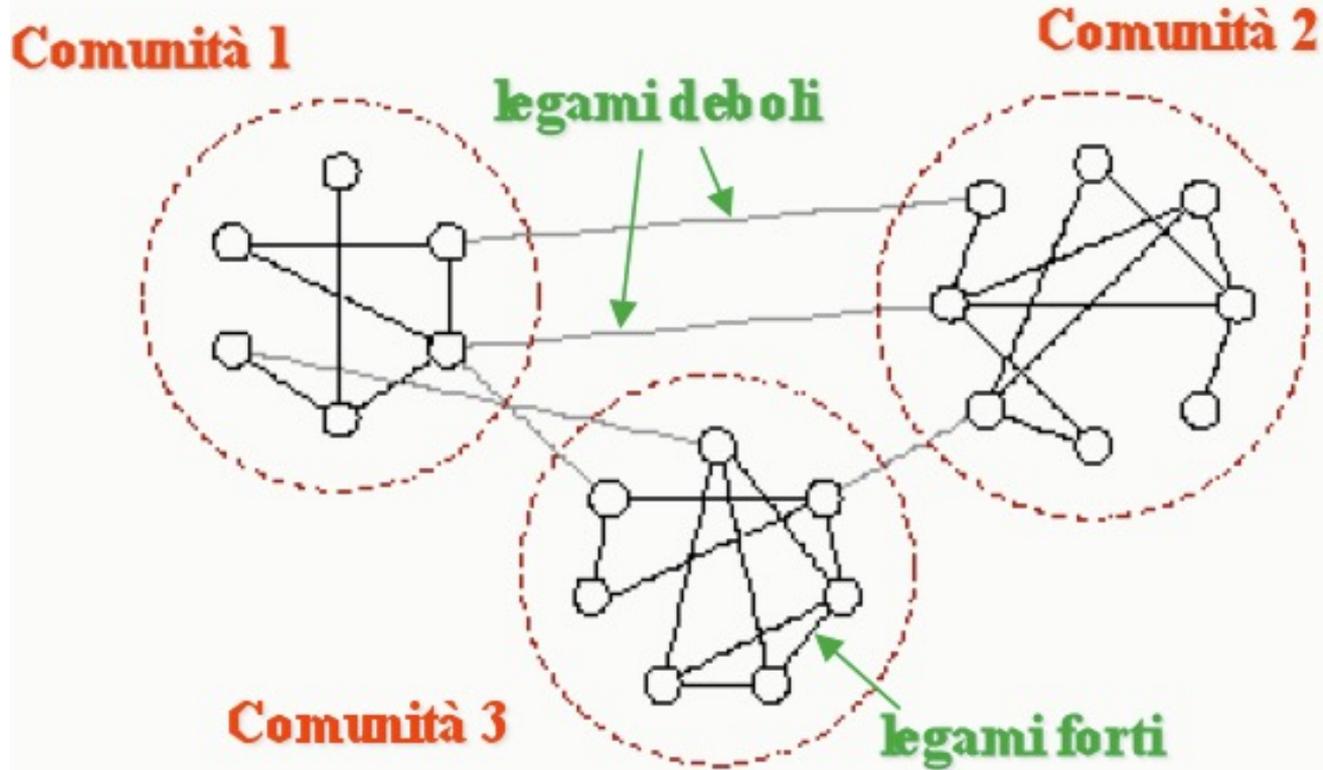
# Struttura a “Comunità” nelle RETI COMPLESSE

Le reti sociali, come molti altri tipi di reti complesse, sono solitamente costituite da **comunità**, le quali possono essere intuitivamente definite come **gruppi di nodi che risultano più densamente connessi** se confrontati con il resto della rete:



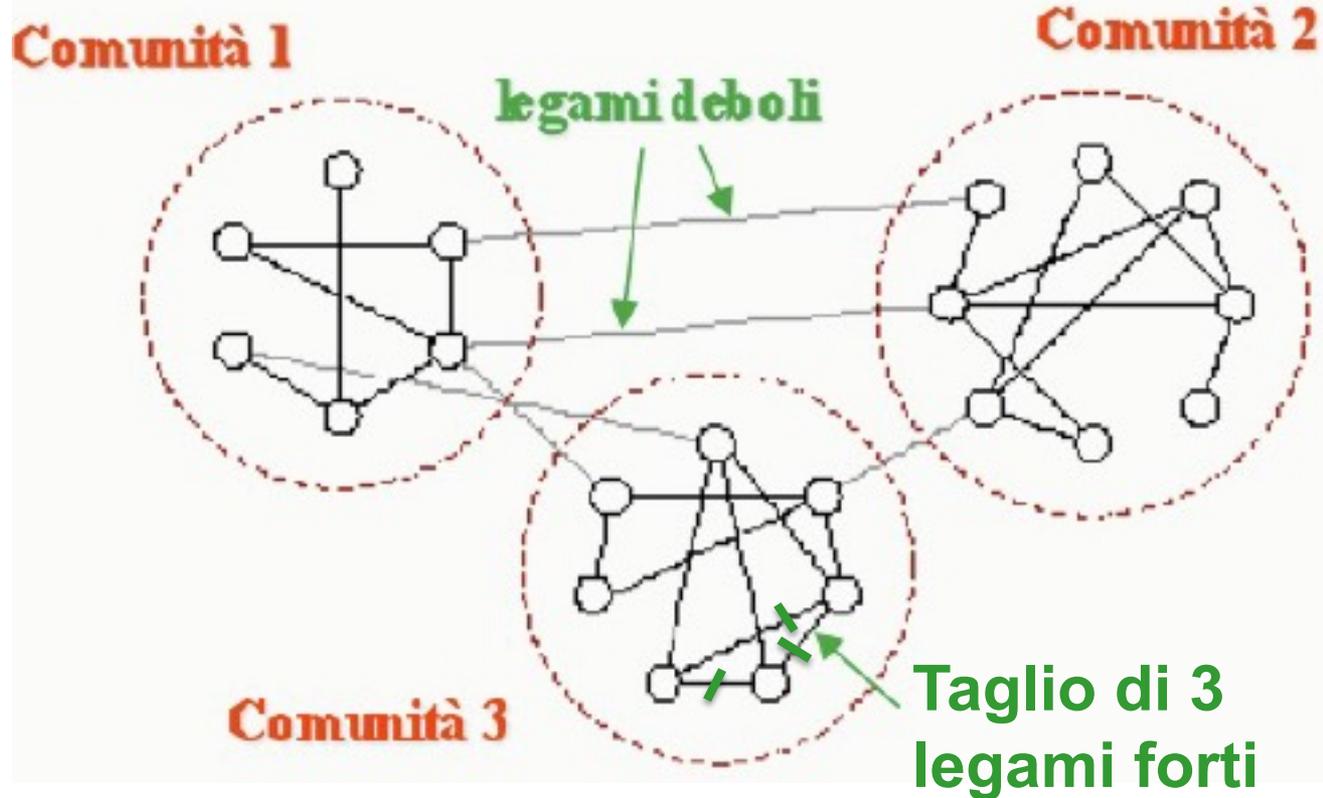
# Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

## La forza dei legami deboli



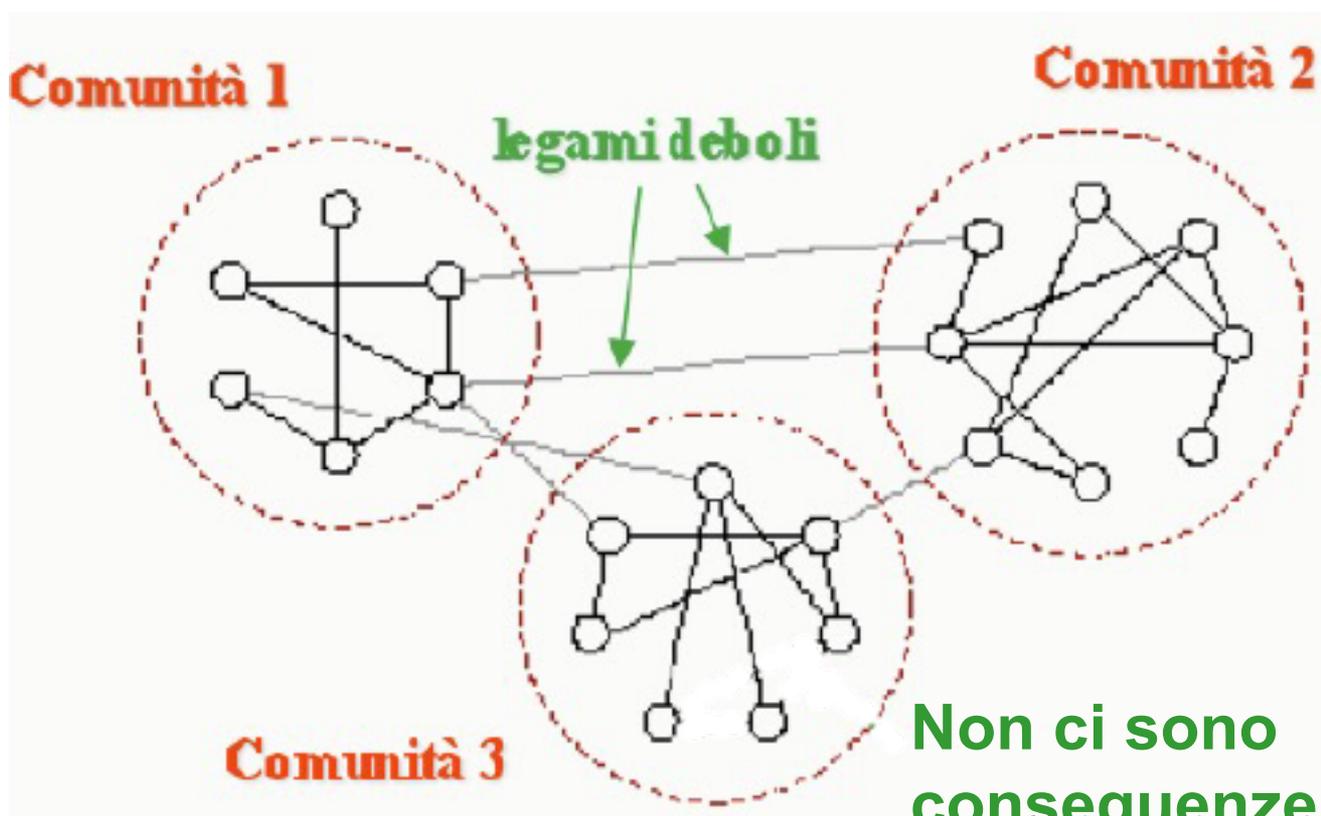
# Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

## La forza dei legami deboli



# Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

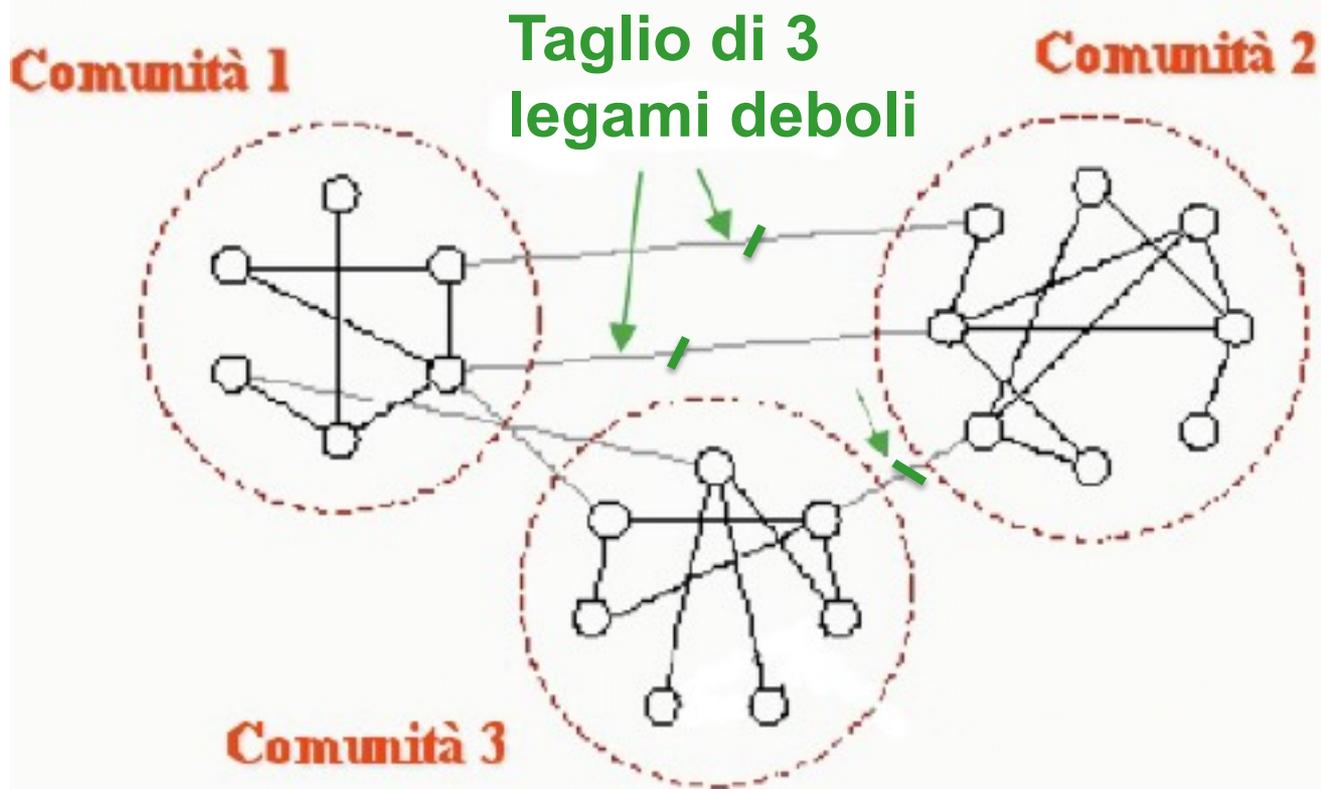
## La forza dei legami deboli



Non ci sono  
conseguenze sulla  
connettività globale!

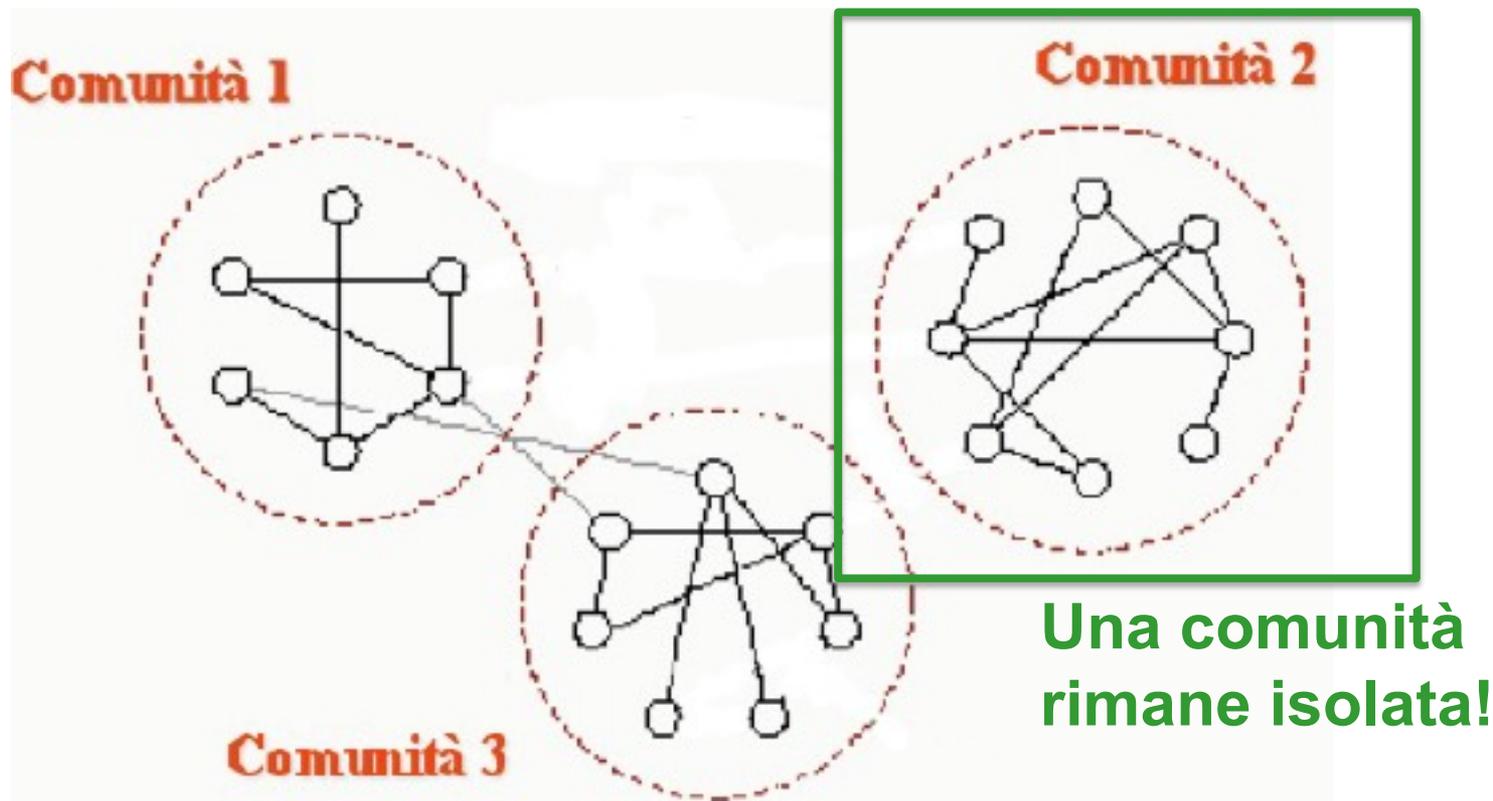
# Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

## La forza dei legami deboli

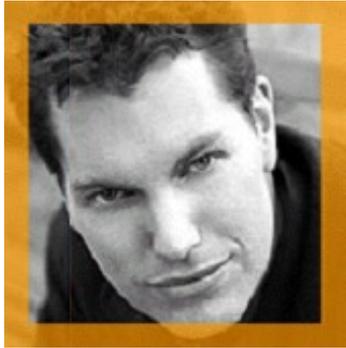


Mark Granovetter (Baltimora, 1973)

# La forza dei legami deboli



# LA SCOPERTA delle RETI COMPLESSE

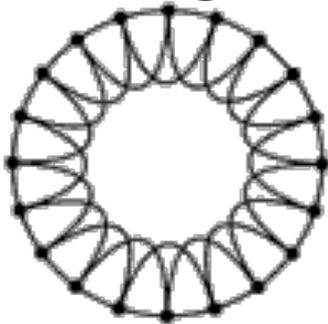


**1998 - Watts e Strogatz (USA)**  
**Scoprono che il segreto delle reti “piccolo mondo” si trova al confine tra ordine e disordine!**

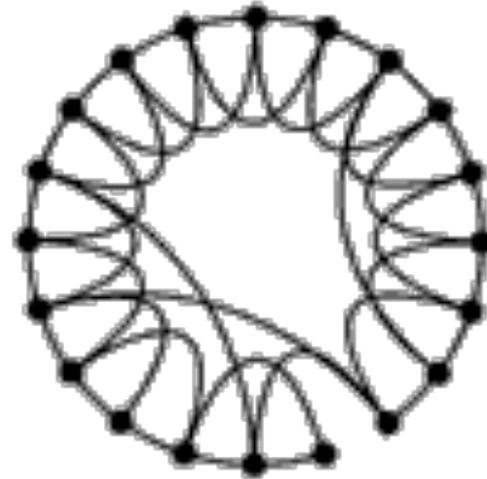


## rete small world

### rete regolare

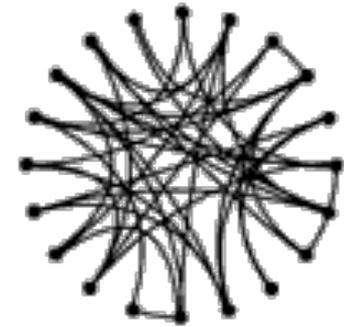


Ha una forte aggregazione, ma non è un ‘piccolo mondo’



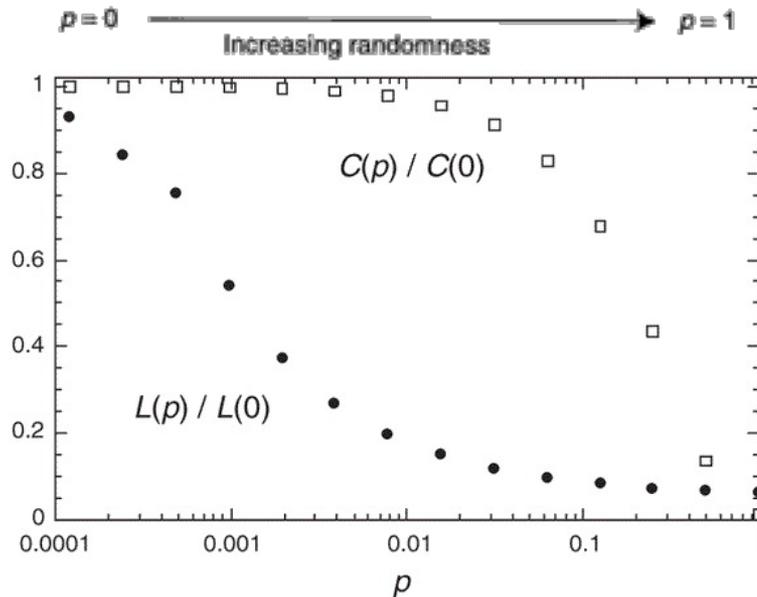
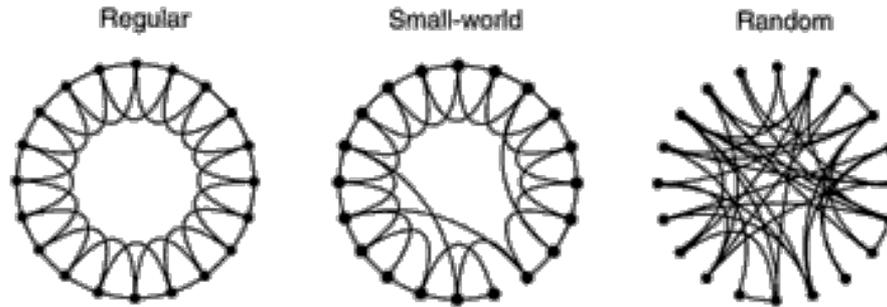
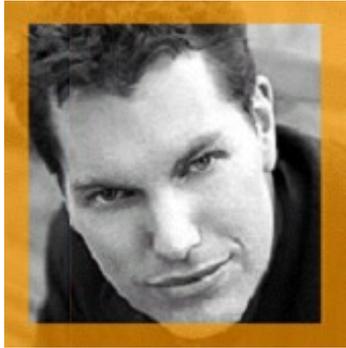
*E' un ‘piccolo mondo’ ma ha anche una forte aggregazione!*

### rete casuale



E' un ‘piccolo mondo’. ma non ha aggregazione

# MODELLO di WATTS e STROGATZ



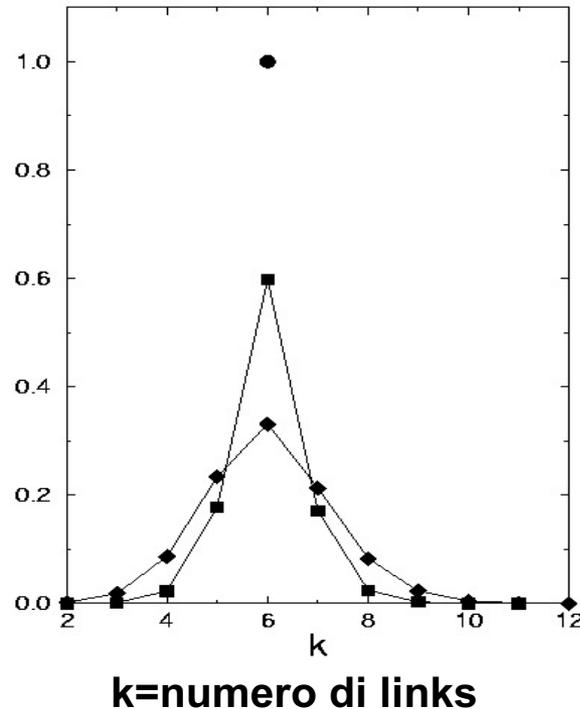
**$C(p)$  : coefficiente di aggregazione (clustering)**  
 **$L(p)$  : minimo cammino medio**

(Watts and Strogatz, Nature **393**, 440 (1998))

# IMPORTANTE:

Gli Small Worlds di Watts e Strogatz sono reti 'egualitarie', cioè tutti i nodi hanno *circa* lo stesso numero  $k$  di links:

$P(k)$ =frazione di nodi con quel numero di links



**Distribuzione  
Gaussiana:  
esiste una scala tipica,  
la media dei links**

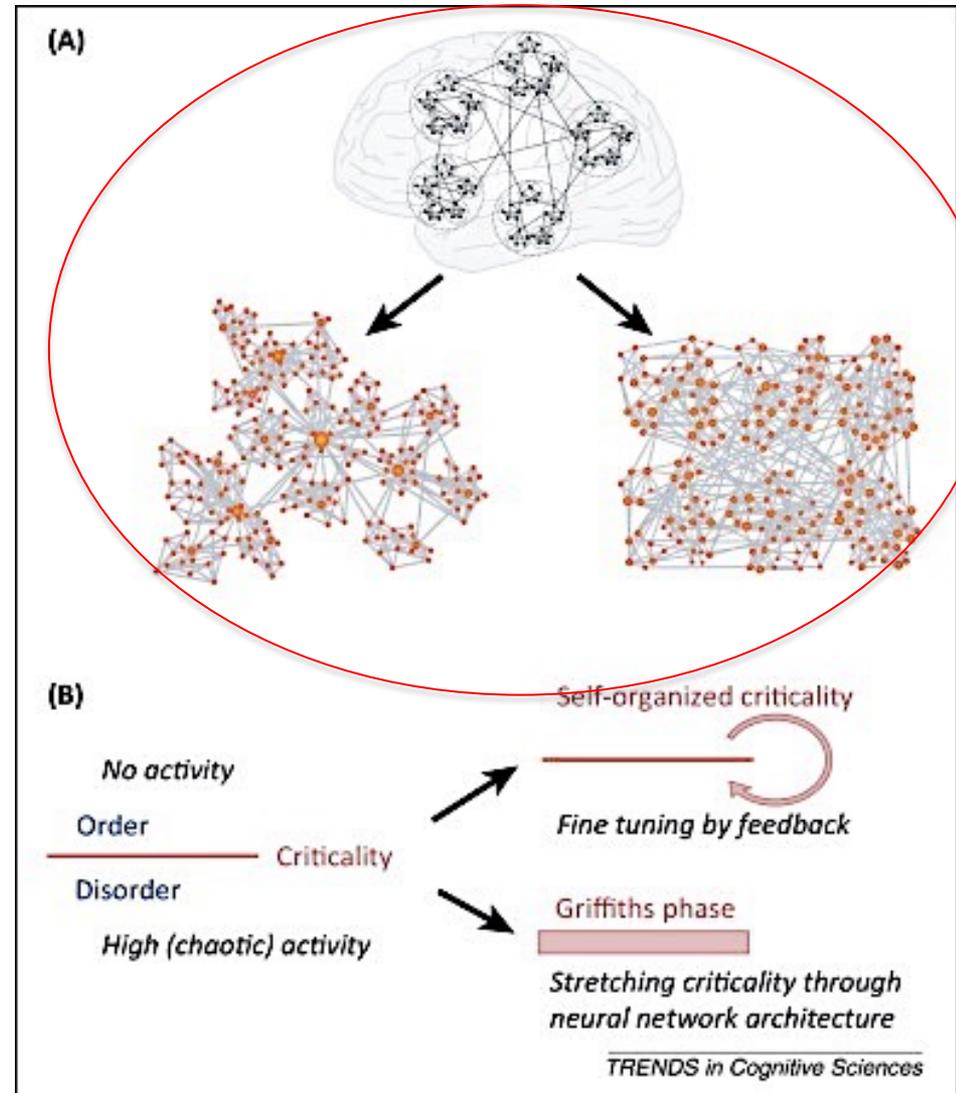
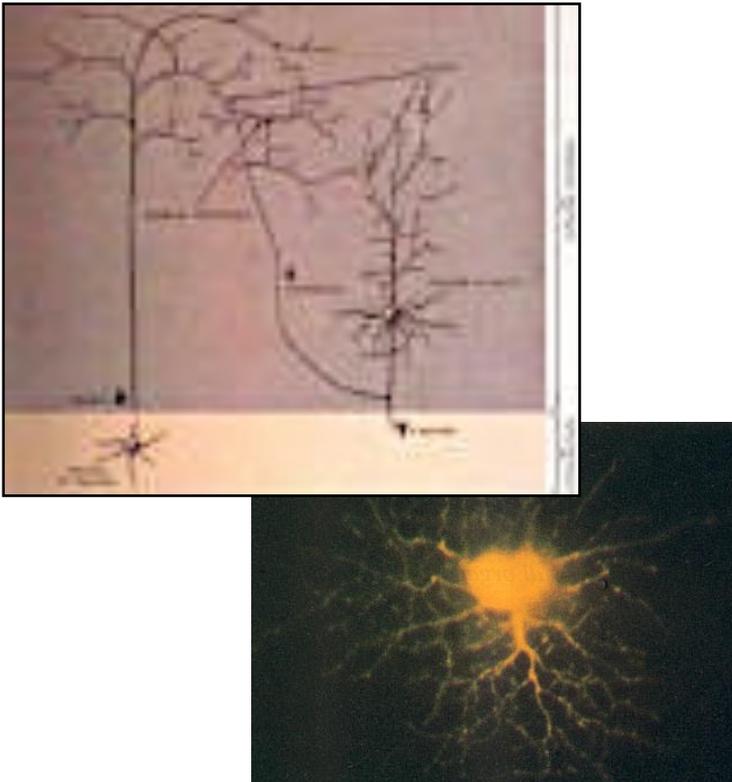
Watts and Strogatz, Nature **393**, 440 (1998)

# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

## Reti di neuroni

**Nodi:** neuroni

**Links:** assoni e sinapsi



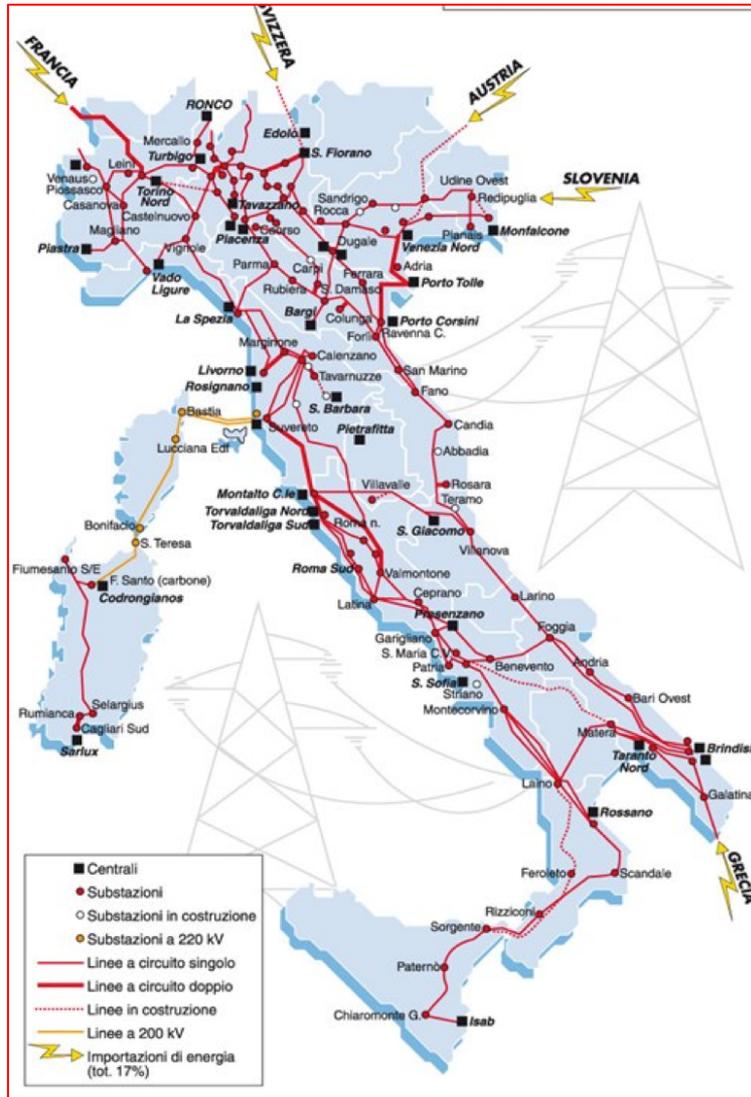
P.Moretti, M.A.Munoz, "Griffiths phases and the stretching of criticality in brain networks", Nature Communications 4, 2521 (2013)

# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

## Reti elettriche

**Nodi:** centrali elettriche

**Links:** reti di distribuzione



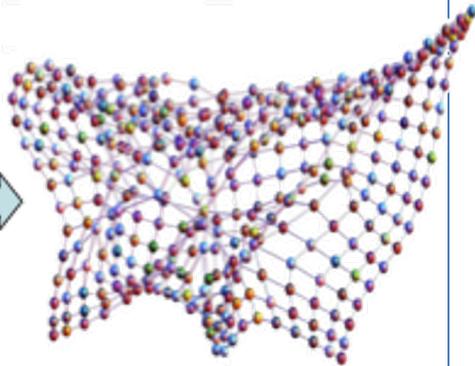
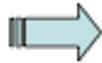
# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

## Reti sismiche OFC model

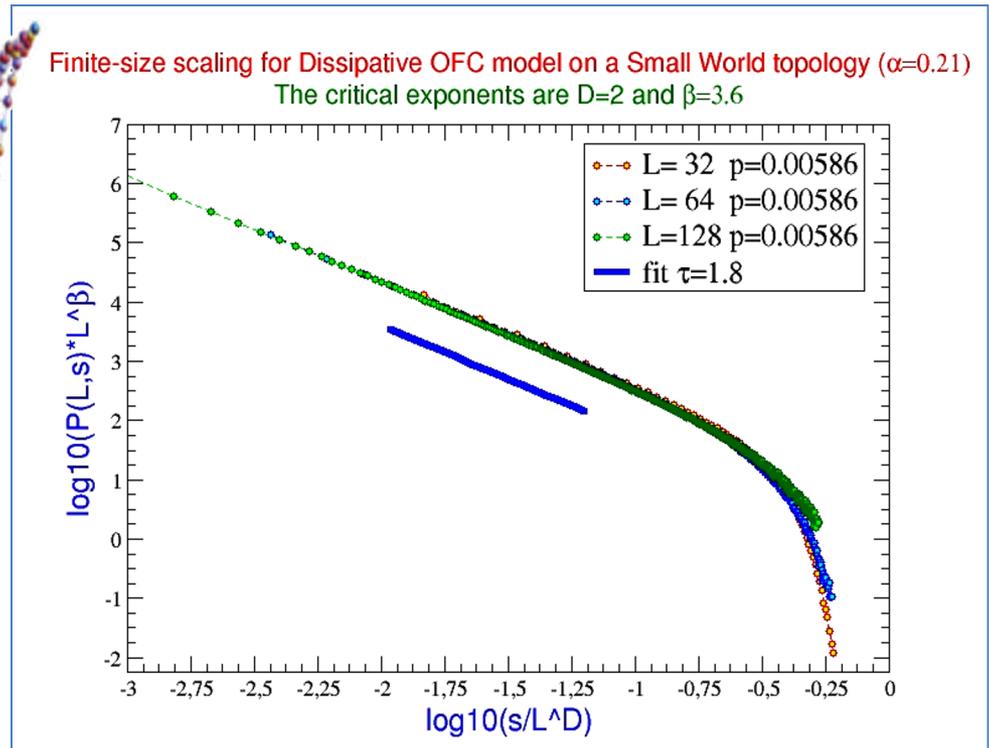
**Nodi:** blocchi che simulano la crosta terrestre  
**Links:** trasferimento di energia



Reticolo  
di blocchi  
regolare



Reticolo  
di blocchi  
Small-World

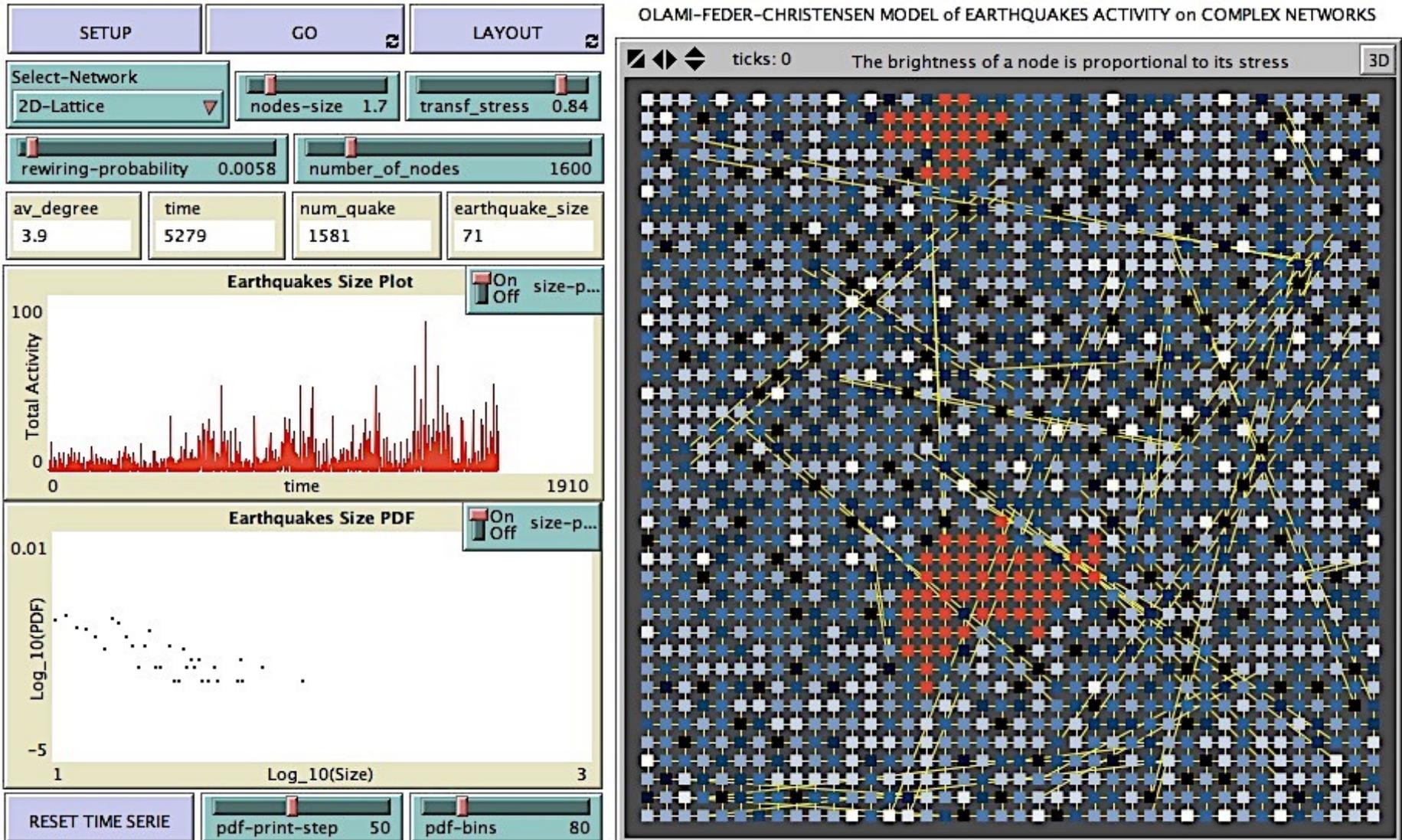


*F.Caruso, V.Latora, A.Pluchino, A.Rapisarda and B.Tadic, Eur. Phys. J. B 50 (2006) 243-247*

*F.Caruso, A.P., V.Latora, S.Vinciguerra, A.Rapisarda, Physical Review E 75 (2007) 055101(R)*

# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

## Il Modello OFC su Small World Network



# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

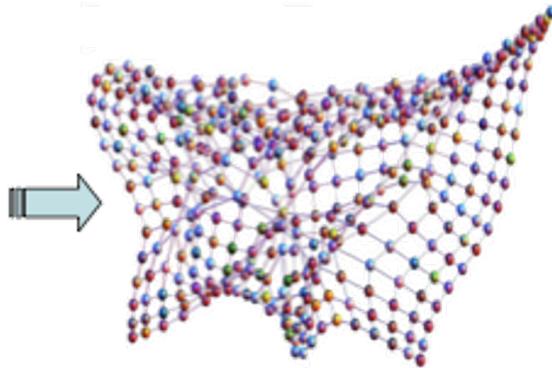
**Reti di trading  
finanziario**

**FQM model**

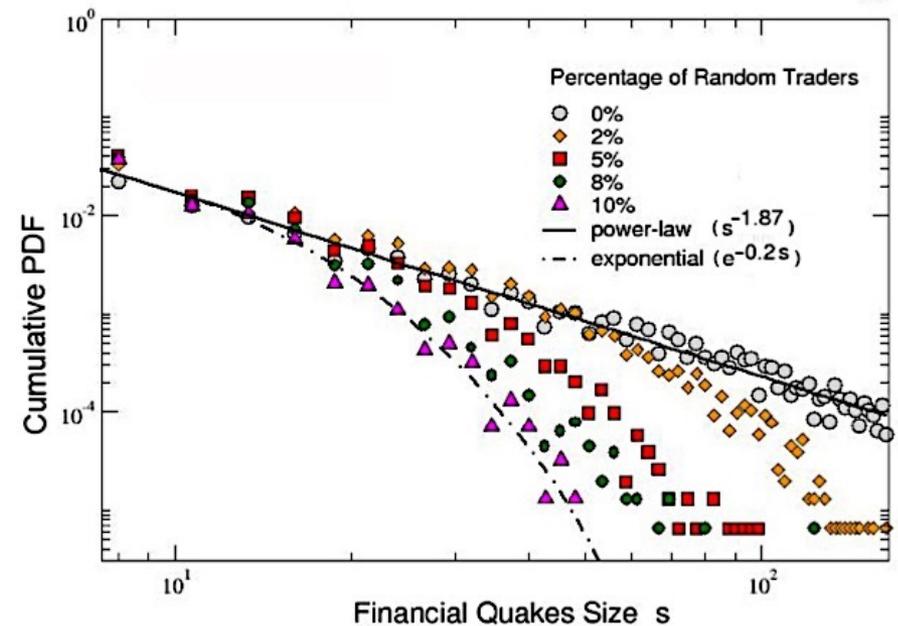
**Nodi**: traders che investono in un mercato finanziario  
**Links**: scambi di informazioni fra i traders



Reticolo  
di traders  
regolare



Reticolo  
di traders  
Small-World

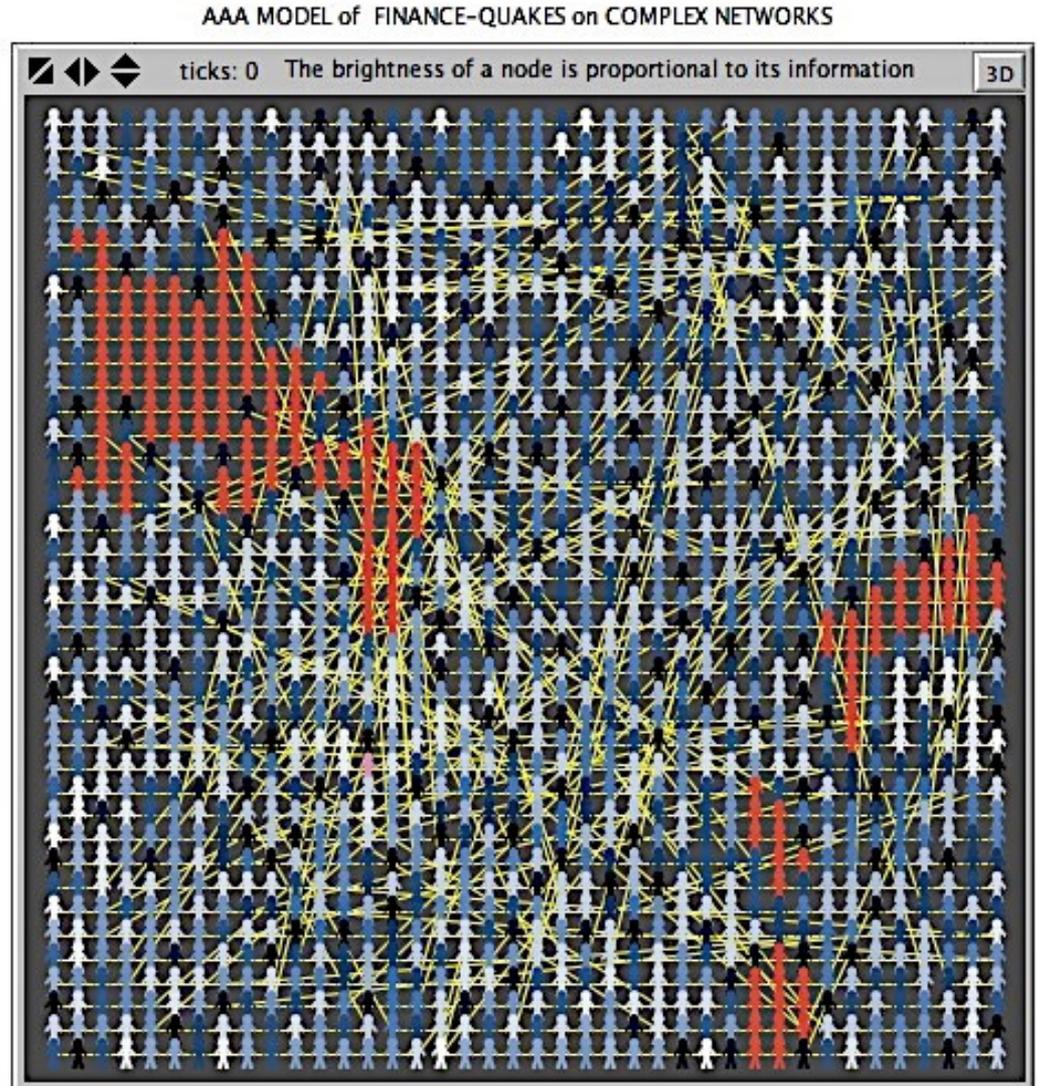
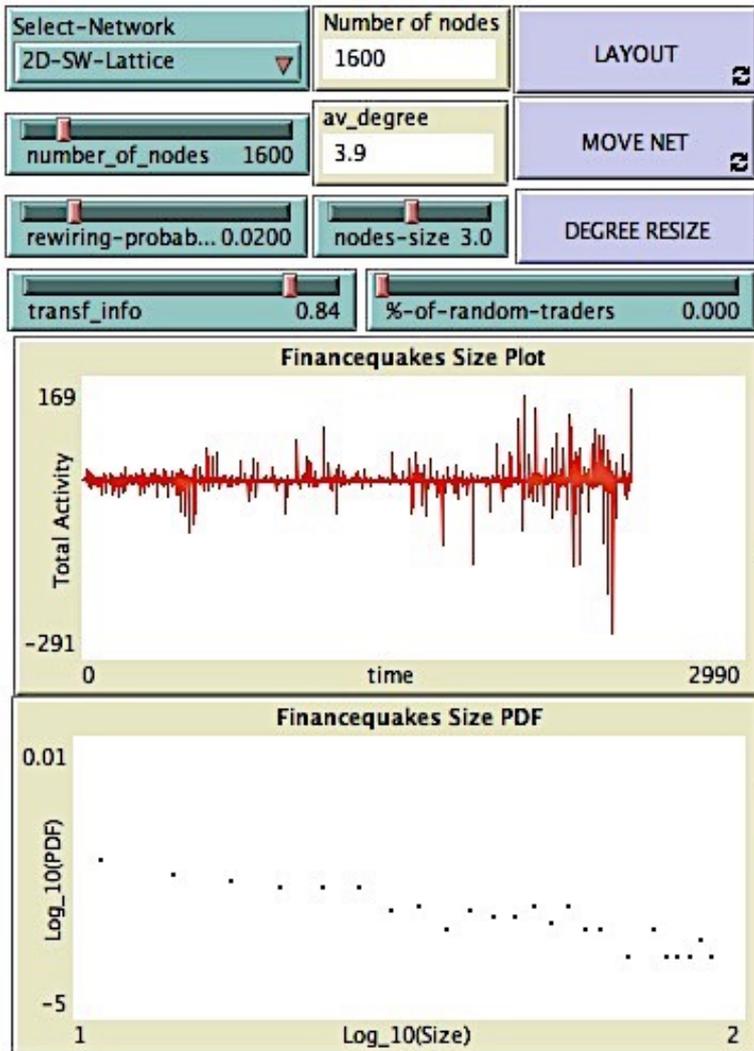


*A.E.Biondo, A.Pluchino, A.Rapisarda, Physical Review E 88 (2013) 062814*

<http://www.pluchino.it/financial-markets.html>

# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

## Il Modello FQM su Small World Network



# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

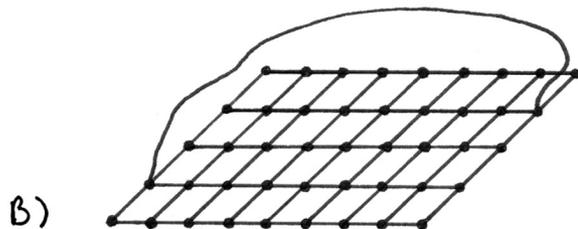
## Reti quantistiche non-locali di siti spaziali “entangled”

**Nodi:** punti dello spazio

**Links:** collegamenti “non-locali” a lungo raggio



Reticolo  
spaziale  
regolare



Reticolo  
Spaziale  
Small-World  
(entangled)

Figura 12.

Località disordinata. A) Un reticolo di punti, immerso nello spazio, che chiamiamo locale perché punti che sono distanti in termini di passi sul reticolo sono distanti anche nello spazio in cui è immerso. B) L'aggiunta di un nuovo collegamento tra due punti distanti distrugge la località perché i punti collegati sono ancora lontani nello spazio, ma distano solo un passo sul reticolo.



*F.Markopoulou, L.Smolin, Class.Quant.Grav. 24 (2007) 3813-3824 - <https://arxiv.org/abs/gr-qc/0702044>*

*J.Maldacena, L.Susskind, Progress of Physics Vol.61 Issue 9 (2013) - <https://arxiv.org/abs/1306.0533>*

# RETI SMALL-WORD EGUALITARIE

## Reti quantistiche non-locali di siti spaziali “entangled”

**Nodi:** punti dello spazio

**Links:** collegamenti “non-locali” a lungo raggio

Più gli oggetti corrispondenti ai sottografi sono simili, più interagiscono non-localmente



Figura 13.

I primi e i secondi intorni di Sara e Silvia, definiti dalle connessioni del grafo di cui fanno parte, sono identici, ma a partire dal terzo grado i loro intorni permettono di distinguerle.

Lee Smolin  
**La rivoluzione  
incompiuta di Einstein**

La ricerca di ciò che c'è al di là dei quanti



2020

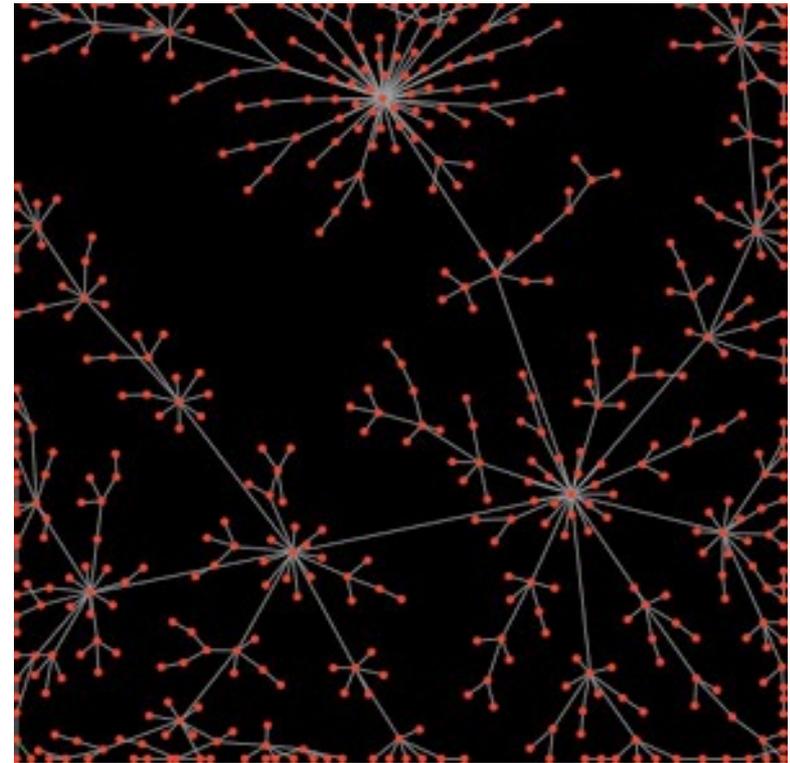
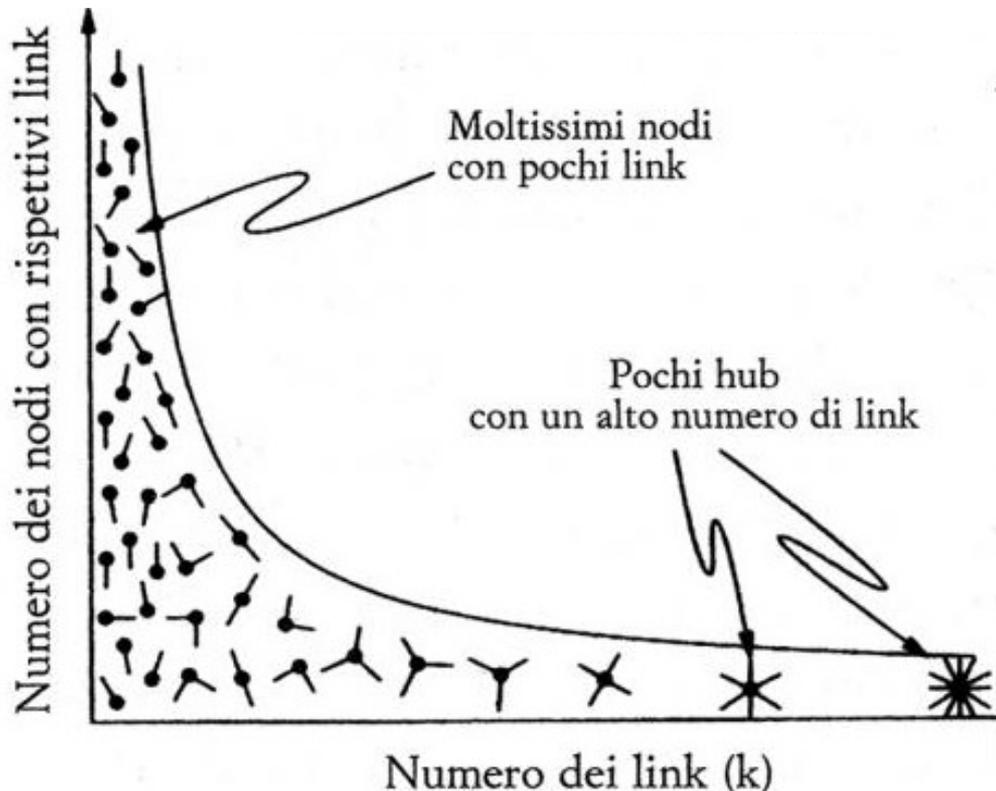
Einaudi

*F.Markopoulou, L.Smolin, Class.Quant.Grav. 24 (2007) 3813-3824 - <https://arxiv.org/abs/gr-qc/0702044>*

*J.Maldacena, L.Susskind, Progress of Physics Vol.61 Issue 9 (2013) - <https://arxiv.org/abs/1306.0533>*

# RETI SMALL-WORD ARISTOCRATICHE

Non tutte le reti Small Word sono egualitarie: anzi, la maggior parte delle reti complesse esistenti in natura sono **'aristocratiche'**: la stragrande maggioranza dei nodi ha pochi links, ma esistono pochissimi **nodi iperconnessi, i cosiddetti "hub"**!

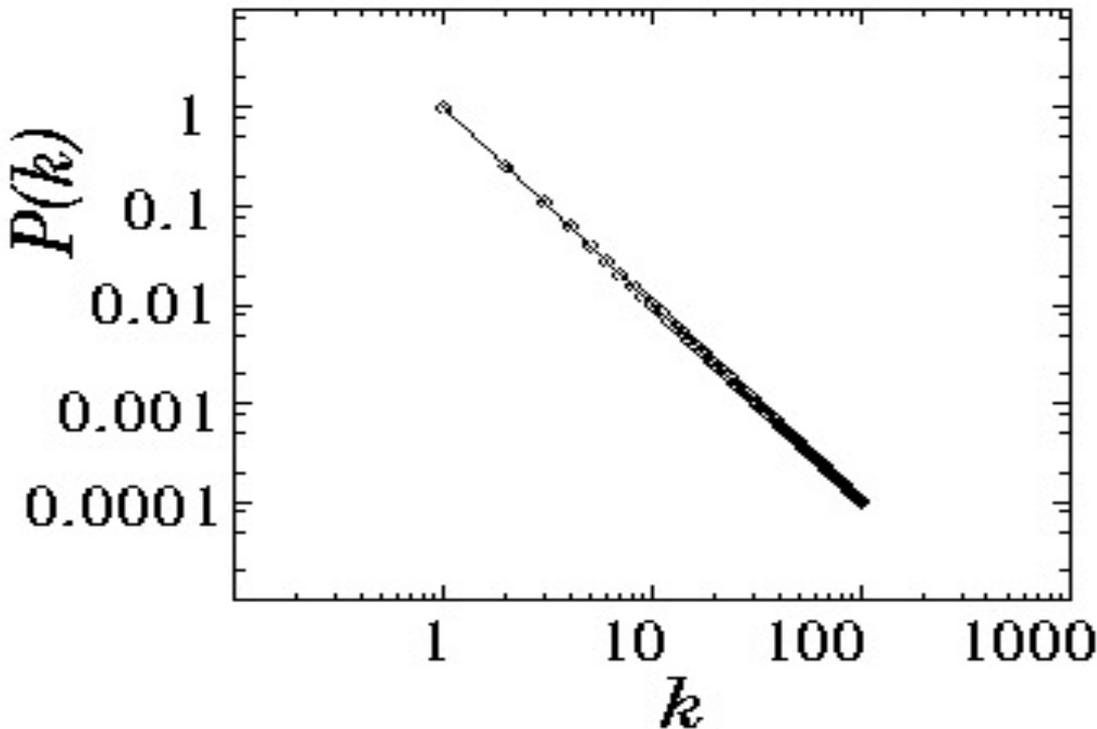


# RETI SMALL-WORD ARISTOCRATICHE

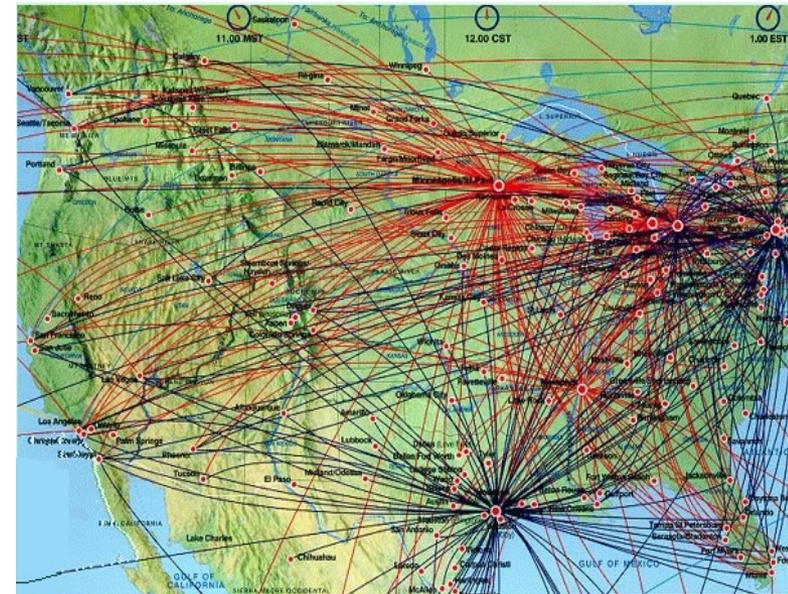
Queste reti sono **prive di una scala tipica** (la media del numero dei links non ha alcun particolare significato) dunque vengono anche dette reti **«Scale Free»**, caratterizzate da una distribuzione dei links a legge di potenza.

**Legge di Potenza!**

*La Firma della Complessità*



Rete dei collegamenti aerei

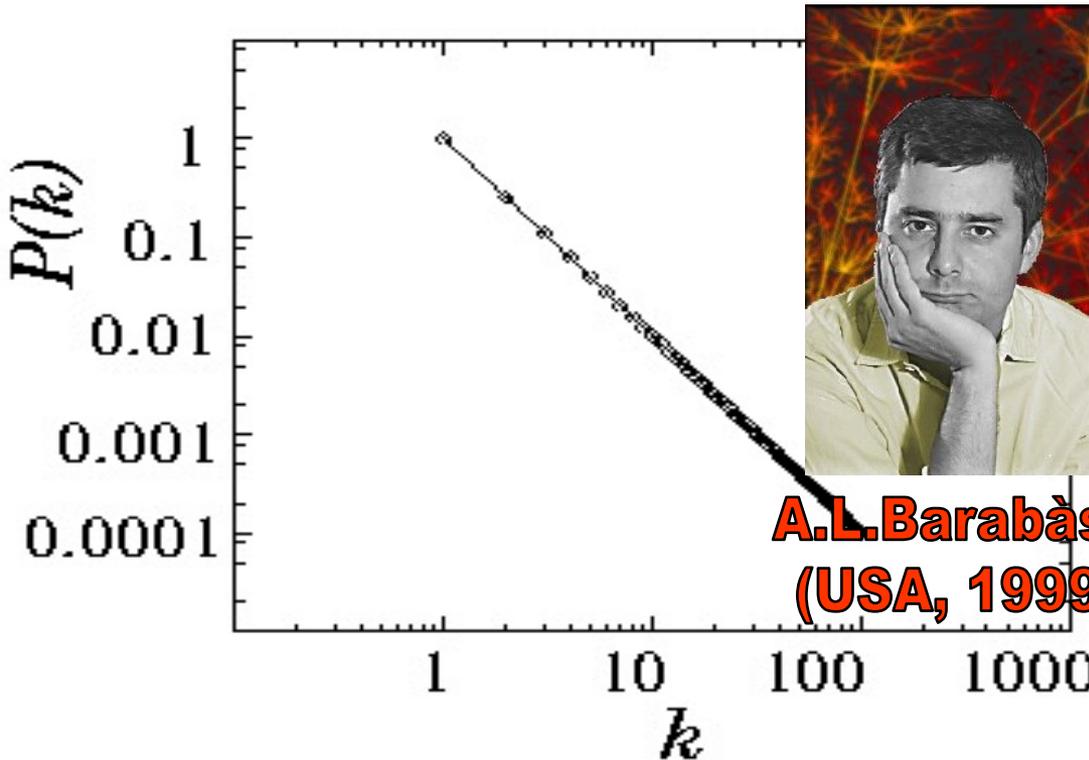


# RETI SMALL-WORD ARISTOCRATICHE

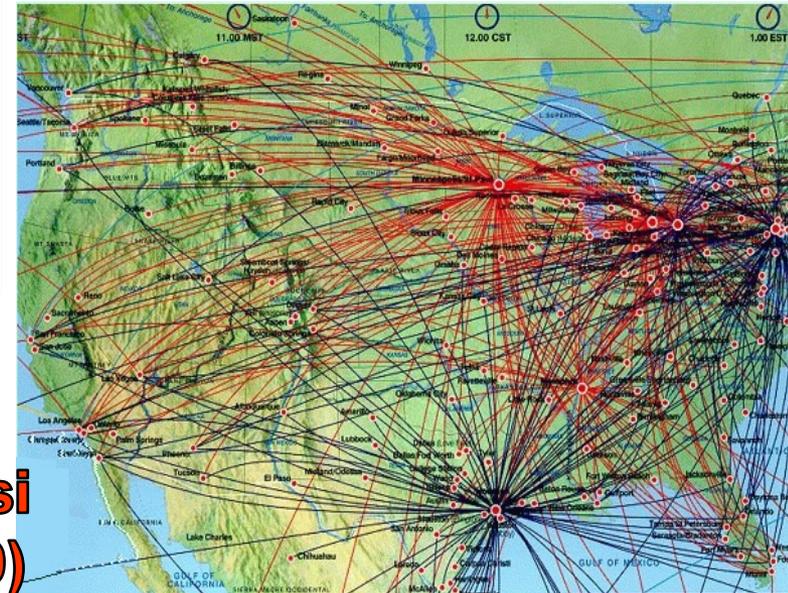
Queste reti sono **prive di una scala tipica** (la media del numero dei links non ha alcun particolare significato) dunque vengono anche dette reti **«Scale Free»**, caratterizzate da una distribuzione dei links a legge di potenza.

*La Firma della Complessità* 

**Legge di Potenza!**

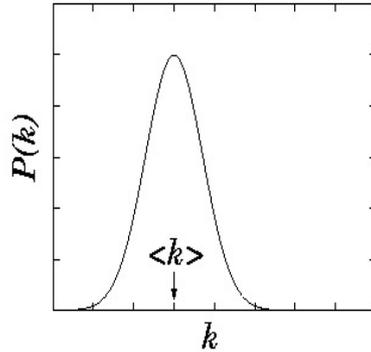


**Rete dei collegamenti aerei**



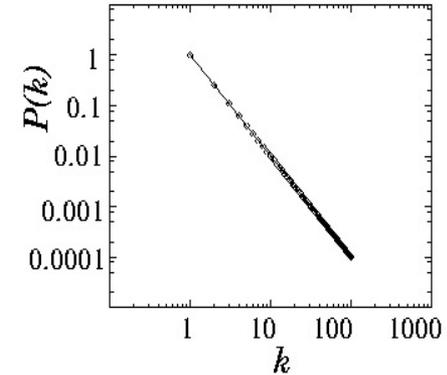
# IN CONCLUSIONE: esistono due tipi fondamentali di reti Small World:

Gaussiana



**Distribuzioni  
dei links**

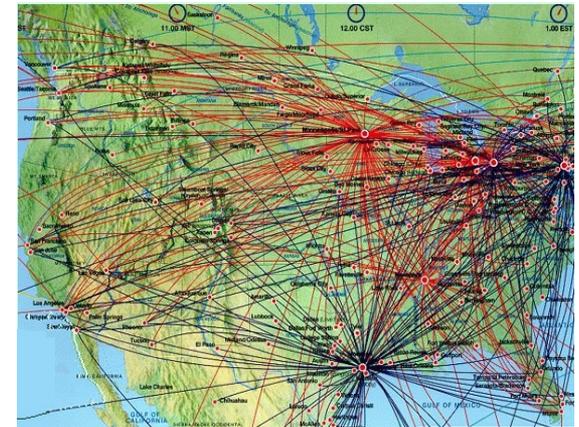
Legge di Potenza



**Reti "Egalitarie":**  
hanno una scala  
caratteristica e non  
hanno "hub"



**A.L. Barabási  
(USA, 1999)**



**Reti "Aristocratiche":**  
sono prive di scala  
(reti "Scale Free") ma  
dotate di "hub"

**LE RETI "SCALE FREE" SONO DAPPERTUTTO  
ATTORNO A NOI!**



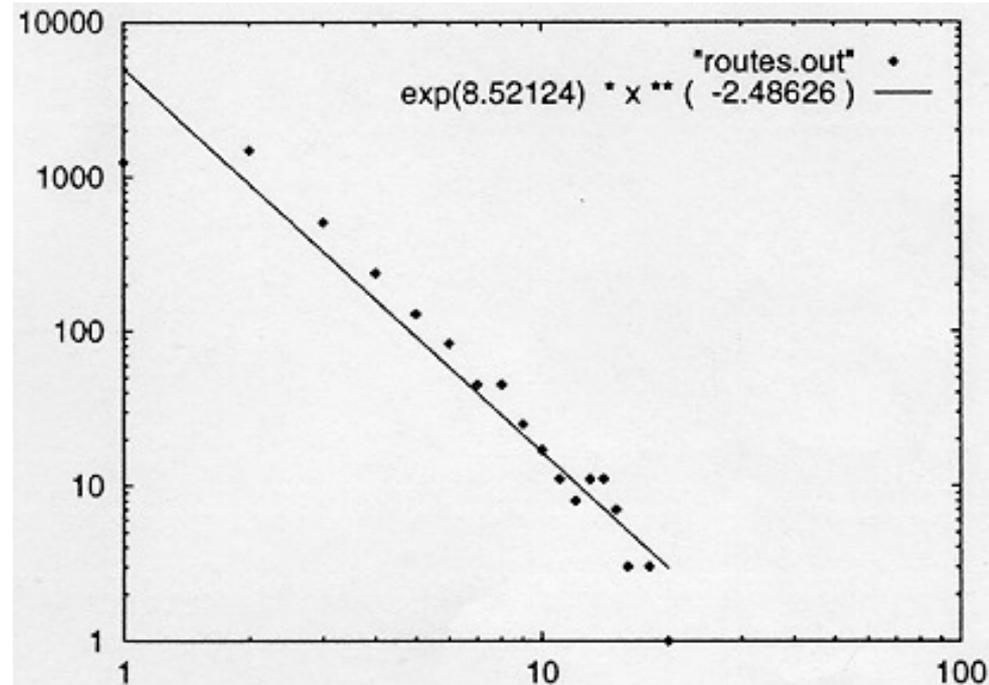
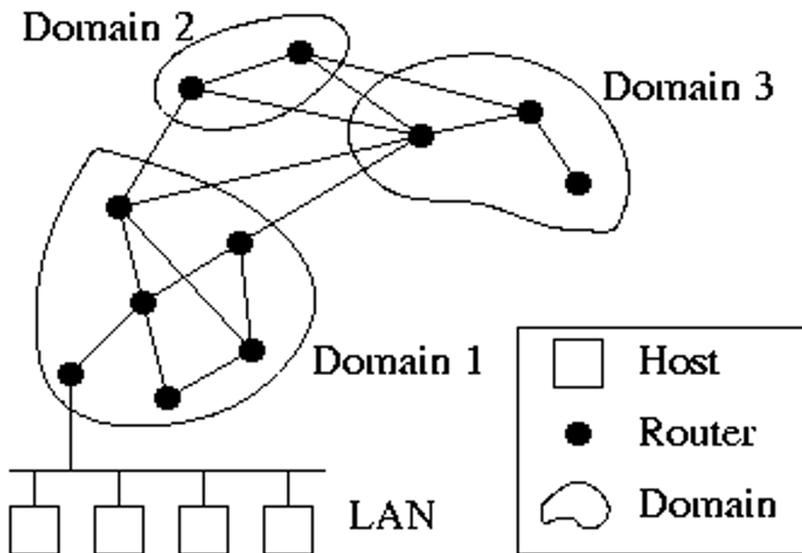
*La Legge di Potenza*



# INTERNET

Nodi: computers, routers

Links: linee di telecomunicazione

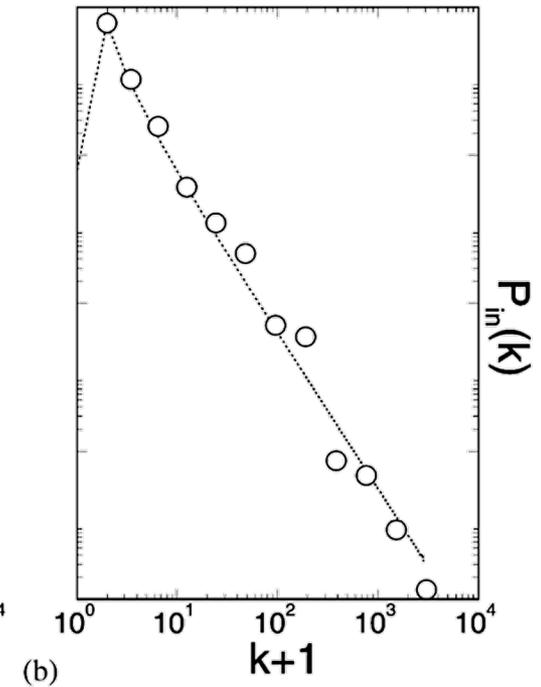
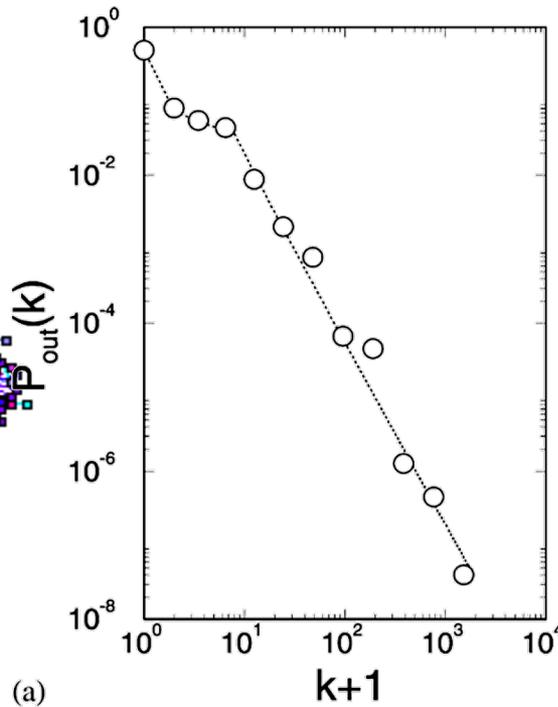
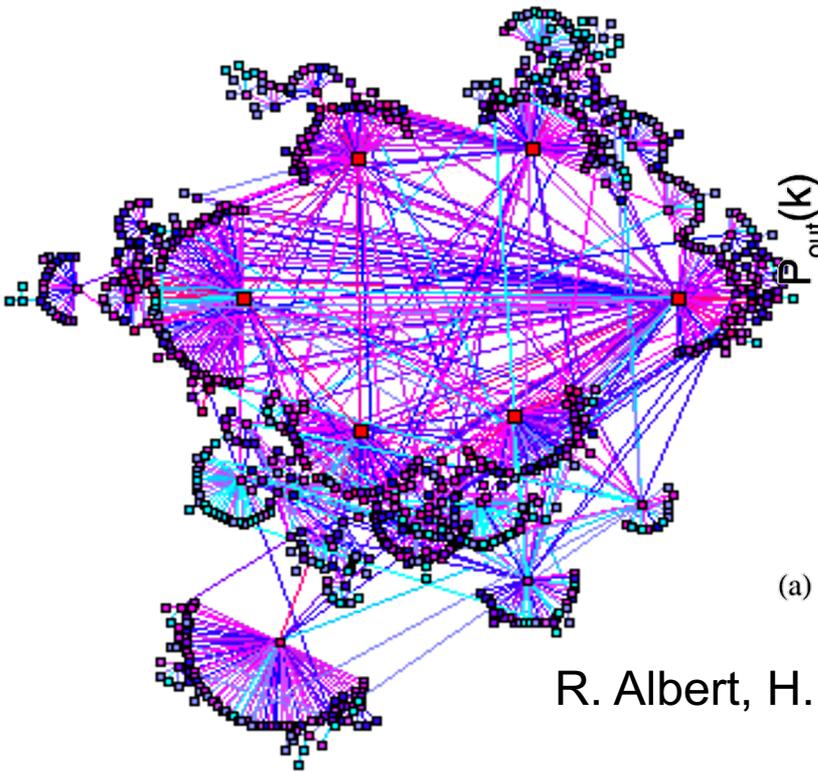


(Faloutsos, Faloutsos and Faloutsos, 1999)

# World Wide Web

Nodes: WWW documents

Links: URL links



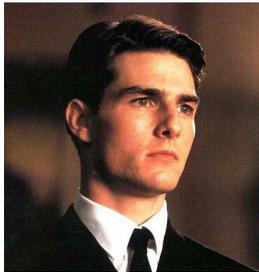
R. Albert, H. Jeong, A-L Barabasi, Nature, **401** 130 (1999)

# RETE delle COLLABORAZIONI CINEMATOGRAFICHE

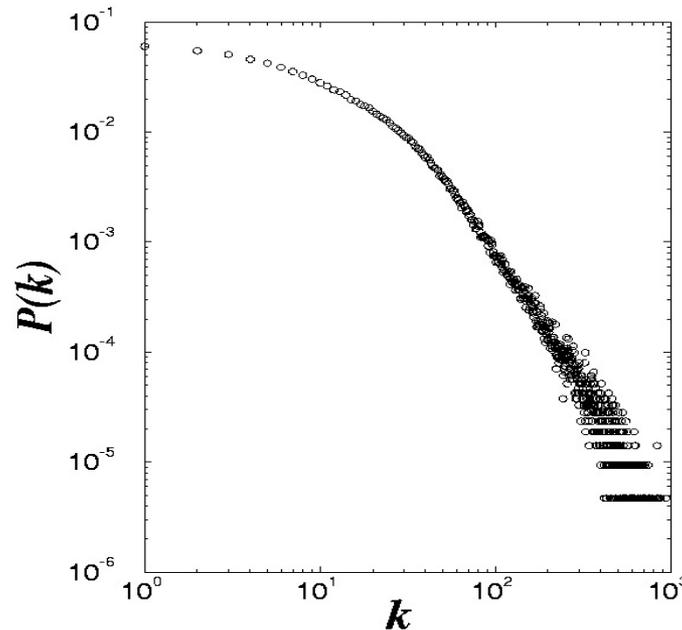
Nodi: attori

Links: film comuni

IMDb Internet Movie Database



Days of Thunder (1990)  
Far and Away (1992)  
Eyes Wide Shut (1999)



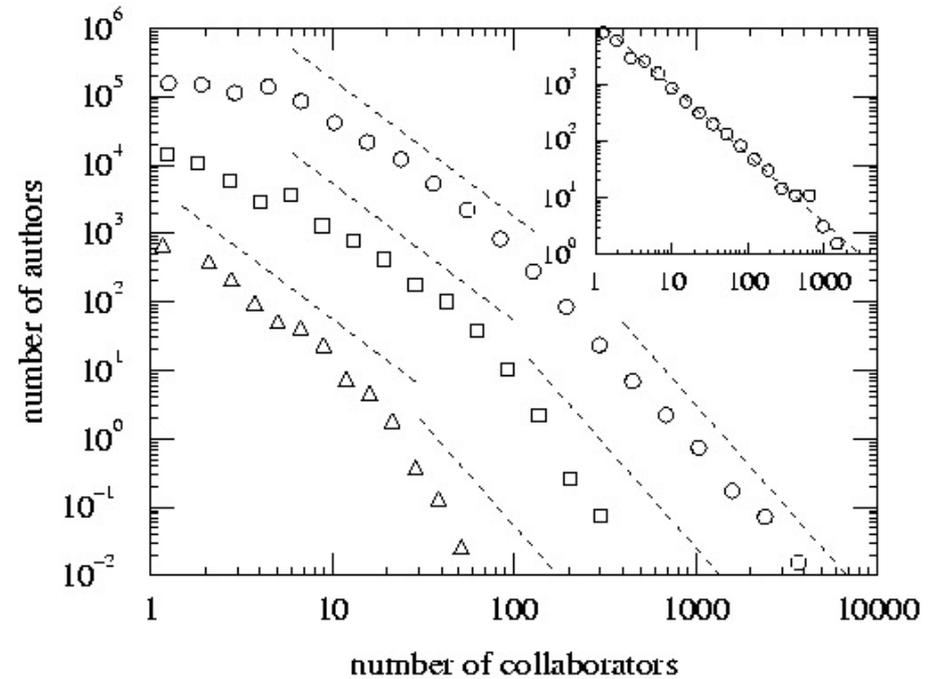
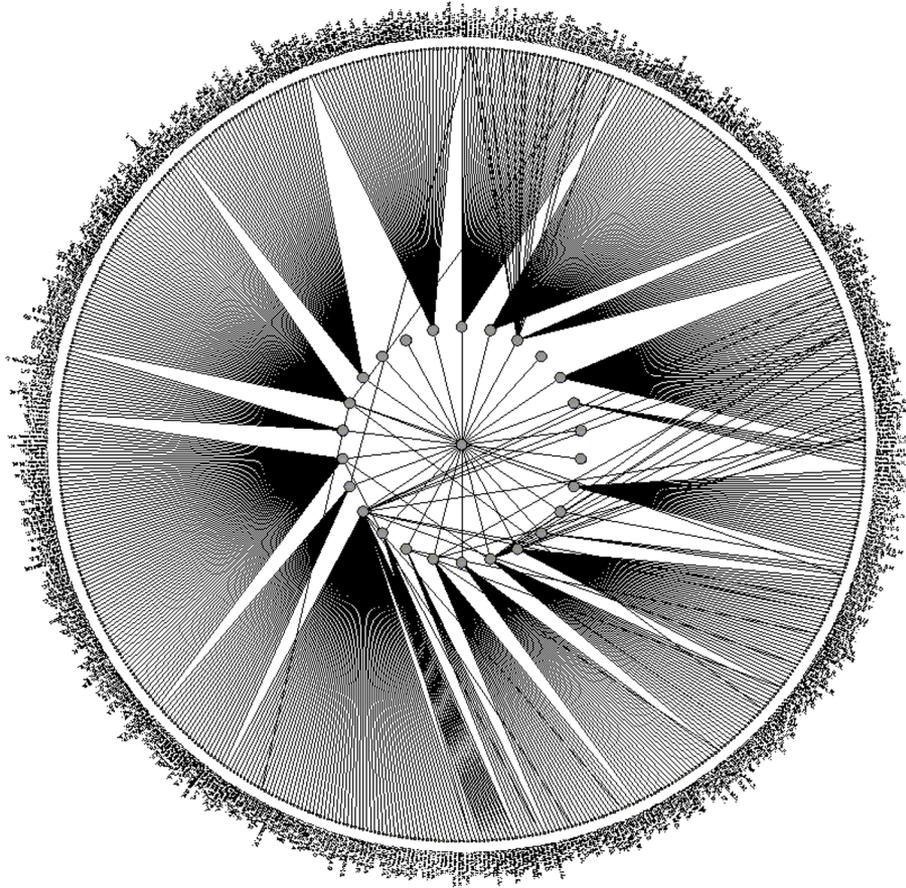
$N = 212,250$  actors

$$P(k) \sim k^{-2.3}$$

# RETE delle COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE

Nodi: scienziati (autori)

Links: articoli in comune

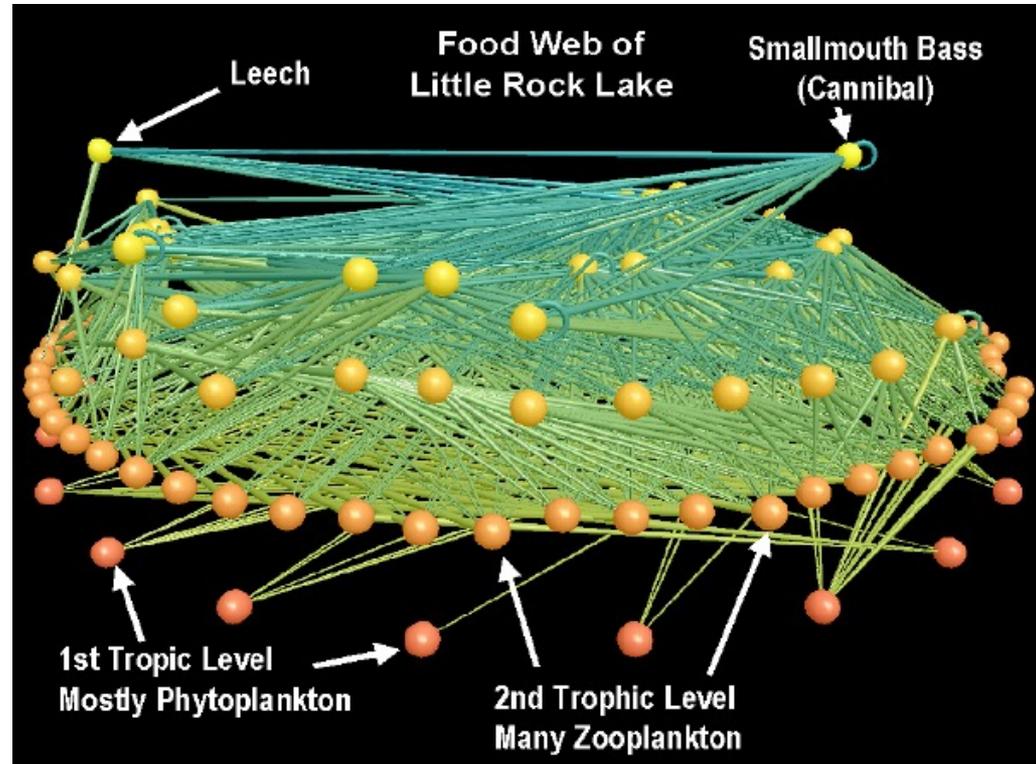
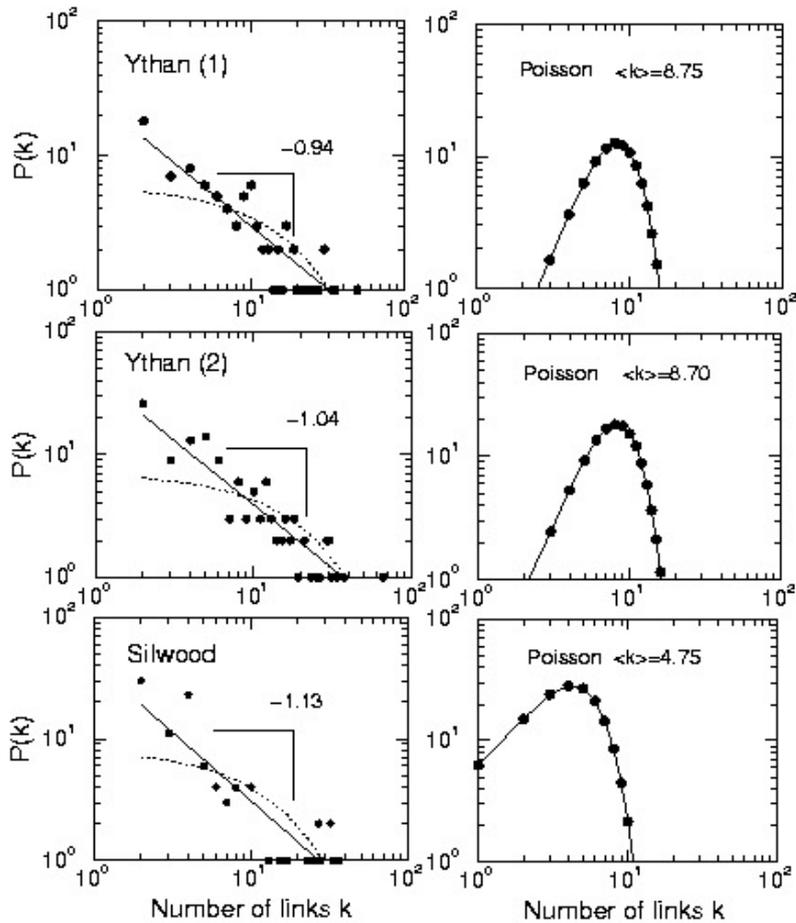


(Newman, 2000, H. Jeong et al 2001)

# RETI ALIMENTARI - FOOD WEBS

Nodi: specie

Links: interazione preda-predatore



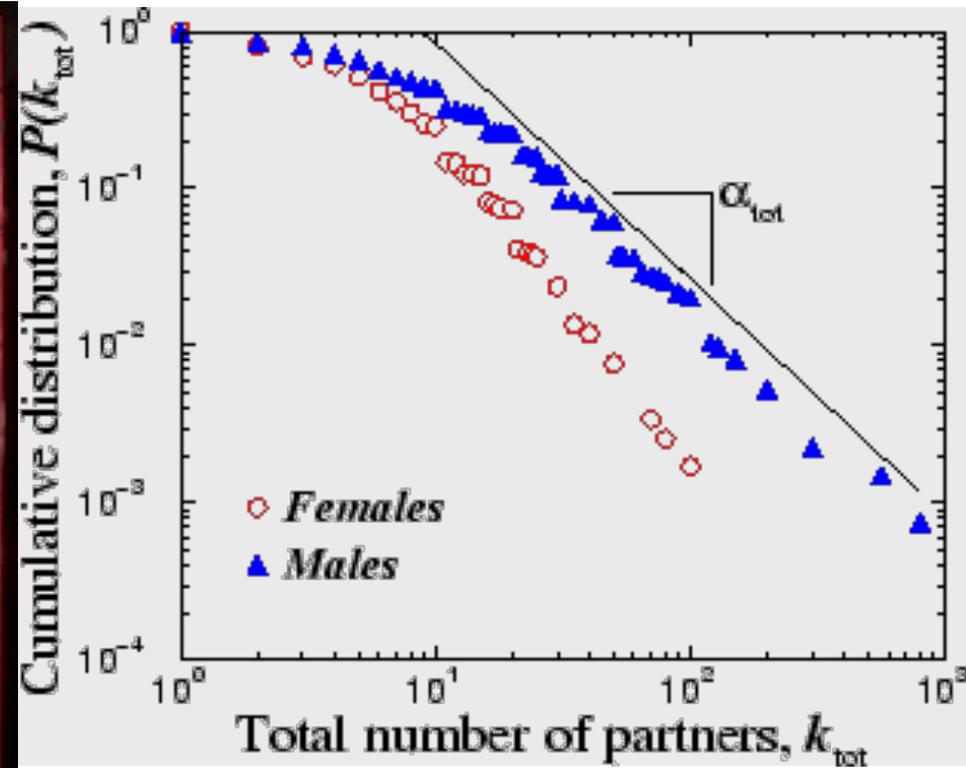
R.J. Williams, N.D. Martinez *Nature* (2000)

R. Sole (cond-mat/0011195)

# RETI EPIDEMICHE

**Nodi:** persone (femmine;maschi)

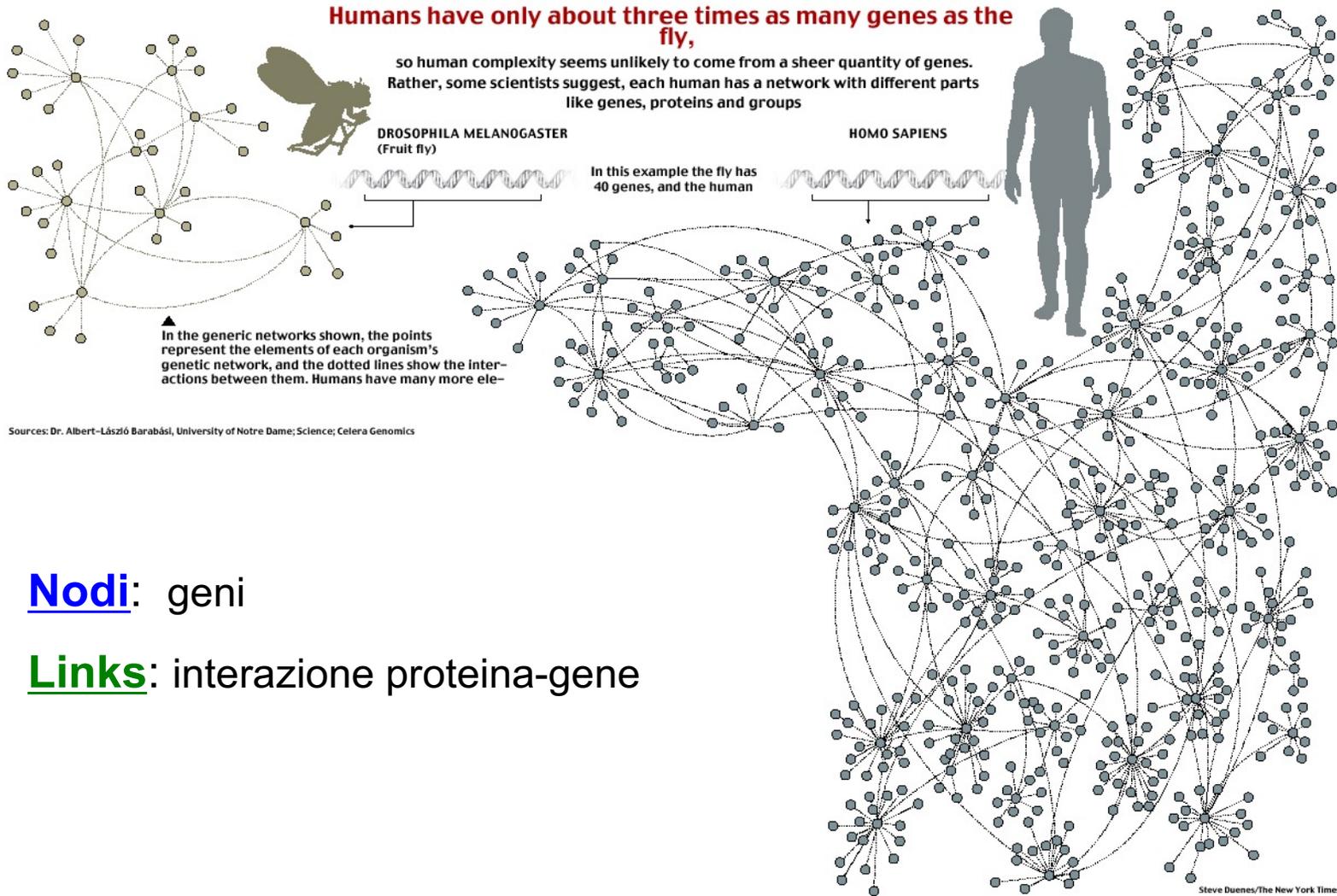
**Links:** contatti sessuali



4781 Svedesi; 18-74;  
59% percentuale di risposta.

Liljeros et al. Nature 2001

# RETI GENICHE



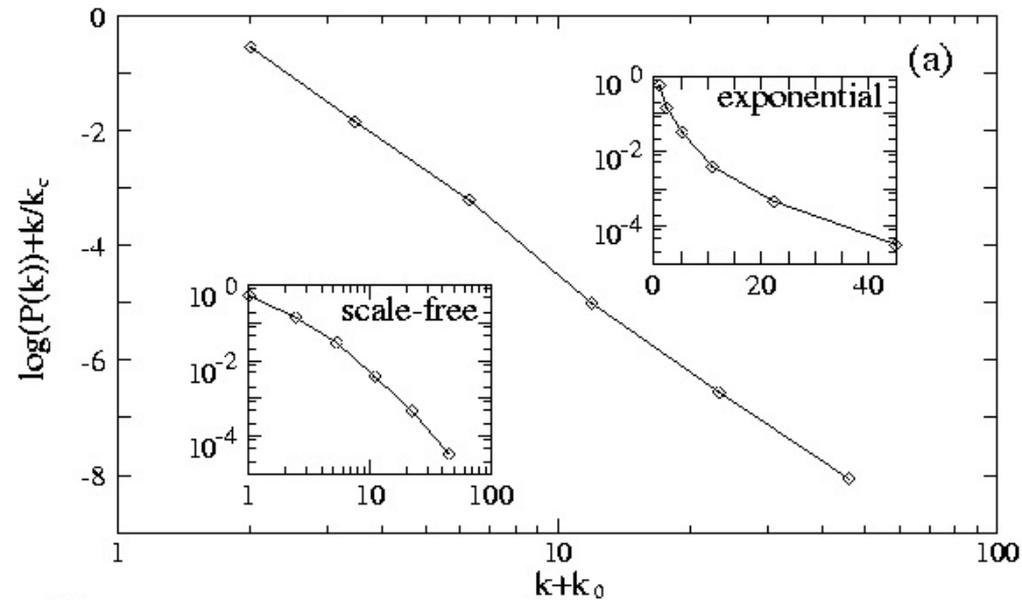
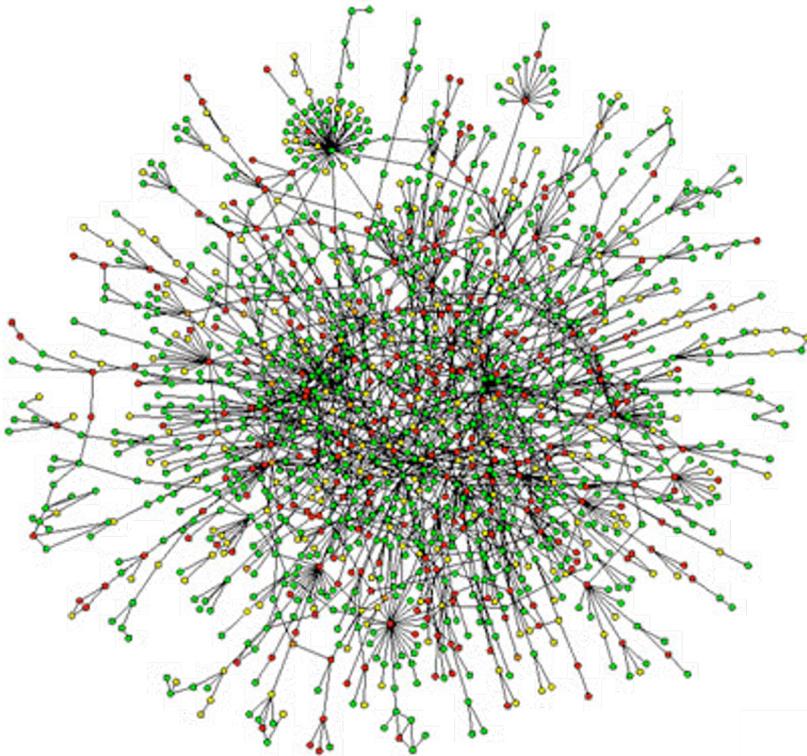
**Nodi:** geni

**Links:** interazione proteina-gene

# RETI di PROTEINE

Nodi: proteine

Links: interazioni proteina-proteina

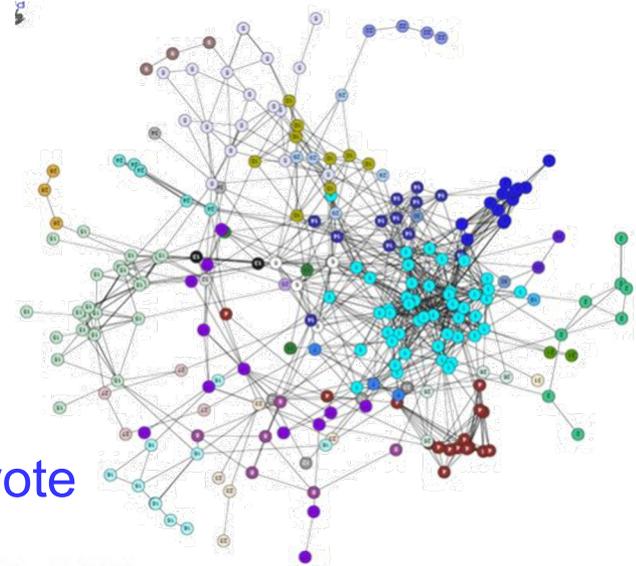


H. Jeong, S.P. Mason, A.-L. Barabasi, Z.N. Oltvai, Nature 411, 41-42 (2001)

# RETI METABOLICHE

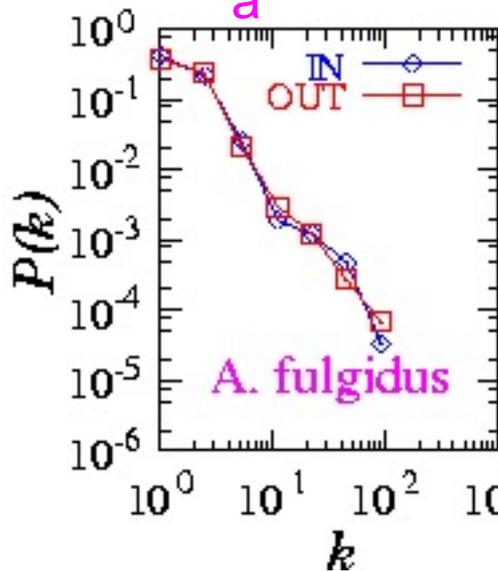
Nodi: molecole

Links: reazioni biochimiche

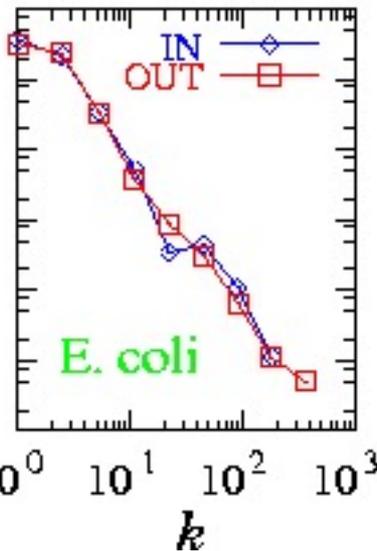


Archae

a

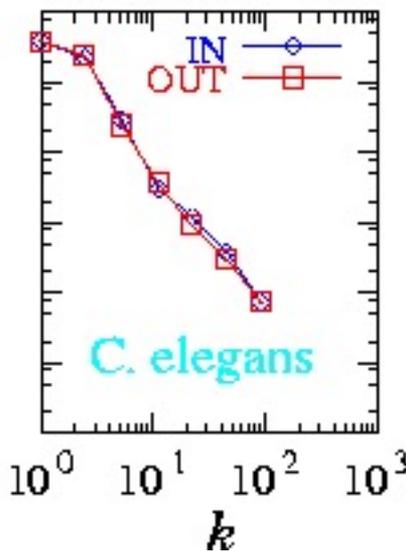


Bacteria



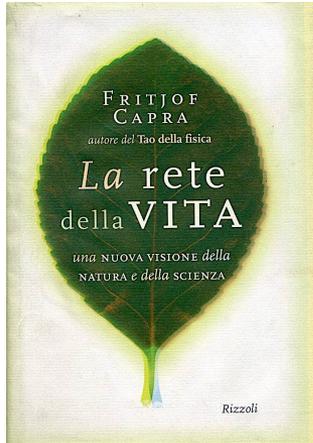
Eukaryote

s

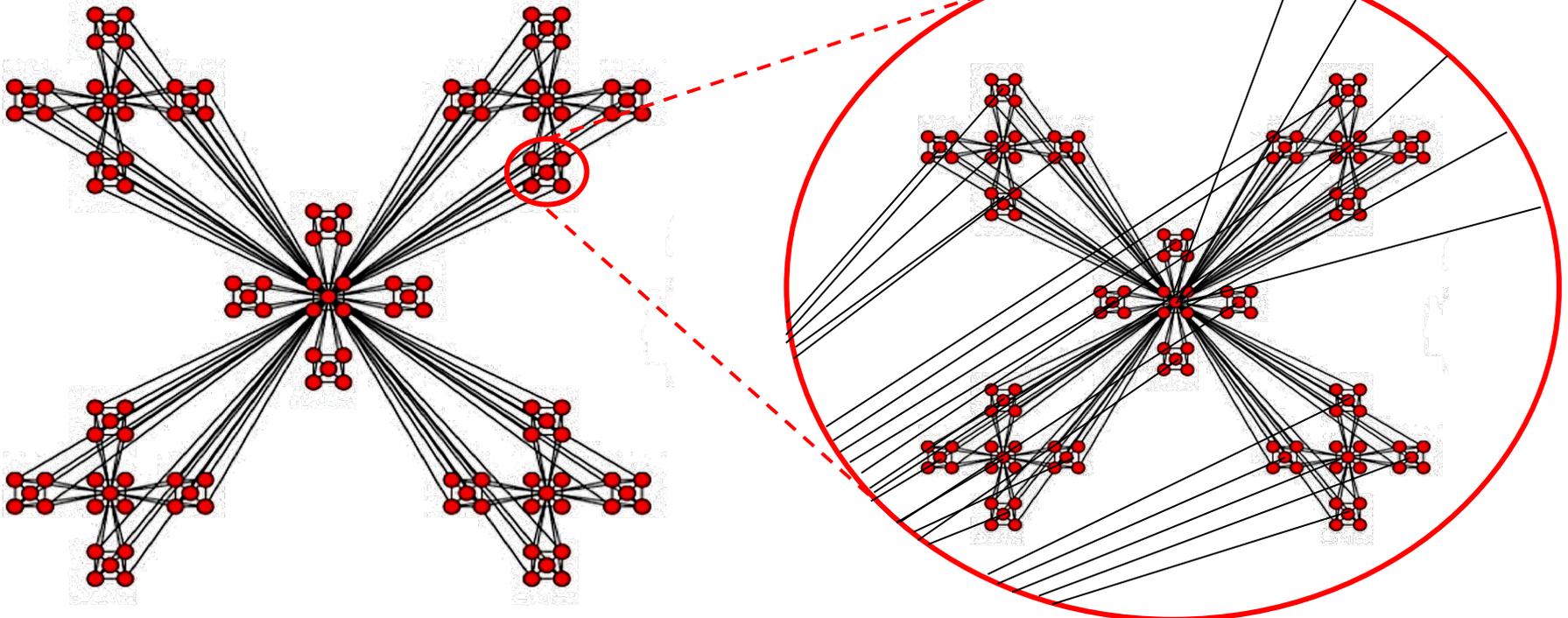


Le reti metaboliche degli organismi dei 3 domini della vita sono **scale-free** networks!

# Reti "Scale Free" Gerarchiche: decifrare la Rete della Vita



«[...] La trama della vita è fatta di reti all'interno di reti. A ogni scala d'ingrandimento, in osservazioni piu` ravvicinate, i nodi della rete si rivelano come reti piu` piccole. La nostra tendenza è quella di ordinare questi sistemi, inseriti tutti all'interno di sistemi piu` grandi, secondo uno schema gerarchico, ponendo i sistemi piu` grandi al di sopra di quelli piu` piccoli in una struttura a piramide. Ma questa è una rappresentazione umana. In natura non c'è alcun «sopra» o «sotto», e non esistono gerarchie. Ci sono solo reti dentro altre reti...»



**MA COME SI FORMANO QUESTE RETI?**



In realtà il meccanismo è molto semplice ed è ben noto a tutti...

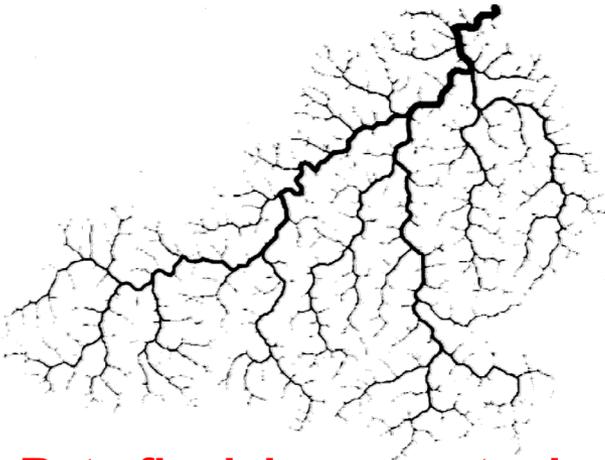
## I ricchi diventano sempre più ricchi!



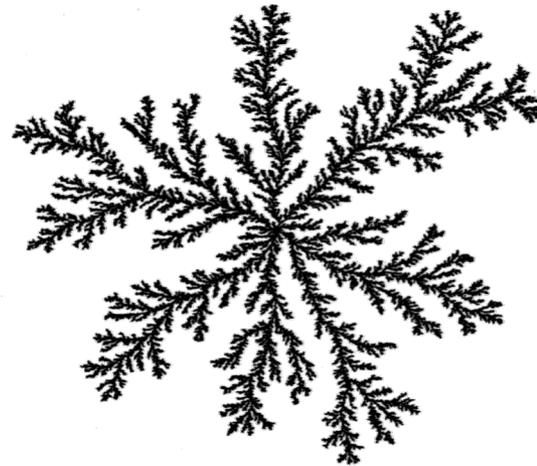
In sociologia questo meccanismo del “*the rich get richer*” è conosciuto come “**Effetto San Matteo**” (*Matthew effect*), dal noto passo evangelico:

« ...a chi ha verrà dato, in modo che abbia ancor più in abbondanza; ma a chi non ha, verrà tolto anche quello che sembra avere. » ([Vangelo secondo Matteo](#), XXV 25-29)

...ma molti sono gli esempi anche in natura, che danno luogo a strutture dotate di autosimilarità:...



**Rete fluviale generata da un processo di erosione**



**Aggregazione di molecole limitata dalla diffusione**

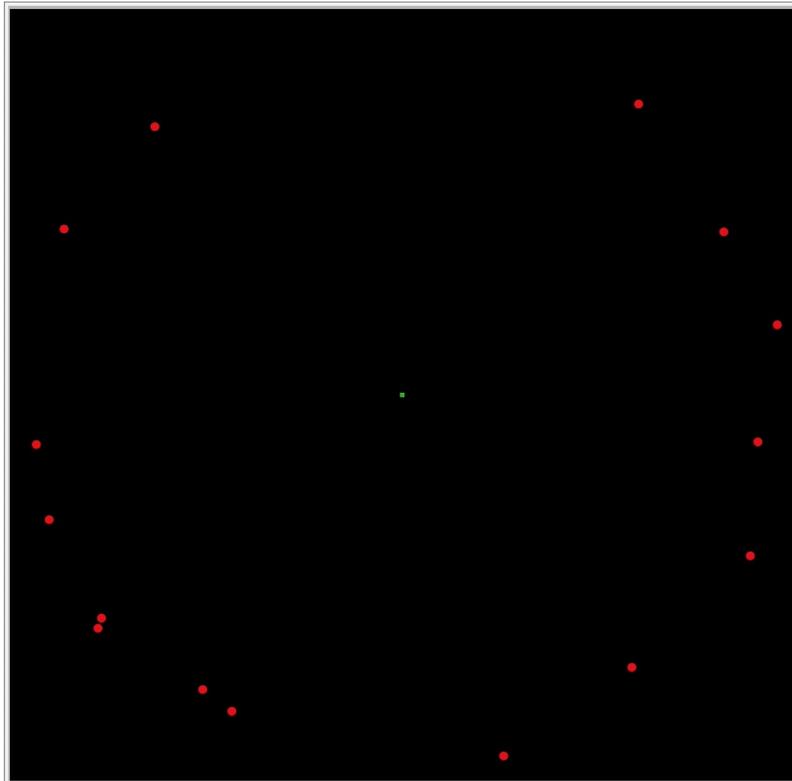
In realtà il meccanismo è molto semplice ed è ben noto a tutti...

## I ricchi diventano sempre più ricchi!

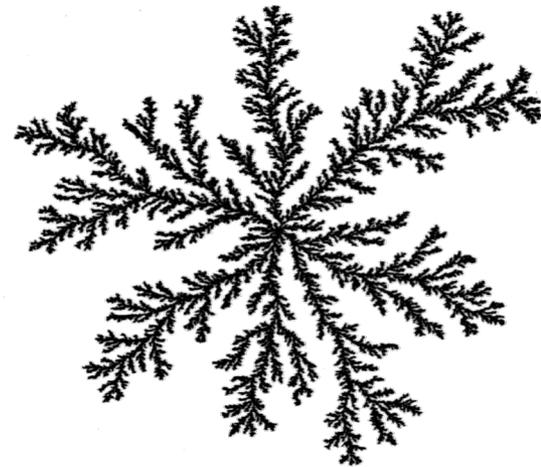


In sociologia questo meccanismo del “*the rich get richer*” è conosciuto come “**Effetto San Matteo**” (*Matthew effect*), dal noto passo evangelico:

« ...a chi ha verrà dato, in modo che abbia ancor più in abbondanza; ma a chi non ha, verrà tolto anche quello che sembra avere. » ([Vangelo secondo Matteo](#), XXV 25-29)



DLA.nlogo



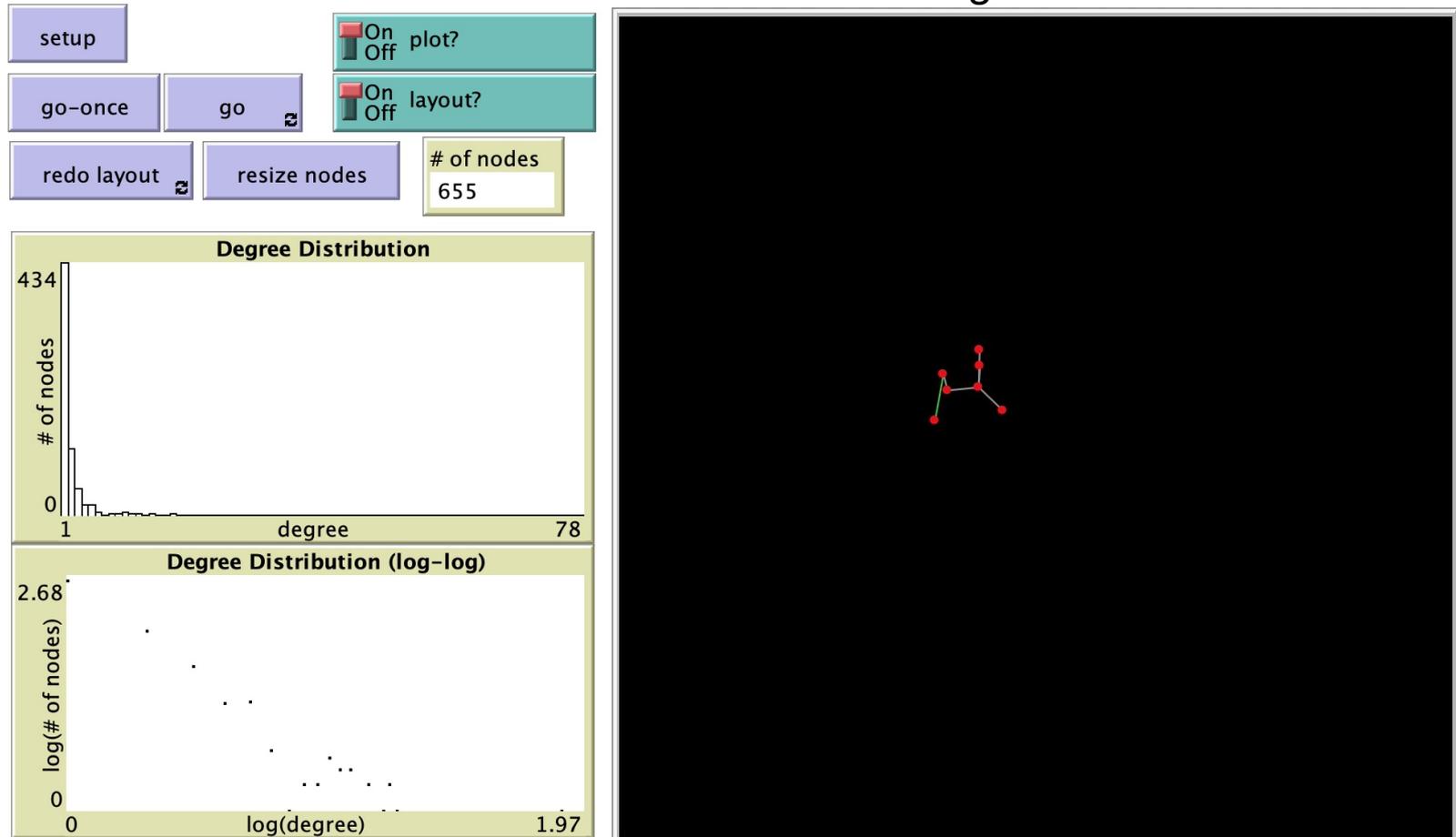
**Aggregazione di molecole  
limitata dalla diffusione**

# PREFERENTIAL ATTACHMENT

(Barabasi-Albert 1999)

Si può dimostrare che l'applicazione iterata di questa semplice regola tende a produrre spontaneamente una **distribuzione dei links a legge di potenza** nelle reti complesse.

## Preferential-attachment.nlogo



# PREFERENTIAL ATTACHMENT

(Barabasi-Albert 1999)

Si può dimostrare che l'applicazione iterata di questa semplice regola tende a produrre spontaneamente una **distribuzione dei links a legge di potenza** nelle reti complesse.

**I nodi ricchi di links diventano sempre più ricchi di links, ma...**

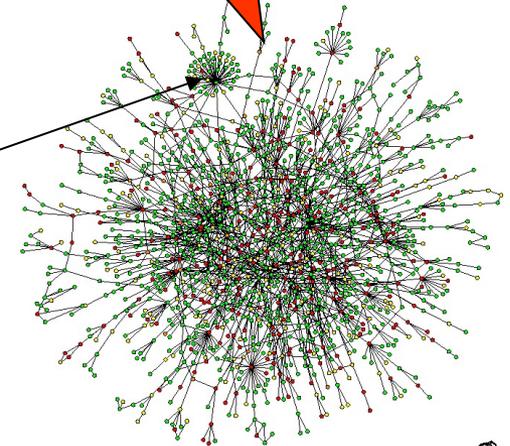
**...se ci sono costi o limiti di carico (es. Centrali Elettriche)**



**Reti small world  
egualitarie**

**...se non c'è alcun costo o limite di carico (es. Pagine Web)**

**Si formano gli "hub", cioè i nodi iperconnessi**



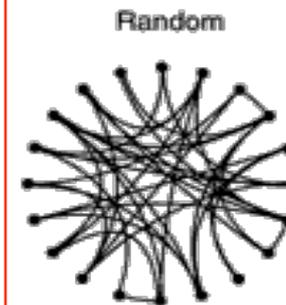
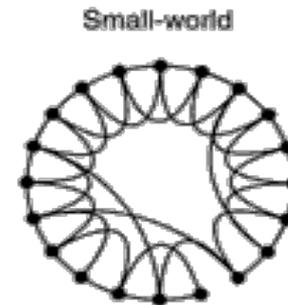
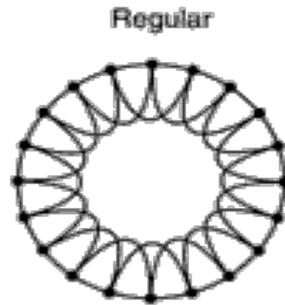
**Reti small world  
aristocratiche**

Ma **PERCHE'** la maggior parte dei sistemi complessi evolve *spontaneamente* in reti scale free?



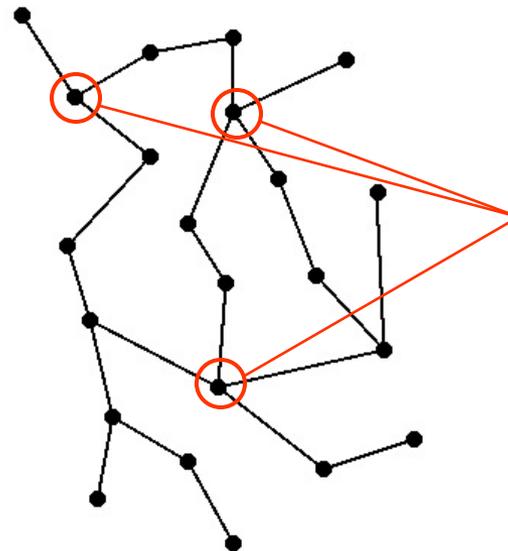
# VANTAGGI-SVANTAGGI DELLE RETI SCALE-FREE

**1. Maggiore efficienza nella circolazione della informazione**

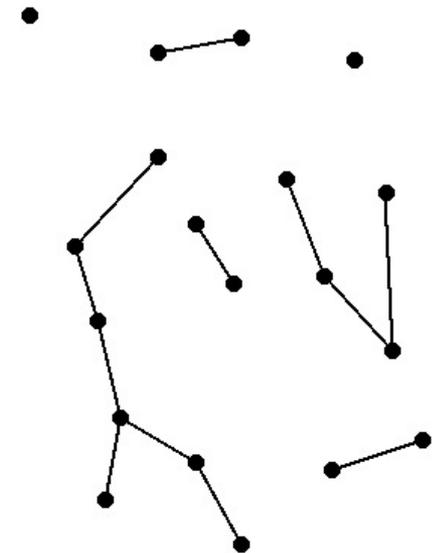


**La forza dei legami deboli!**

**2. Alta tolleranza agli errori, ai guasti casuali e agli attacchi non organizzati**



**node failure**



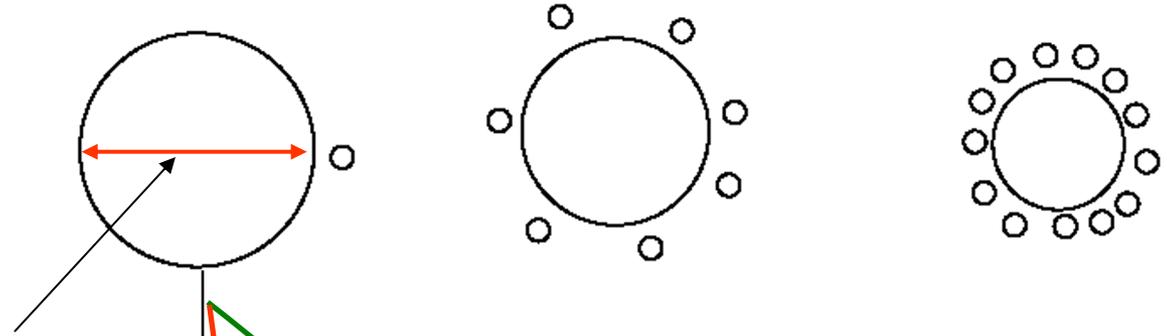
# VANTAGGI-SVANTAGGI DELLE RETI SCALE-FREE

L'alta tolleranza agli errori o ai **GUASTI CASUALI** impedisce la frammentazione totale del sistema...

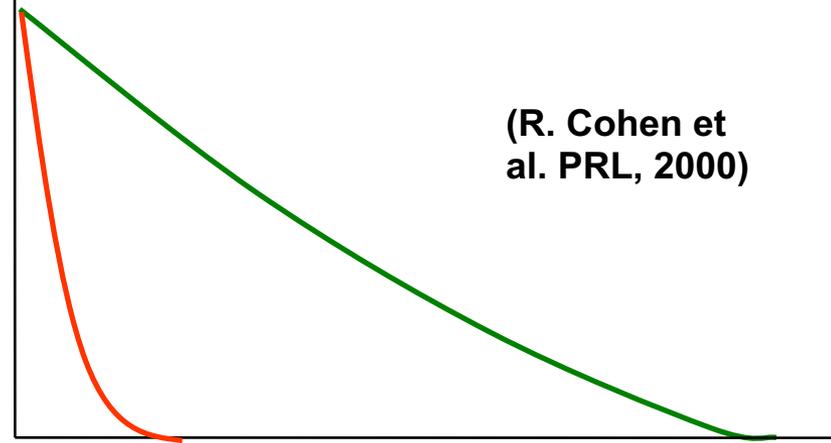
Diametro della Rete

ma...

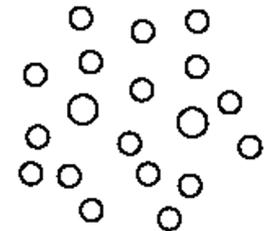
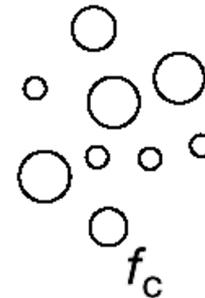
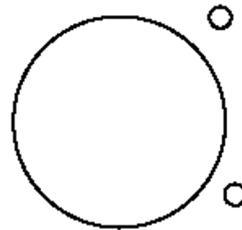
... non è così per gli **ATTACCHI MIRATI** agli hub o ai legami deboli, che producono rapidamente la totale disgregazione del sistema!



(R. Cohen et al. PRL, 2000)



$f_c$  = soglia critica di hub distrutti



Frammentazione totale!



# EFFETTI COLLATERALI IN UN MONDO DI RETI E SISTEMI COMPLESSI



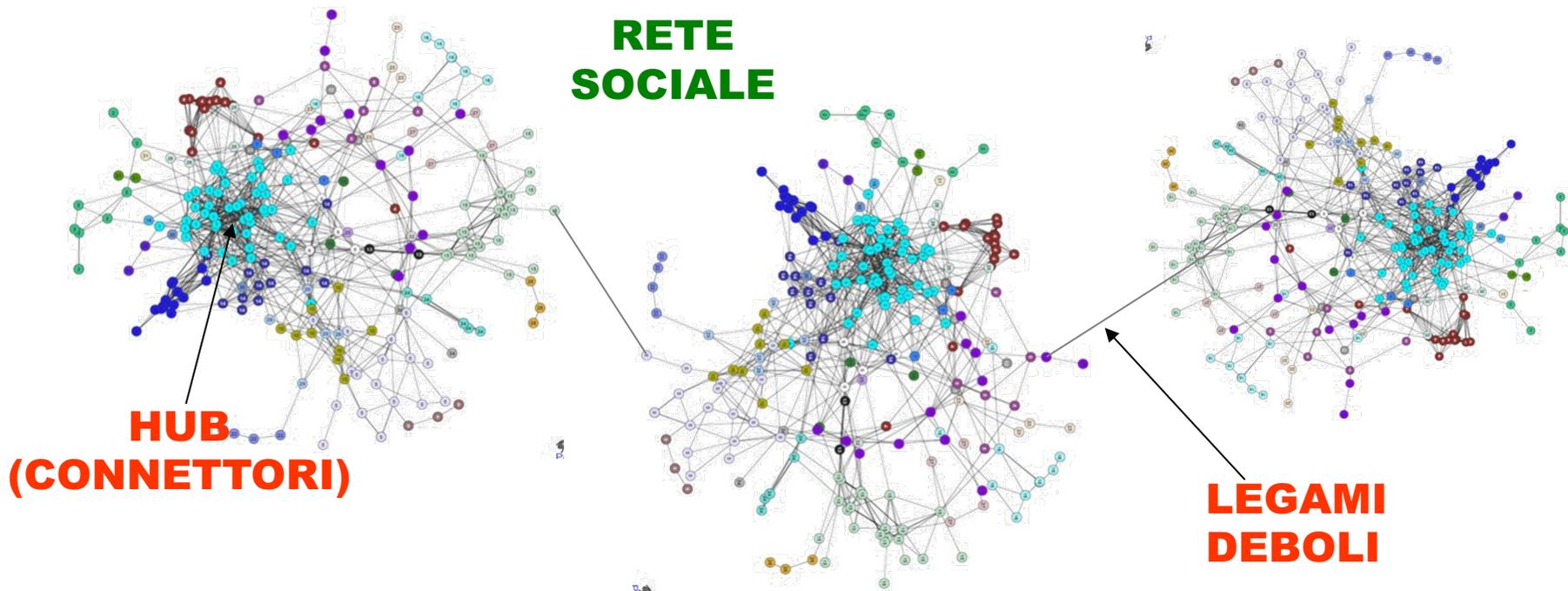
# Vulnerabilità delle Reti di Contatti Sociali

## → Epidemie

**RETI REGOLARI:** L'epidemia rimane **circoscritta** a causa della mancanza di legami deboli (“gruppi chiave”).

**RETI SMALL WORLD EGUALITARIE:** Esiste una soglia critica nella percentuale di **legami deboli** di lunga distanza, oltre la quale l'epidemia si espande senza controllo (Zanette - 2001)

**RETI SCALE FREE:** La presenza di **hubs** azzerava la soglia critica: quindi le malattie e i virus si diffondono in ogni caso! (Vespignani-Pastor Satorras - 2001). Questo rende le reti scale-free estremamente **vulnerabili**...



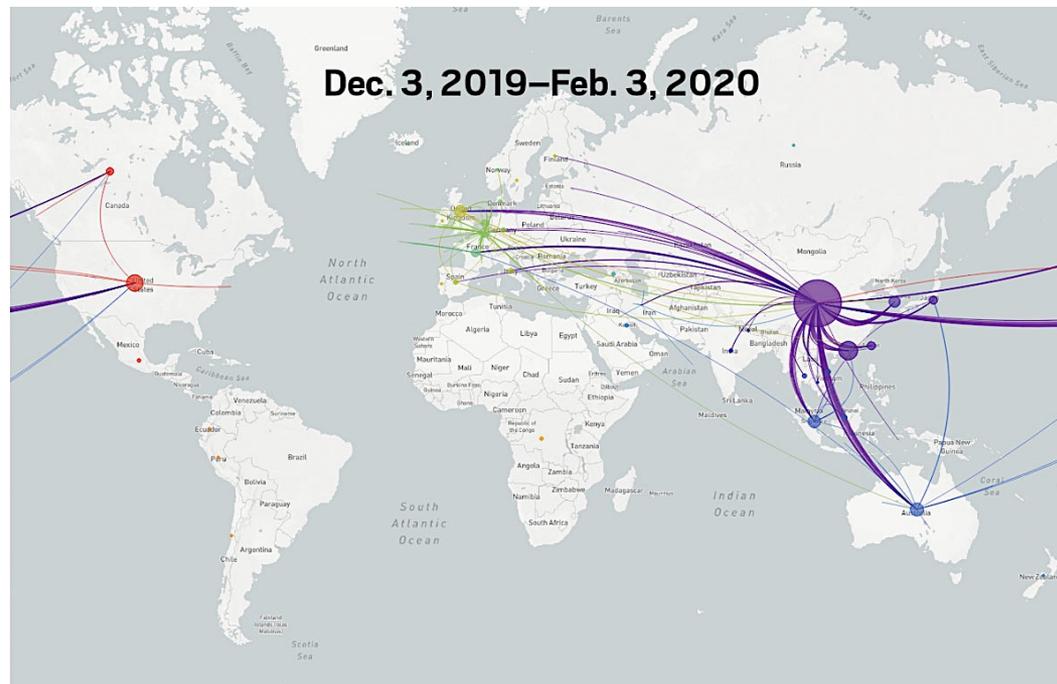
# Vulnerabilità delle Reti di Contatti Sociali

## → Epidemie

**RETI REGOLARI:** L'epidemia rimane **circoscritta** a causa della mancanza di legami deboli (“gruppi chiave”).

**RETI SMALL WORLD EGUALITARIE:** Esiste una soglia critica nella percentuale di **legami deboli** di lunga distanza, oltre la quale l'epidemia si espande senza controllo (Zanette - 2001)

**RETI SCALE FREE:** La presenza di **hubs** azzerava la soglia critica: quindi le malattie e i virus si diffondono in ogni caso! (Vespignani-Pastor Satorras - 2001). Questo rende le reti scale-free estremamente **vulnerabili**...



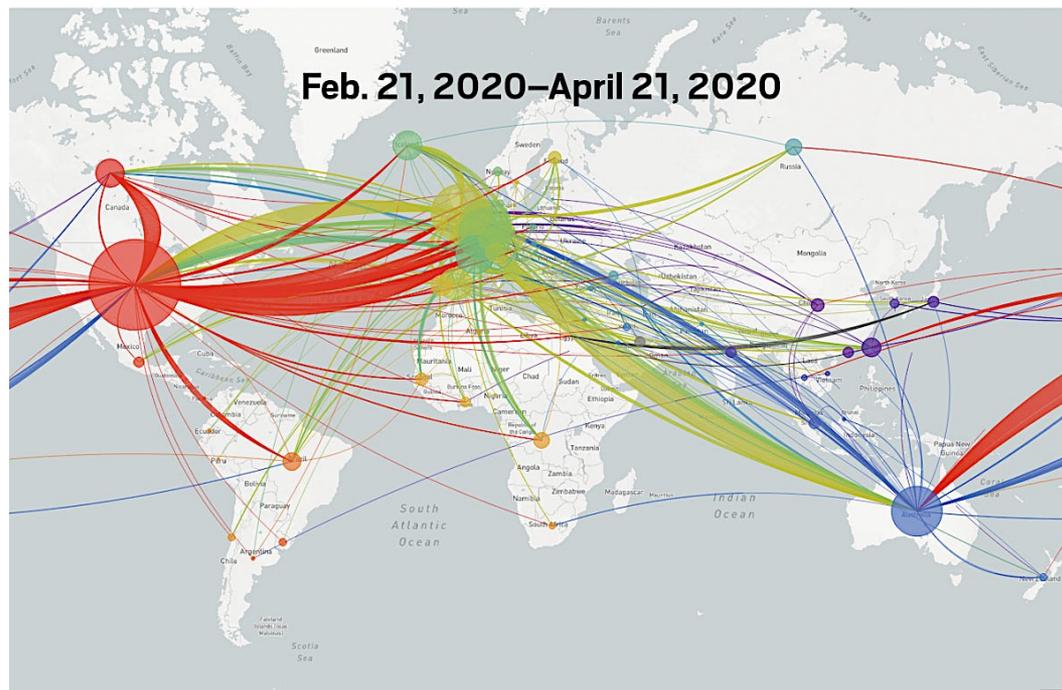
# Vulnerabilità delle Reti di Contatti Sociali

## → Epidemie

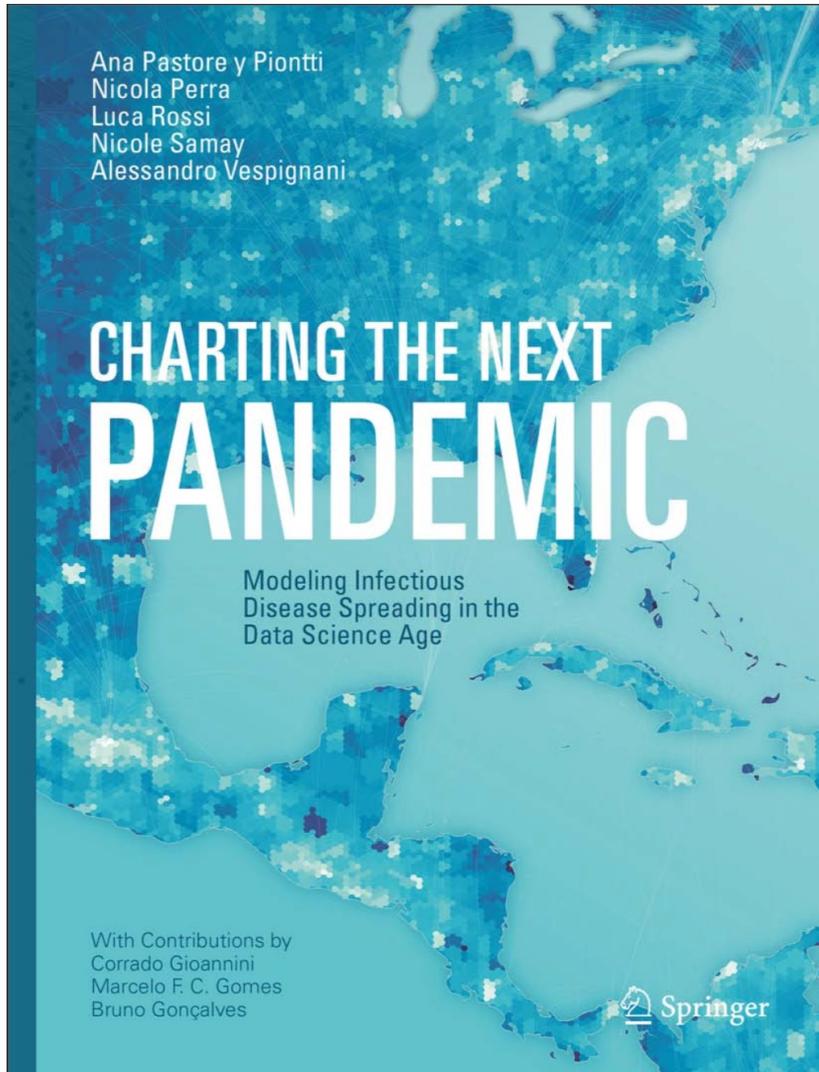
**RETI REGOLARI:** L'epidemia rimane **circoscritta** a causa della mancanza di legami deboli (“gruppi chiave”).

**RETI SMALL WORLD EGUALITARIE:** Esiste una soglia critica nella percentuale di **legami deboli** di lunga distanza, oltre la quale l'epidemia si espande senza controllo (Zanette - 2001)

**RETI SCALE FREE:** La presenza di **hubs** azzerava la soglia critica: quindi le malattie e i virus si diffondono in ogni caso! (Vespignani-Pastor Satorras - 2001). Questo rende le reti scale-free estremamente **vulnerabili**...



# Vulnerabilità delle Reti di Contatti Sociali → Epidemie



TOP NEWS / PRIMO PIANO

## Matematica contro il virus: il lavoro della task force di Boston guidata da Vespignani

Un nuovo approccio basato sulle relazioni tra le persone e la loro tracciabilità online, uno scienziato italiano che coordina il gruppo di lavoro. E un team internazionale

# Vulnerabilità delle Reti di Contatti Sociali → Epidemie

Nessun modello matematico è risultato in grado di fare previsioni affidabili relativamente alla pandemia da COVID-19, e ci sono motivi per ritenere che questo tipo di obiettivi siano di fatto irrealizzabili (→ SOC)

PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

RESEARCH ARTICLE

## The turning point and end of an expanding epidemic cannot be precisely forecast

Mario Castro, Saúl Ares, José A. Cuesta, and Susanna Manrubia

PNAS October 20, 2020 117 (42) 26190–26  
<https://doi.org/10.1073/pnas.2007868117>

ScienceAdvances

Current Issue First release papers Archive About

HOME > SCIENCE ADVANCES > VOL. 8, NO. 3 > LACK OF PRACTICAL IDENTIFIABILITY MAY HAMPER RELIABLE PREDICTIONS IN COVID-19 EPIDEMIC MODELS

RESEARCH ARTICLE | NETWORK SCIENCE

## Lack of practical identifiability may hamper reliable predictions in COVID-19 epidemic models

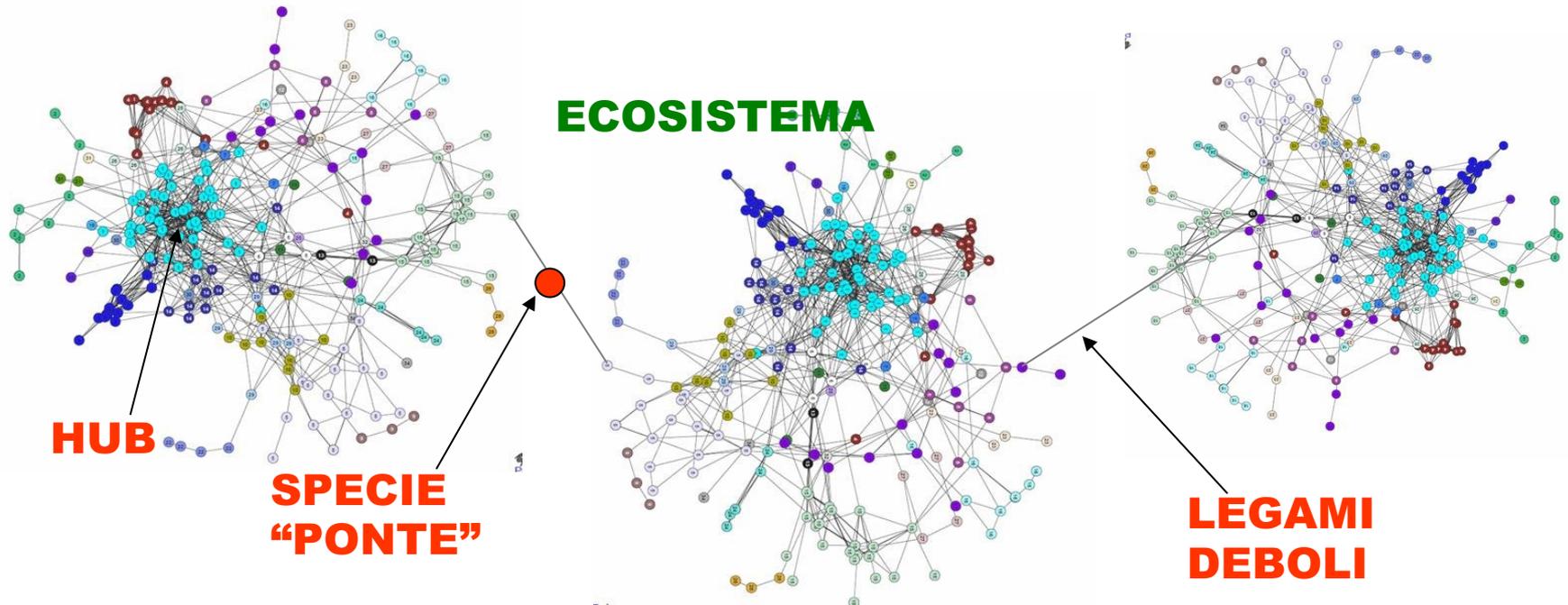
LUCA GALLO, MATTIA FRASCA, VITO LATORA, AND GIOVANNI RUSSO [Authors Info & Affiliations](#)

# Vulnerabilità delle Reti Ecologiche

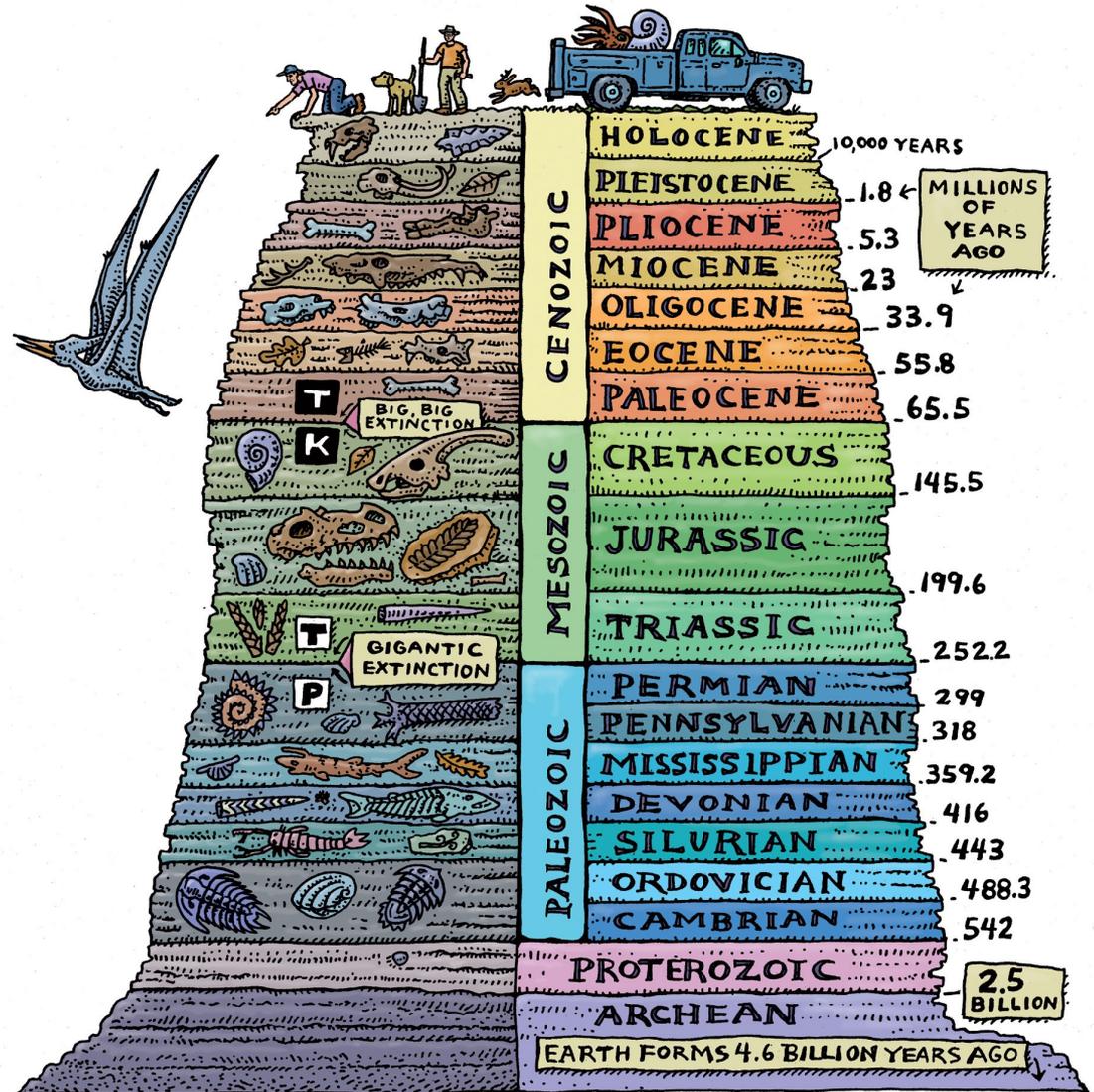
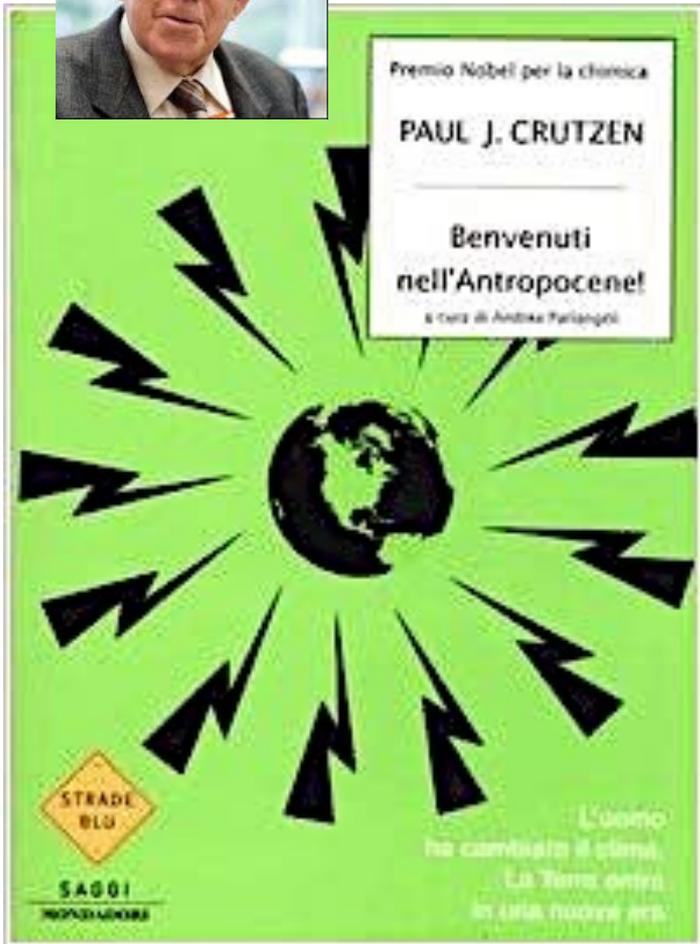
Oggi il tasso di estinzione delle specie viventi nel globo è *mille volte più alto* di quanto non fosse prima della comparsa dell'uomo sulla terra...



L'eliminazione di hub o di particolari legami deboli nella rete alimentare (specie "ponte") potrebbe distruggere un intero ecosistema (ad es. si è visto che basta eliminare il 20% degli hub perché la rete si disgreghi quasi del tutto! Solè e Montoya-2001)



# Vulnerabilità delle Reti Ecologiche



# Vulnerabilità delle Reti Ecologiche

A metà degli anni '80 i merluzzi dell'Atlantico nordoccidentale cominciarono a scarseggiare...

Siccome le foche della Groenlandia si nutrono di merluzzi, il governo Canadese pensò di risolvere il problema "linearmente" e sterminò per diversi anni milioni di foche!

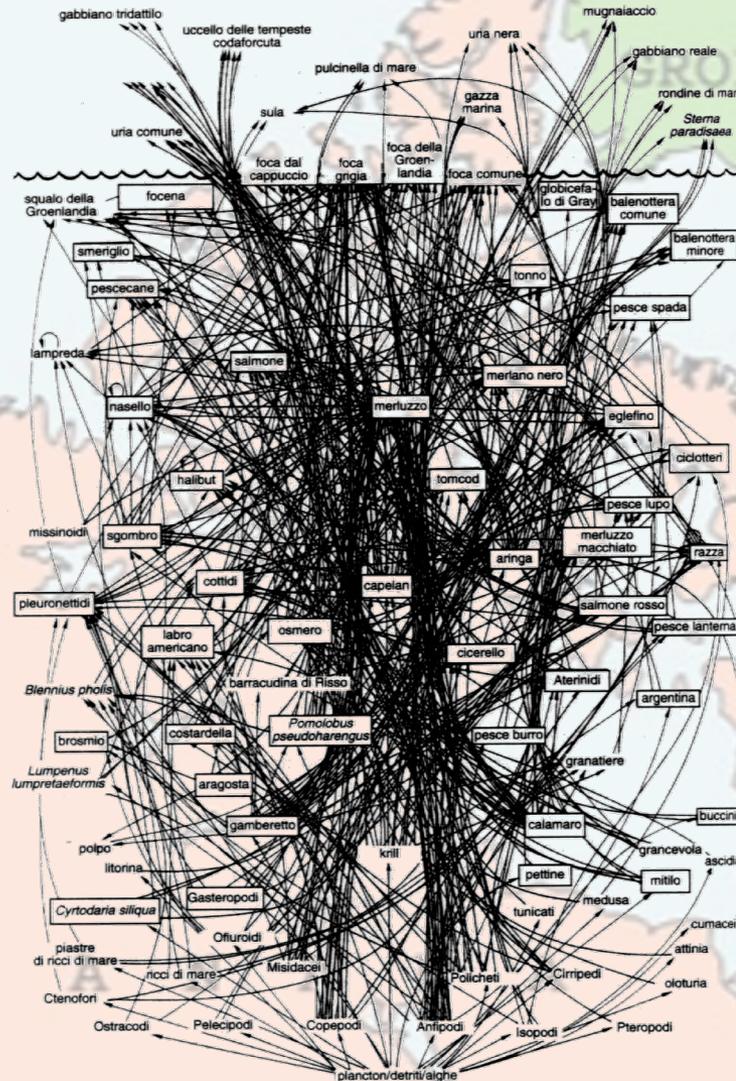


**Soluzione LINEARE:  
eliminiamo le foche!**

# Vulnerabilità delle Reti Ecologiche

A metà degli anni '80 i merluzzi dell'Atlantico nordoccidentale cominciarono a scarseggiare...

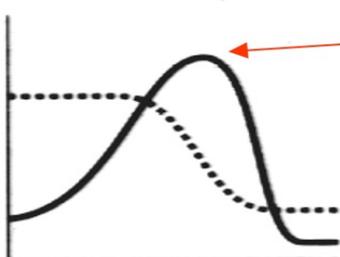
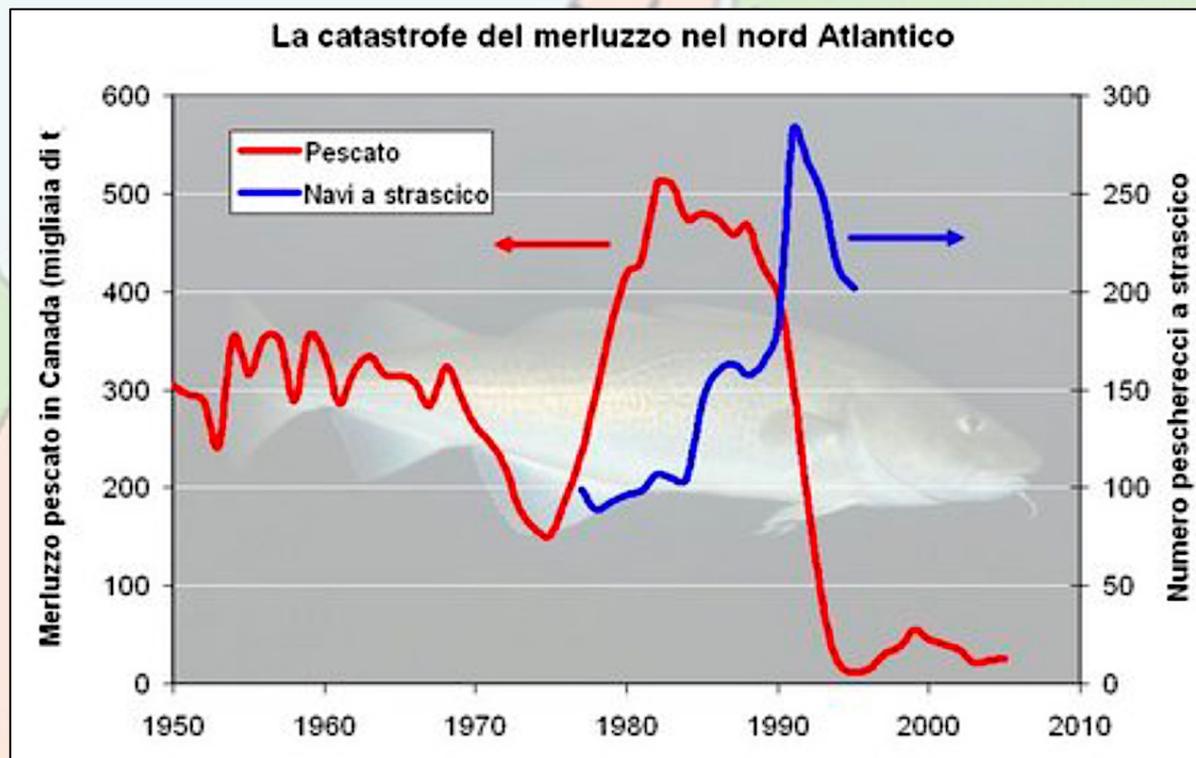
Siccome le foche della Groenlandia si nutrono di merluzzi, il governo Canadese pensò di risolvere il problema "linearmente" e sterminò per diversi anni milioni di foche!



Ma la rete delle relazioni alimentari del nord atlantico è una **rete complessa di tipo scale free** formata da 150 specie diverse che interagiscono in modo **altamente non lineare!**

L'alterazione del numero delle foche diede luogo a migliaia di catene di retroazione, che ebbero il solo effetto di rendere ancor più instabile il sistema, senza risolvere il problema dei merluzzi!

# Vulnerabilità delle Reti Ecologiche



**PUNTO CRITICO?**

- Si ha superamento e collasso se*
- i segnali o le risposte sono ritardati;
  - oppure
  - i limiti possono essere erosi (subire una degradazione irreversibile quando vengono superati)

# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



**NG** **Notizie Geopolitiche**  
Quotidiano indipendente on line di geopolitica e politica

PRIMO PIANO PANORAMA FOCUS L'INTERVISTA L'ANALISI ECONOMIA IL PUNTO

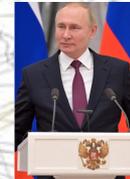
Home > Primo piano > Sanzioni alla Russia: perché rischiano di non funzionare. E lo Swift potrebbe...

**PRIMO PIANO QUI EUROPA**

**SANZIONI ALLA RUSSIA: PERCHÈ RISCHIANO DI NON FUNZIONARE. E LO SWIFT POTREBBE ESSERE UN BOOMERANG**

Febbraio 2022

27 Febbraio 2022



**Soluzione LINEARE:  
sanzioniamo la Russia!**

**UCRAINA**

Servizio [Lo scenario](#)

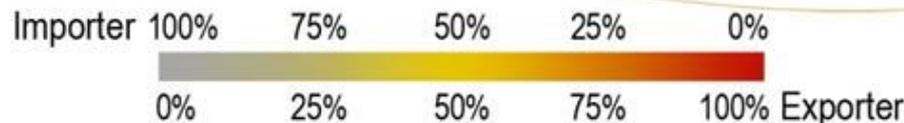
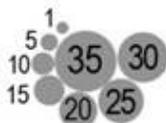
**Le sanzioni alla Russia un ostacolo in più per le imprese italiane**

Le aziende della filiera legno-arredo restano tuttora escluse da restrizioni dirette, ma una Russia sempre più isolata penalizza le vendite

di Antonella Scott  
7 giugno 2022

**Giugno 2022**

Number of trading partners



# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



**NG** **Notizie Geopolitiche**  
Quotidiano indipendente on line di geopolitica e politica

PRIMO PIANO PANORAMA FOCUS L'INTERVISTA L'ANALISI ECONOMIA IL PUNTO

Home > Primo piano > Sanzioni alla Russia: perché rischiano di non funzionare. E lo Swift potrebbe...

PRIMO PIANO QUI EUROPA

## SANZIONI ALLA RUSSIA: PERCHÈ RISCHIANO DI NON FUNZIONARE. E LO SWIFT POTREBBE ESSERE UN BOOMERANG

Febbraio 2022

27 Febbraio 2022

Servizio [Lo scenario](#)

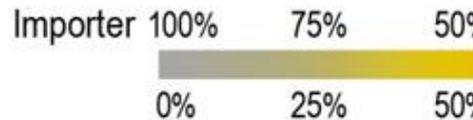
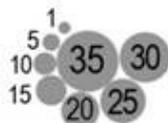
## Le sanzioni alla Russia un ostacolo in più per le imprese italiane

Le aziende della filiera legno-arredo restano tuttora escluse da restrizioni dirette, ma una Russia sempre più isolata penalizza le vendite

di Antonella Scotti  
7 giugno 2022

Giugno 2022

Number of trading partners



**Carta**  
**Costi saliti del 100%**  
**I produttori chiudono**

**Gas**  
**Bollette su del 130%**  
**GRAZIE ALLE sanzioni alla RUSSIA**

**Agricoltura**  
**Mangimi su del 50%**  
**Alle aziende conviene abbattere gli animali**

**Nichel**  
**Prezzo record: +250%**  
**Lavorare con l'acciaio diventa impossibile**

**Turismo**  
**Addio russi negli hotel**  
**Perdiamo 984 milioni**

**Benzina**  
**Carburanti alle stelle**  
**il pieno ci costerà 1.750 euro l'anno**

il Resto del Carlino

Città | Guerra Ucraina | Incidente Modena | Pullman Di Ucr

## Gasolio troppo caro e tutti i pescherecci di Anzio restano a terra: scarseggia il pesce al mercato

Ad Anzio 24 pescherecci non escono in mare da giorni perché il costo del gasolio è troppo alto.

Home > Economia > Grano e mais sfondano ...

## Grano e mais sfondano i 400 euro a tonnellata: è la prima volta in Italia

Lo comunica Cai, Consorzi Agrari d'Italia, in base alla rilevazione della Borsa Merci di Bologna. Stabile il grano duro che non è toccato dalla guerra in corso

11 mar 2022

# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



**NG** Notizie Geopolitiche  
Quotidiano indipendente on line di geopolitica e politica

PRIMO PIANO PANORAMA FOCUS L'INTERVISTA L'ANALISI ECONOMIA IL PUNTO

Home > Primo piano > Sanzioni alla Russia: perché rischiano di non funzionare. E lo Swift potrebbe...

PRIMO PIANO QUI EUROPA

## SANZIONI ALLA RUSSIA: PERCHÈ RISCHIANO DI NON FUNZIONARE. E LO SWIFT POTREBBE ESSERE UN BOOMERANG

Febbraio 2022

27 Febbraio 2022



**Soluzione LINEARE:  
sanzioniamo la Russia!**

**UCRAINA**

Guerra in Ucraina

## Sanzioni aggirate e Pil in crescita: cosa succede all'economia russa

Febbraio 2023

1 Febbraio 2023 - 10:00

La Russia si mantiene aperta al commercio e il Fmi conferma: il suo Pil si espanderà nel 2023 e nel 2024

Andrea Muratore

Servizio | Lo scenario

## Le sanzioni alla Russia un ostacolo in più per le imprese italiane

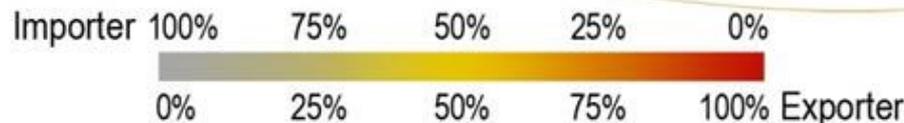
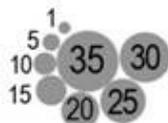
Le aziende della filiera legno-arredo restano tuttora escluse da restrizioni dirette, ma una Russia sempre più isolata penalizza le vendite

di Antonella Scott

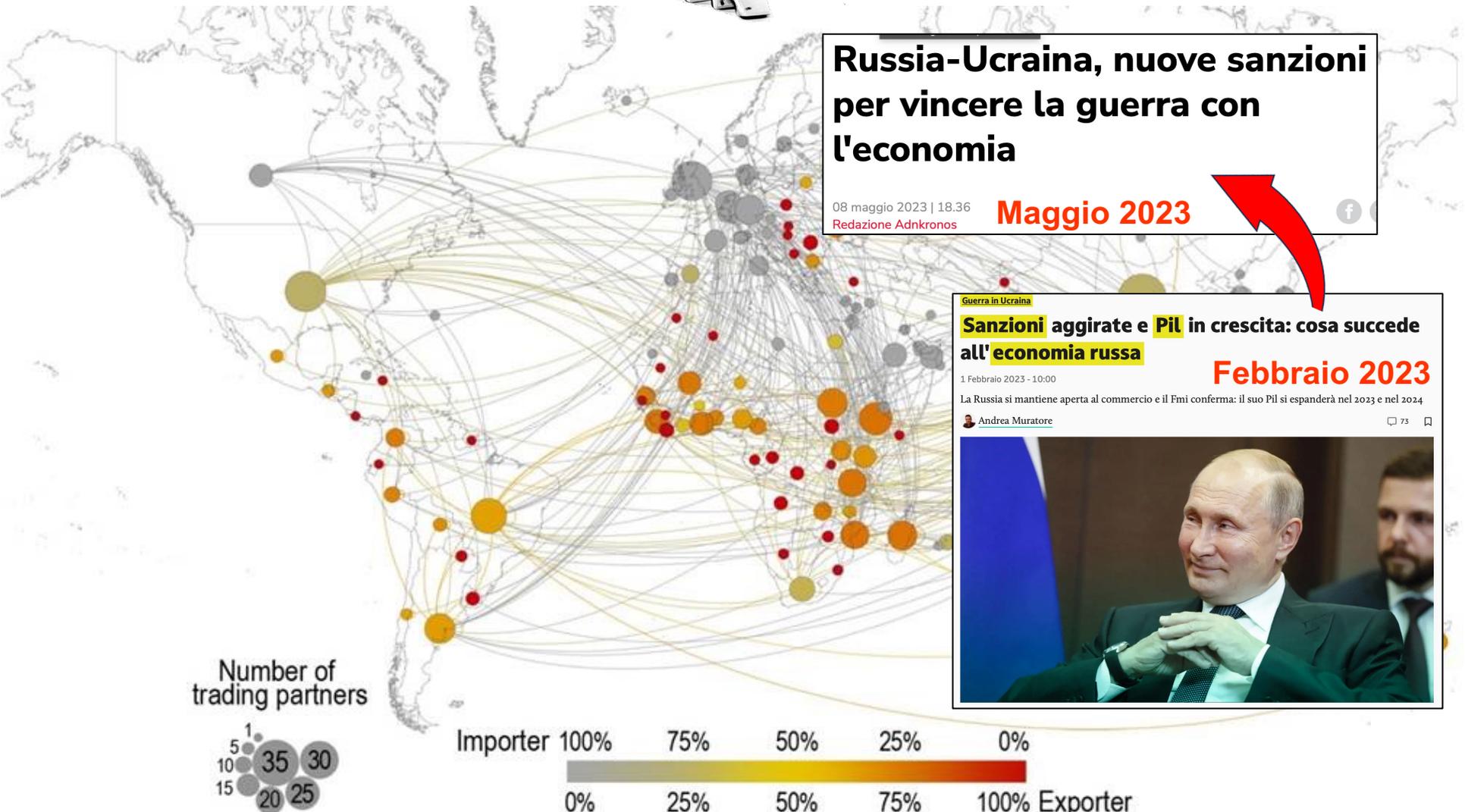
7 giugno 2022

**Giugno 2022**

Number of trading partners



# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



**Russia-Ucraina, nuove sanzioni per vincere la guerra con l'economia**

08 maggio 2023 | 18.36  
Redazione Adnkronos **Maggio 2023**

**Guerra in Ucraina**

**Sanzioni aggirate e Pil in crescita: cosa succede all'economia russa**

1 Febbraio 2023 - 10:00

La Russia si mantiene aperta al commercio e il Fmi conferma: il suo Pil si espanderà nel 2023 e nel 2024

Andrea Muratore

**Febbraio 2023**

# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



**Russia-Ucraina, nuove sanzioni per vincere la guerra con l'economia**

08 maggio 2023 | 18:36  
Redazione Adnkronos

**Maggio 2023**

ECONOMIA

Leggi dopo

**Russia, Fmi rivede al rialzo il pil 2023 (+1,5%). Il Paese guidato da Putin cresce più di Italia e Germania**

di Luca Carrello

**Luglio 2023**

**Avremo imparato la lezione?**

Guerra in Ucraina

**Sanzioni aggirate e Pil in crescita: cosa succede all'economia russa**

1 Febbraio 2023 - 10:00

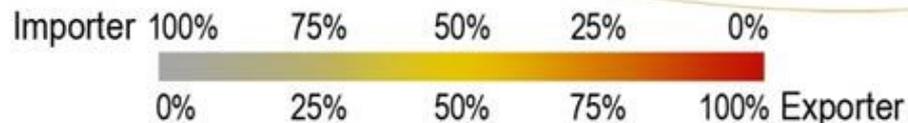
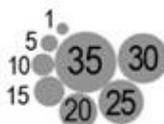
La Russia si mantiene aperta al commercio e il Fmi conferma: il suo Pil si espanderà nel 2023 e nel 2024

Andrea Muratore

73



Number of trading partners



# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



**Russia-Ucraina, nuove sanzioni per vincere la guerra con l'economia**

08 maggio 2023 | 18:36  
Redazione Adnkronos

**Maggio 2023**

ECONOMIA

Leggi dopo

**Russia, Fmi rivede al rialzo il pil 2023 (+1,5%). Il Paese guidato da Putin cresce più di Italia e Germania**

di Luca Carrello

**Luglio 2023**

**Ma quando mai...**

**Russia: due anni dopo l'invasione su vasta scala e la guerra di aggressione contro l'Ucraina, l'UE adotta il tredicesimo pacchetto di sanzioni individuali ed economiche**

**Febbraio 2024**

Guerra in Ucraina

**Sanzioni aggirate e Pil in crescita: cosa succede all'economia russa**

1 Febbraio 2023 - 10:00

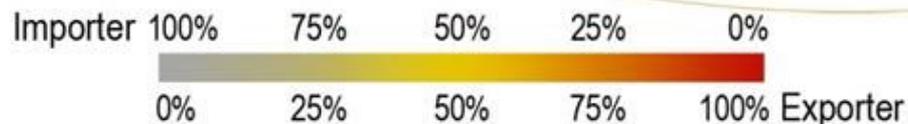
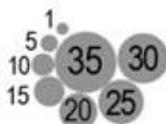
La Russia si mantiene aperta al commercio e il Fmi conferma: il suo Pil si espanderà nel 2023 e nel 2024

Andrea Muratore

73



Number of trading partners



# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



Dal mondo ▾ Temi ▾ Agenda 2030 ▾ Framing the World Rubriche ▾ Comunicati Stampa Interviste

Maggio 2024

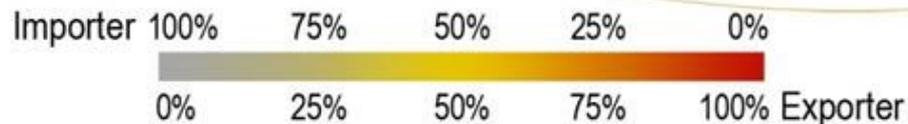
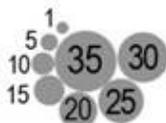
L'economia russa resiste a guerra e sanzioni: il PIL in crescita nel 2024

Consiglio dell'UE Comunicato stampa 23 febbraio 2024 10:23

Russia: due anni dopo l'invasione su vasta scala e la guerra di aggressione contro l'Ucraina, l'UE adotta il tredicesimo pacchetto di sanzioni individuali ed economiche

Febbraio 2024

Number of trading partners



# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



Dal mondo ▾ Temi ▾ Agenda 2030 ▾ Framing the World Rubriche ▾ Comunicati Stampa Interviste

Maggio 2024

L'economia russa resiste a guerra e sanzioni: il PIL in crescita nel 2024

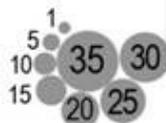
## La resilienza dell'economia di guerra russa: uno studio del RUSI

Marzo 2025

🕒 2 Marzo 2025 👤 di Redazione 📁 in Energia e Sicurezza, In evidenza

Nonostante i proclami fiduciosi di molti leader Ue e delle nazioni occidentali che prefiguravano nel 2022 il rapido tracollo economico della Russia a causa delle spese di guerra e delle sanzioni occidentali, Mosca sembra aver retto molto bene a tre anni di conflitto sbugiardando la sicumera con cui Mario Draghi, Ursula von der Leyen e decine di leader politici sulle due sponde dell'Atlantico avevano dato per spacciati la Federazione Russa e Vladimir Putin.

Number of trading partners



0% 25% 50% 75% 100% Exporter

# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



## Il rischio geopolitico per la Ue nel 2025: la Russia in prima linea

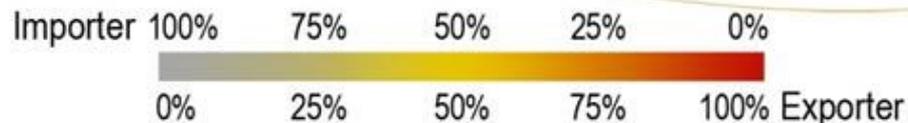
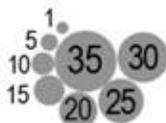
Nel rapporto dell'Istituto universitario europeo, la Russia è identificata come la principale minaccia per l'Unione europea nel 2025, seguita da altri rischi come il ritiro degli Stati Uniti, un confronto armato tra Iran ed Israele e attacchi alle infrastrutture comunitarie

Dal nostro corrispondente Beda Romano

28 gennaio 2025

**OGGI**

Number of trading partners



# Vulnerabilità delle Reti Commerciali



WIRED SCIENZA ECONOMIA CULTURA GADGET SECURITY DIRITTI IDEE VIDEO PODCAST WIRED CONSIGLIA ABBONAMENTI EVENTI NEWSLETTER MAGAZINE

**WIRED HEALTH** #WH25

10 : 15 : 52 : 42  
GIORNI ORE MINUTI SECONDI

ISCRIVITI, INGRESSO GRATUITO

19 marzo, BASE Milano

RICCARDO PICCOLO ECONOMIA 05.03.2025

## Dazi, che effetto avranno quelli voluti da Trump sull'economia italiana?

L'Italia rischia di perdere fino a 7 miliardi di euro, con i settori delle bevande, automotive e farmaceutica che potrebbero pagare il prezzo più alto

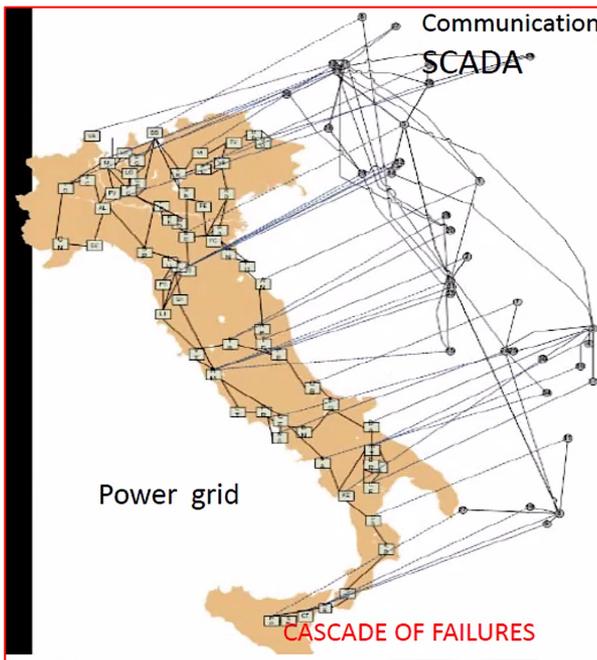


Nun trading  
1  
5  
10  
15

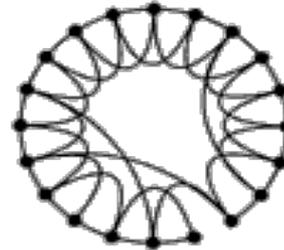
# Vulnerabilità delle Reti Elettriche: rischi di Black-Out

Le **reti elettriche**, come sappiamo, sono egualitarie e non hanno HUB ma i loro **legami deboli** le espongono comunque a **rischi di black-out** totali per effetto domino (come è accaduto nel **2003** sia negli **Stati Uniti** – ad Agosto - che in **Italia** – a Settembre).

## RETE ELETTRICA ITALIANA



Small-world



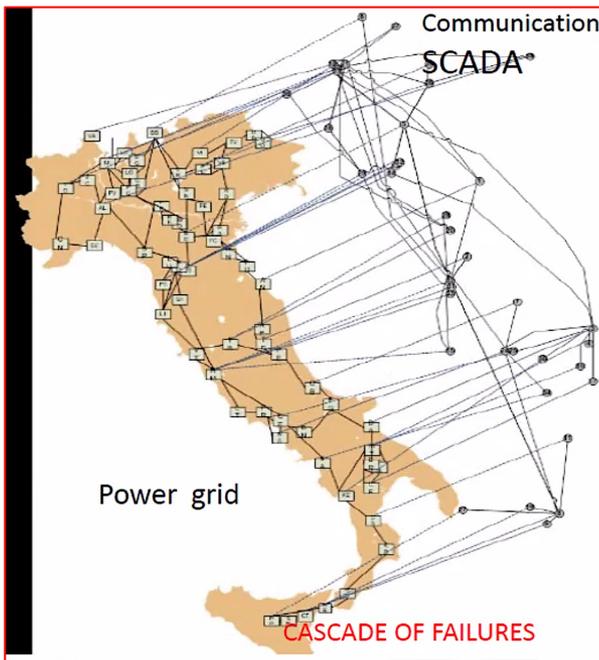
## RETE ELETTRICA DEGLI STATI UNITI



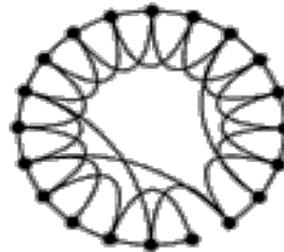
# Vulnerabilità delle Reti Elettriche: rischi di Black-Out

Le **reti elettriche**, come sappiamo, sono egualitarie e non hanno HUB ma i loro **legami deboli** le espongono comunque a **rischi di black-out** totali per effetto domino (come è accaduto nel **2003** sia negli **Stati Uniti** – ad Agosto - che in **Italia** – a Settembre).

## RETE ELETTRICA ITALIANA



Small-world



## Dieci anni fa il super blackout che spense l'Italia

Lk di Alessandro Marzo Magno

Era il 28 settembre 2003



Cade un albero in Svizzera, l'Italia resta al buio. Accade il 28 settembre 2003. Un incubo che passa quasi inosservato in Val d'Aosta, ma che si protrae per oltre un giorno nell'Italia meridionale. Solo una regione ne resta fuori: la Sardegna che, dotata di una rete elettrica propria, non viene coinvolta nel black out generalizzato. E poi ci sono delle isole qua e là, tipo Foggia e Siracusa, che continuano a ricevere energia senza che nessuno sappia spiegarci il perché.

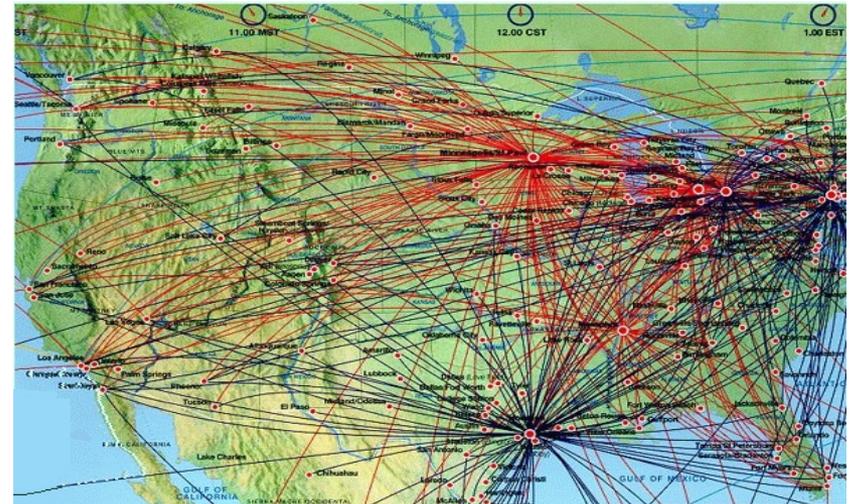


# Vulnerabilità delle Reti Informatiche: rischi di collasso

12 GENNAIO 2023 09:16

## Usa, traffico aereo in tilt per **un file** danneggiato nel sistema

Il guasto che negli Usa ha portato allo [stop del traffico aereo](#) è stato provocato da un file danneggiato nel sistema Notam, che serve a inviare allerta di sicurezza ai piloti, e nel suo backup. Secondo la Cnn, i dirigenti della Federal Aviation Administration hanno quindi deciso di riavviare il sistema all'alba di mercoledì, prima che il traffico aereo diventasse intenso. Il sistema però si è ripristinato in modo incompleto, costringendo la Faa a sospendere tutti i voli per alcune ore.

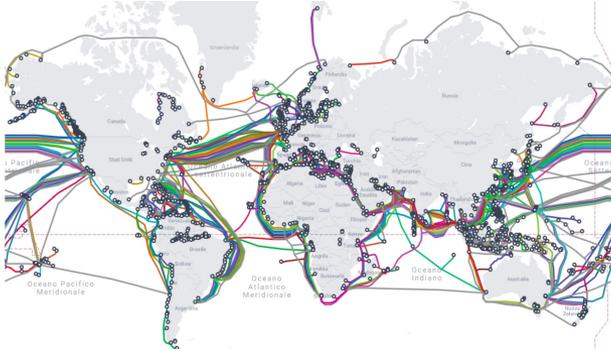


# Vulnerabilità delle Reti Informatiche: rischi di collasso



INTERVENTI

## I cavi sottomarini infrastruttura chiave per internet e la sicurezza dei dati



Internet funziona in tutto il pianeta grazie a una fitta rete di cavi sottomarini, i quali dunque permettono di comunicare da una parte all'altra del globo. Attualmente, l'Internet mondiale dipende al 95% da tali cavi e si stima che la rete sia lunga 1.4 milioni di km (37 volte la circonferenza della Terra!).



Il Professor Maurizio Mensi, membro dell'Organo di vigilanza sulla rete TIM, consigliere del Comitato economico e sociale europeo (CESE) e componente dell'Osservatorio CESE della transizione digitale e del mercato interno ne ha parlato con Stefano Cardini in occasione dell'articolo pubblicato sulla rivista The Good Life Italia lo scorso 16 dicembre 2020.

I nostri dati corrono lungo dorsali sottomarine, che sono il sistema nervoso del pianeta. Questo li espone a rischi?

La rete dei cavi costituisce la "colonna vertebrale" dell'Internet globale, essenziale per il commercio e le comunicazioni internazionali. Si tratta di tubi in silice del diametro di un idrante da giardino protetti da una guaina protettiva, adagiati lungo le dorsali oceaniche che sono pericolosamente esposti al sabotaggio e ad altre manipolazioni.

Se i cavi sottomarini fossero tagliati o interrotti il danno provocato alla vita e all'economia mondiale sarebbe devastante in quanto su di essi scorrono gran parte dei dati e delle comunicazioni.

Nel 2008 una nave che cercava di ormeggiare al largo delle coste egiziane ha tranciato un cavo, mettendo fuori uso il servizio Internet per 75 milioni di persone in almeno tre paesi. Nel 2019 è stata un'ancora trascinata lungo il fondo dell'oceano a causare un blackout a Tonga, costringendo gli abitanti dell'isola, le imprese, le agenzie governative e i turisti ad affidarsi al collegamento satellitare fino alla ripresa del regolare servizio. All'inizio del 2020 lo Yemen e i suoi cittadini, così come l'intera regione del Mar Rosso, hanno avuto una connessione di rete molto lenta in seguito alla rottura di un cavo sottomarino.

# Vulnerabilità delle Reti di Trasporto: rischi di collasso

SEZIONI CERCA

HUFFPOST



ABBONATI

ACCEDI

CONTENUTO PER GLI ABBONATI

## Tecnologie avanzate, ma fragili. Così tocchi un cavo e va in tilt Lufthansa e il trasporto mondiale

/ di Domenico Talia



(ansa)

*Ore di blackout negli scali tedeschi e di riflesso in tutto il mondo perché quattro cavi della rete a banda larga di Deutsche Telekom erano stati tranciati per errore dagli operai che lavoravano in un cantiere nei pressi dell'aeroporto di Francoforte. È perché oggi si progettano e si realizzano sistemi ultramoderni pensando alla loro efficienza e molto poco alla loro affidabilità*

16 Febbraio 2023 alle 09:34

Segui i temi

germania



Il blocco dei sistemi informatici dell'aeroporto di Francoforte, hub principale per Lufthansa, si è verificato in modo del tutto inatteso intorno alle 10:15 di mercoledì 15 febbraio, quando l'aeroporto era affollato di passeggeri. Soltanto qualche ora dopo si è potuto comprendere la causa: quattro cavi della rete a banda larga di Deutsche Telekom erano stati tranciati per errore da un gruppo di operai che lavoravano in un cantiere ferroviario nei pressi dell'aeroporto.

/ VIDEO DEL GIORNO /



# Vulnerabilità delle Reti di Trasporto: rischi di collasso

sky tg24 TRUMP EURO 2024 V

ECONOMIA News Approfondimenti Finanza E Me

ECONOMIA

## Guasto informatico, aeroporti e migliaia di voli bloccati: cosa succede ora

19 lug 2024 - 15:09

6.855 voli cancellati in tutto il mondo!

©Ansa

12-hour timelapse of American Airlines, Delta, and United plane traffic after what was likely the biggest IT outage in history forced a nationwide ground stop of the three airlines.

[Traduci post](#)



1:59 PM · 19 lug 2024 · 13,5 Mln visualizzazioni

Un errore di aggiornamento del software CrowdStrike ha causato problemi ai sistemi di Microsoft, mandando in tilt dispositivi e scali aerei di tutto il mondo. I principali problemi si sono registrati nella vendita di biglietti e ai check-in, per le procedure di accettazione dei passeggeri, che sono andate in blocco.

# Vulnerabilità delle Reti di Trasporto: rischi di collasso

MENU CERCA

LA STAMPA

IL QUOTIDIANO ABBONATI 1459103 GDCJDJD

## Un chiodo blocca i treni, il giorno nero dei ritardi è costato 40 milioni a 500 mila viaggiatori

Ogni ora persa vale 20 euro a persona, da sommare a tutte le altre spese. Da luglio tre mesi difficili per l'alta velocità con la puntualità in caduta libera

PAOLO BARONI

03 Ottobre 2024 | Aggiornato alle 09:26 | 3 minuti di lettura

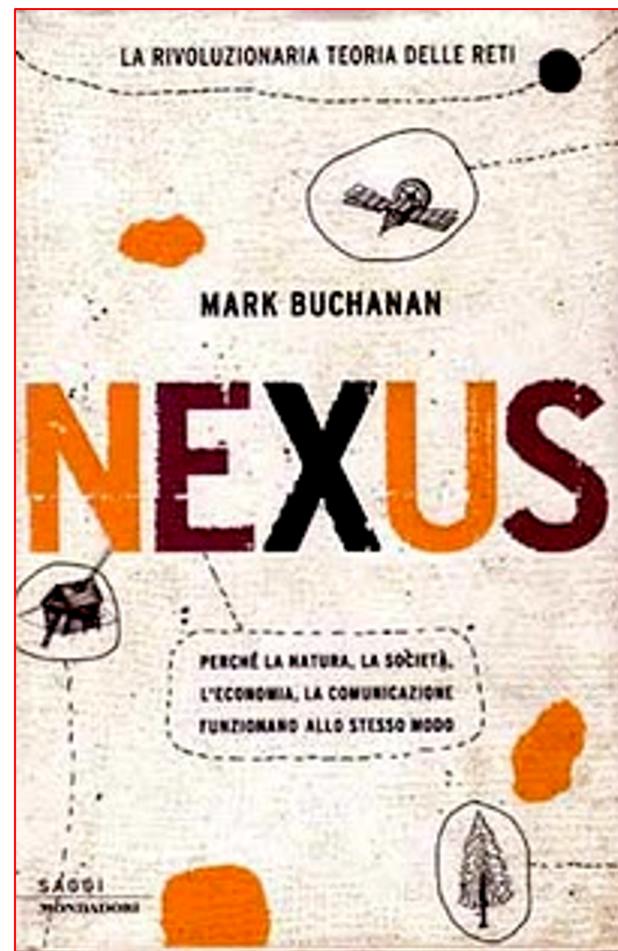


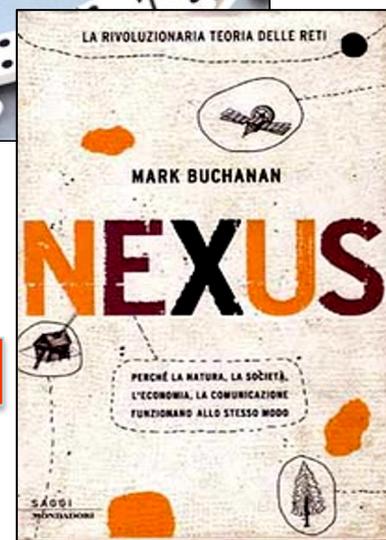


**Mark Buchanan**

**“Nexus: La Rivoluzionaria Teoria delle Reti. Perché la natura, la società, l'economia, la comunicazione funzionano allo stesso modo”**

**2004 – Mondadori (Oscar Saggi)**

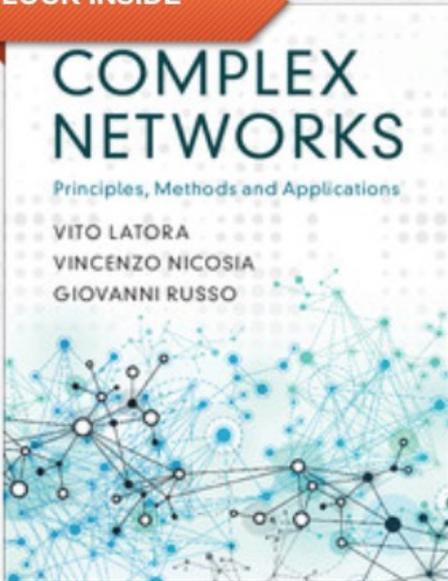




*La Legge di Potenza*



LOOK INSIDE



## Complex Networks

Principles, Methods and Applications

**AUTHORS:**

[Vito Latora](#), Queen Mary University of London

[Vincenzo Nicosia](#), Queen Mary University of London

[Giovanni Russo](#), Università degli Studi di Catania, Italy

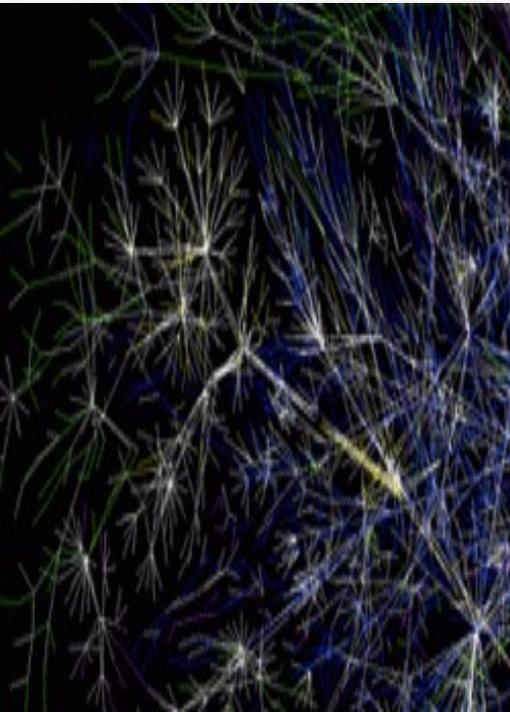
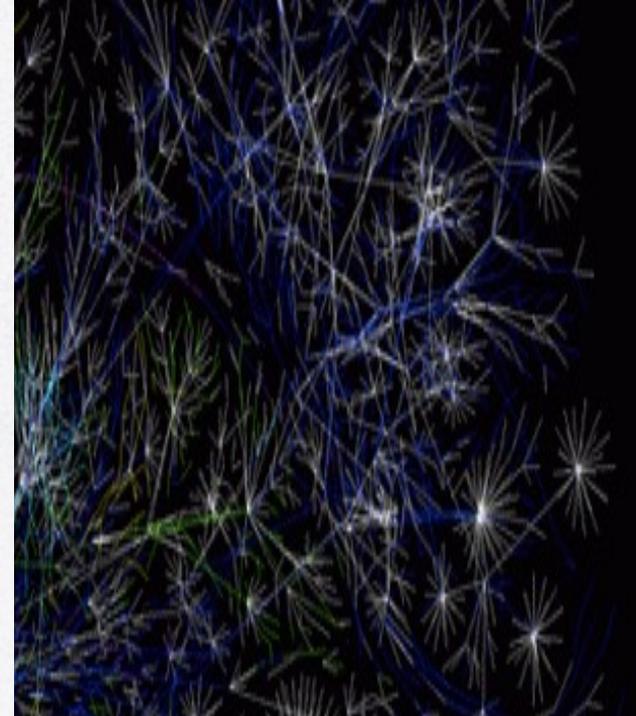
**DATE PUBLISHED:** September 2017

**AVAILABILITY:** In stock

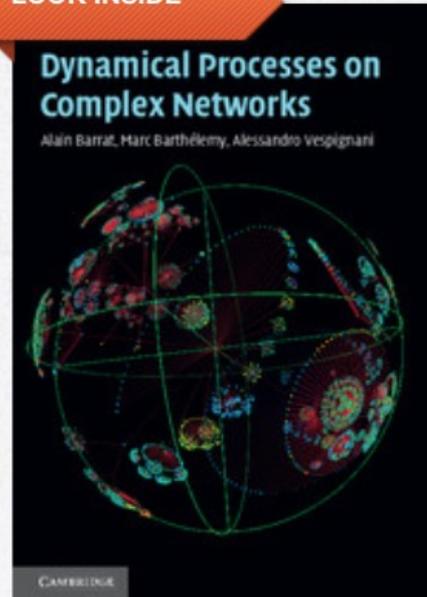
**FORMAT:** Hardback

**ISBN:** 9781107103184

Rate & review



LOOK INSIDE



## Dynamical Processes on Complex Networks

**AUTHORS:**

[Alain Barrat](#), Centre de Physique Théorique, Marseille

[Marc Barthélemy](#), Centre Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)

[Alessandro Vespignani](#), Northeastern University, Boston

**DATE PUBLISHED:** October 2012

**AVAILABILITY:** In stock

**FORMAT:** Paperback

**ISBN:** 9781107626256

Rate & review