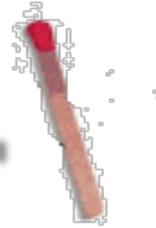


Colloquium del 24 Gennaio 2012
Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania

Alessandro Pluchino

Il Punto Critico

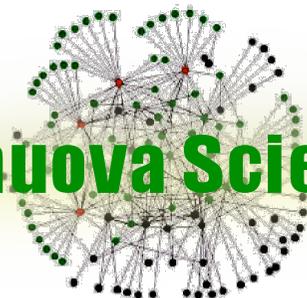
Quando piccole cause...



...possono produrre grandi effetti!



Introduzione alla nuova Scienza della Complessità'



**Direzioni delle
Scienze Fisiche
dal XVI secolo**



**verso l'infinitamente
grande**

Cosmologia, Astronomia,
Astrofisica, Teoria della
Relatività Generale...

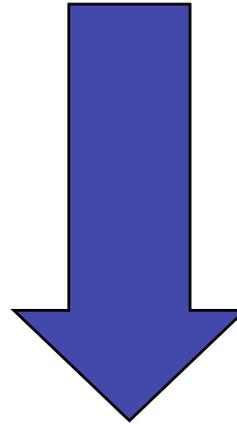


Direzioni delle Scienze Fisiche dal XVI secolo



verso l'infinitamente grande

Cosmologia, Astronomia, Astrofisica, Teoria della Relatività Generale...



verso l'infinitamente piccolo

Fisica Nucleare e particellare, Meccanica Quantistica, GUT, Teoria delle Stringhe, ...

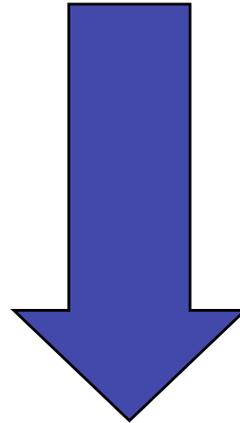
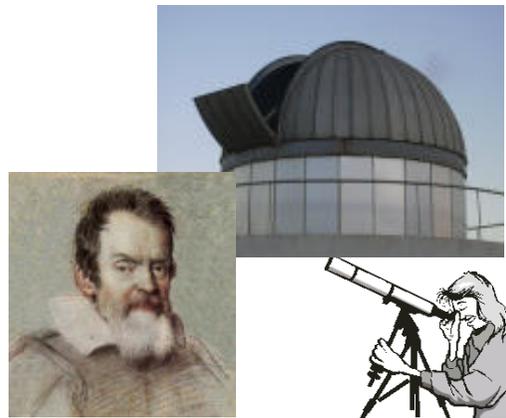


Direzioni delle Scienze Fisiche dal XVI secolo



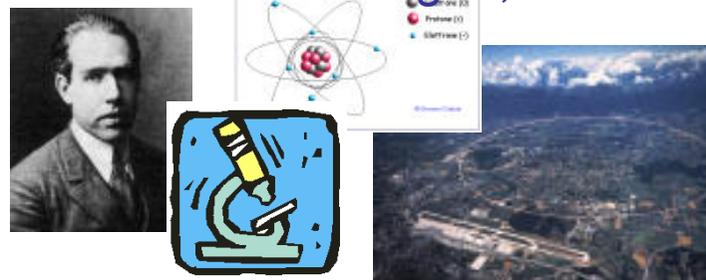
verso l'infinitamente grande

Cosmologia, Astronomia, Astrofisica, Teoria della Relatività Generale...



verso l'infinitamente piccolo

Fisica Nucleare e particellare, Meccanica Quantistica, GUT, Teoria delle Stringhe, ...



Metà del XX secolo

verso l'infinitamente complesso



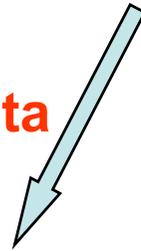


il Computer!

**...e la possibilità di
simulare i sistemi complessi!**

Le Teorie delle tre "C"

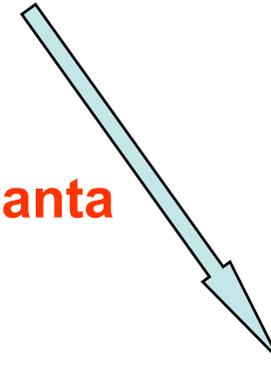
anni Settanta



anni Ottanta



anni Novanta



Teoria delle **C**atastrofi

Studia i "punti critici" che modificano bruscamente il comportamento di un sistema



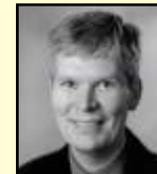
Teoria del **C**aos

Sistemi a pochi gradi di libertà, non linearità, caos deterministico, sensibilità alle condizioni iniziali ed "effetto farfalla", autosimilarità, geometria frattale



Teoria della **C**omplessità

Sistemi a molti gradi di libertà, criticità auto-organizzata, sistemi lontani dall'equilibrio termodinamico con interazioni a lungo raggio, sistemi "at the edge of chaos", networks e fenomeni emergenti



Ma, innanzitutto,...
...che cos'è un sistema complesso?

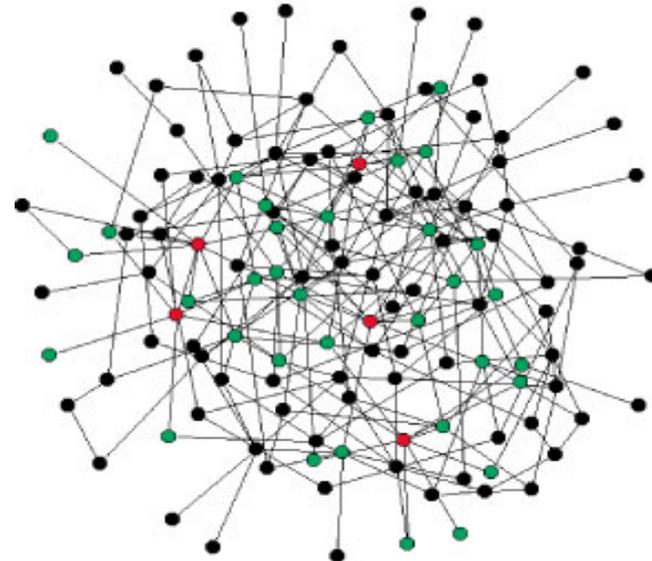


Due possibili descrizioni di un Sistema Complesso

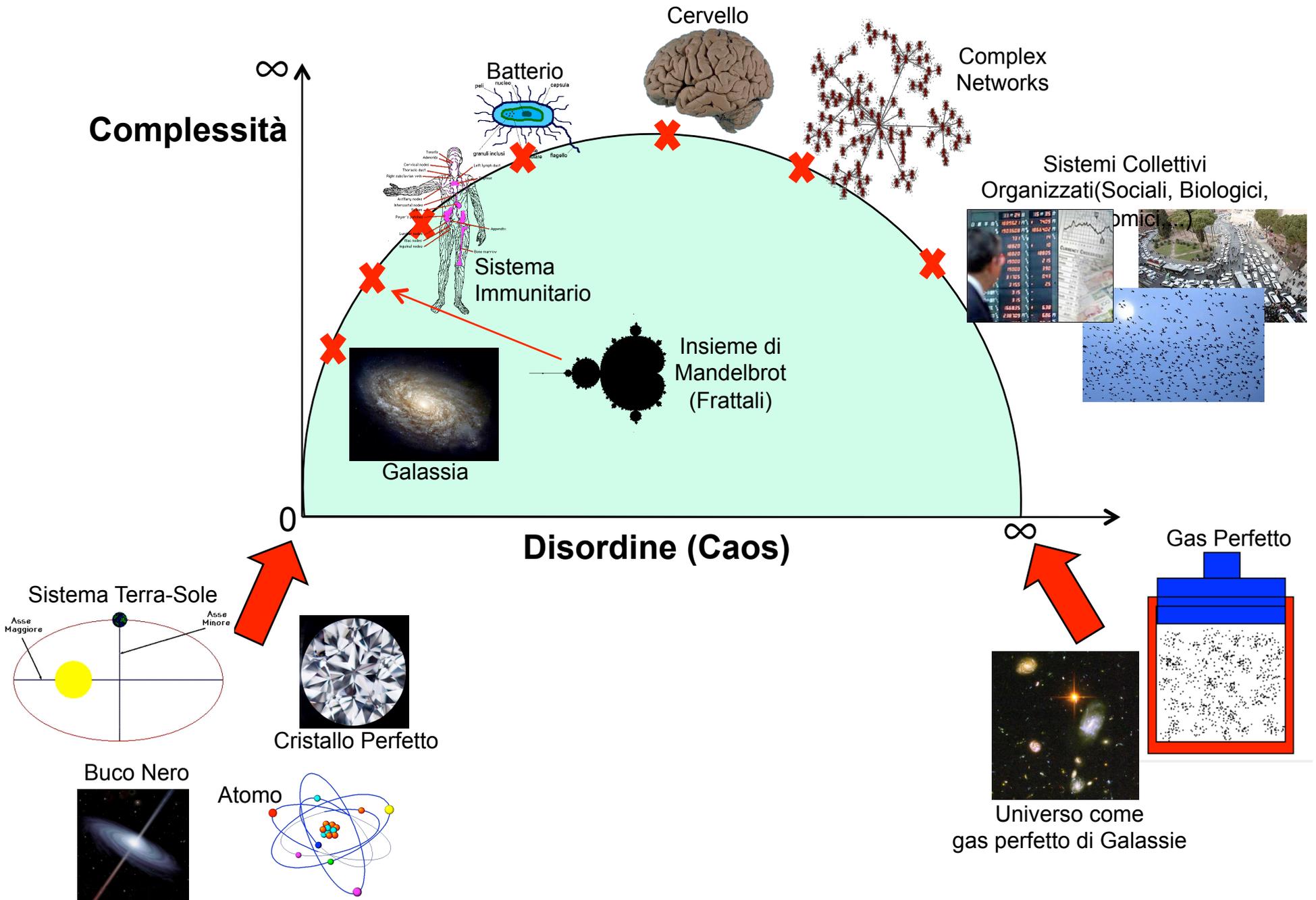
Da un **punto di vista dinamico** è possibile descrivere un sistema complesso come un insieme costituito da numerosi elementi detti “**agenti**” (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...) che **interagiscono** tra loro in modo non lineare di solito spostandosi all’interno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



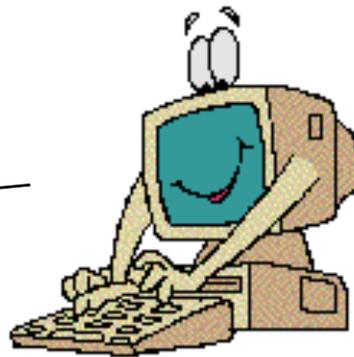
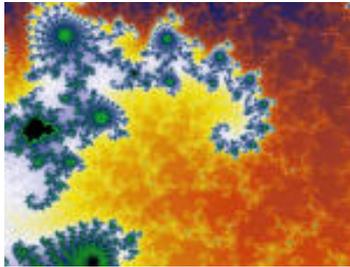
Da un **punto di vista topologico** (cioè se ci interessa invece sapere “chi interagisce con chi”) è anche possibile descrivere un sistema complesso come una **rete** (network) costituita da un certo numero di **nodi** (particelle, cellule, piante, animali, individui, opinioni, automobili, etc...) collegati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



Complessità "at the edge of chaos"



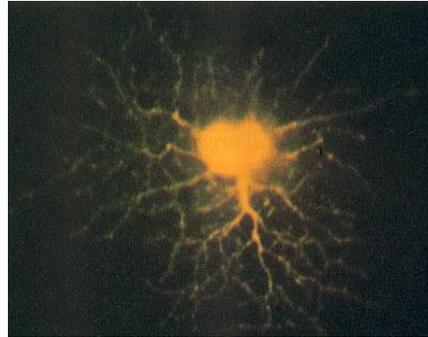
Autosimilarità e Invarianza di Scala



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

Autosimilarità in natura

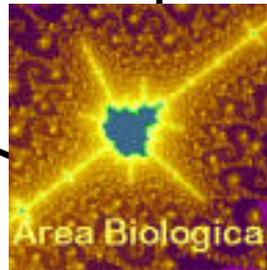
neuroni



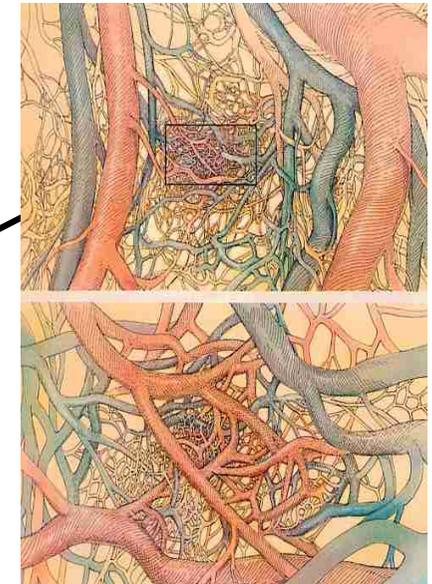
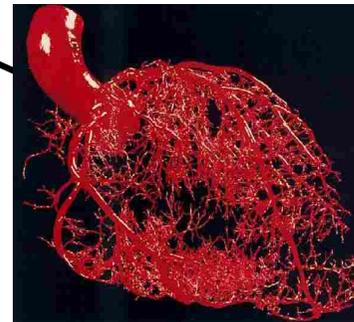
cavolfiore



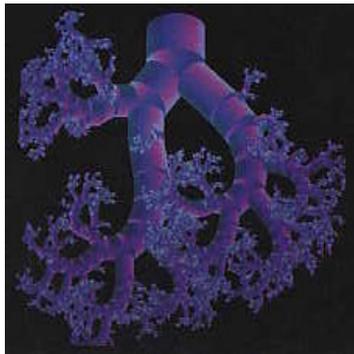
foglie



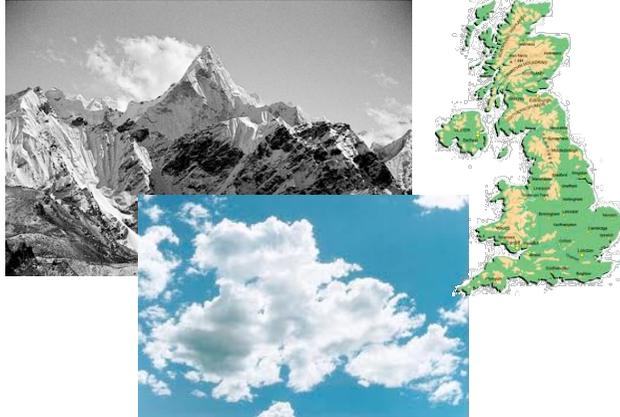
cuore



bronchi

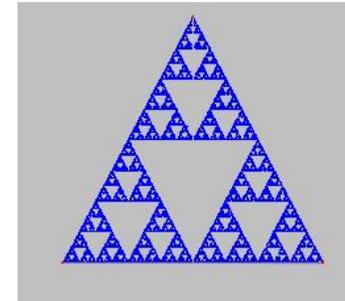


Autosimilarità in matematica: i Frattali



Per descrivere matematicamente **oggetti complessi e frastagliati**, come la costa di un'isola, il profilo di una catena montuosa o la struttura di una nuvola, i matematici hanno introdotto il concetto di "frattale".

Un **frattale** è un oggetto geometrico che si ripete nella sua struttura allo stesso modo su scale diverse, ovvero che non cambia aspetto anche se visto con una lente d'ingrandimento. In altre parole è un oggetto dotato delle proprietà di **auto-similarità e invarianza di scala**.



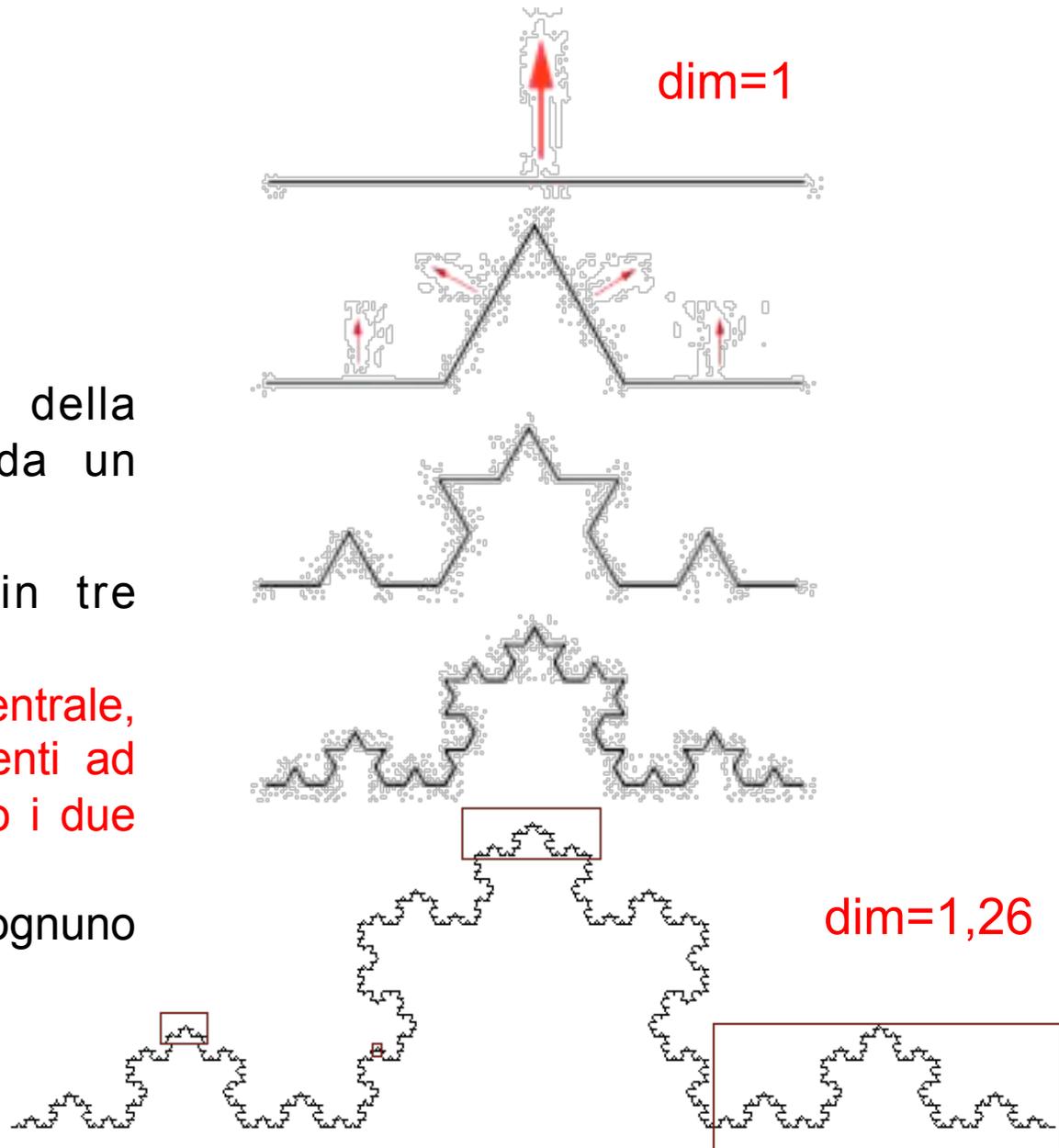
Il termine "frattale" venne coniato nel 1975 dal matematico francese **Benoît Mandelbrot**, e deriva dal latino **fractus** (rotto, spezzato), così come il termine frazione; infatti le immagini frattali sono considerate dalla matematica oggetti di **dimensione frazionaria**.

Autosimilarità negli oggetti frattali

La curva di Koch

Procedura di generazione della curva di Koch a partire da un segmento:

1. dividere il segmento in tre segmenti uguali;
2. cancellare il segmentino centrale, sostituendolo con due segmenti ad esso identici che costituiranno i due lati di un triangolo equilatero;
3. tornare al punto 1 per ognuno degli attuali segmenti.



L'insieme di Mandelbrot

. $P_0 \rightarrow$ successione
divergente

. $P_0 \rightarrow$ successione
convergente

$$P_0 = x + i y$$

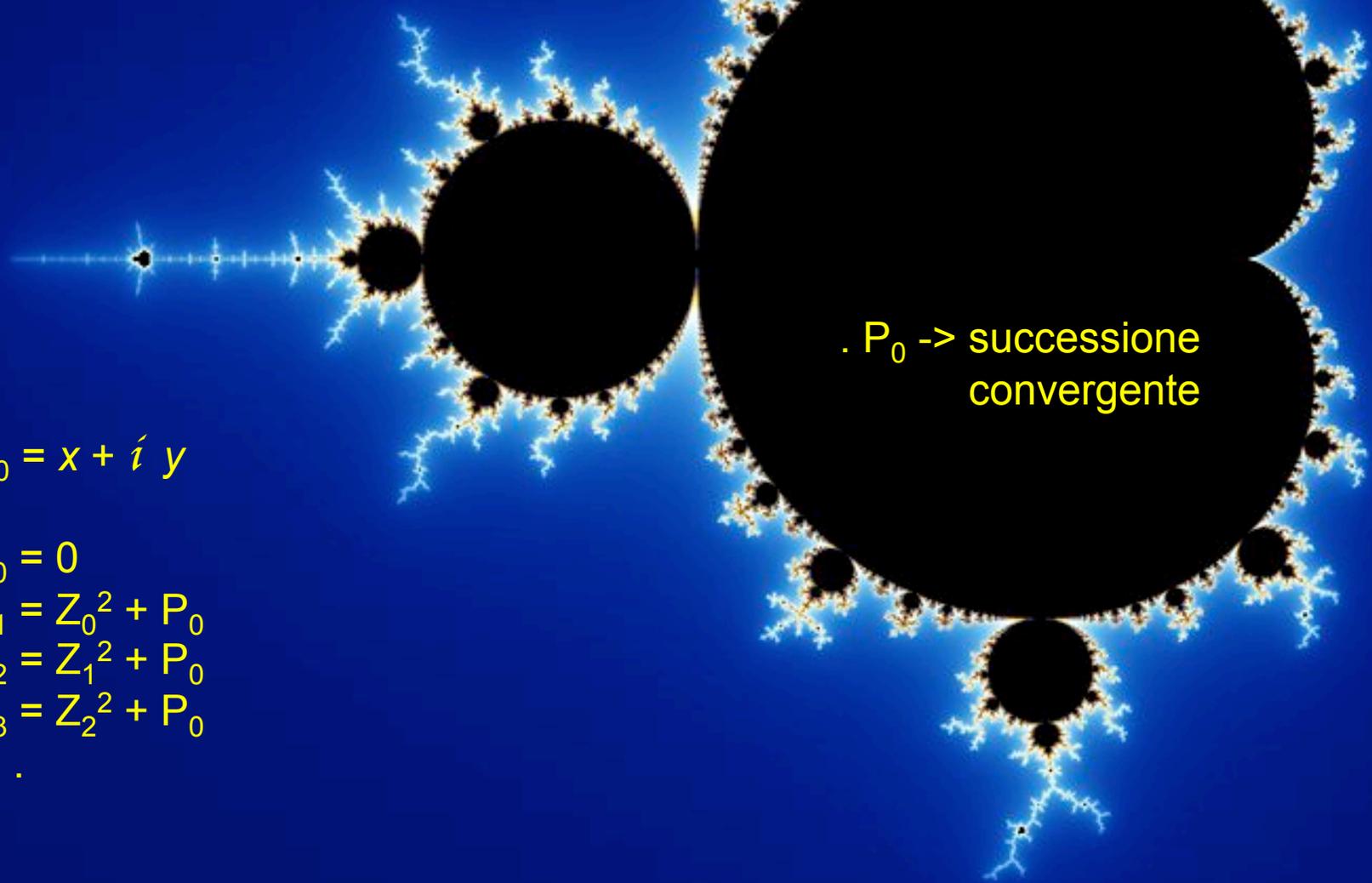
$$Z_0 = 0$$

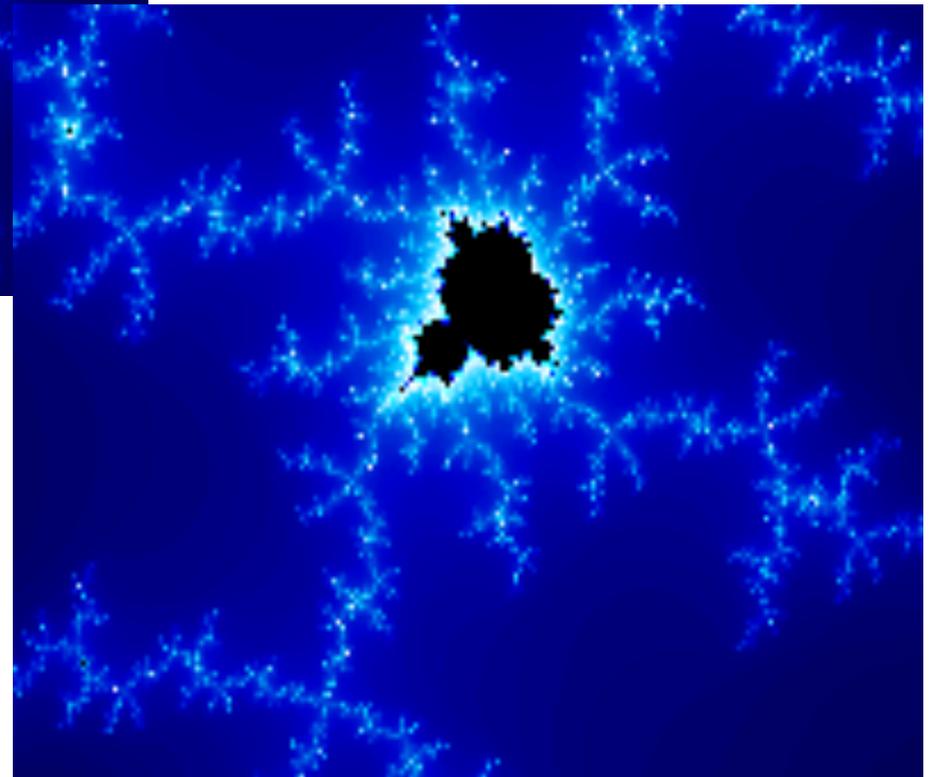
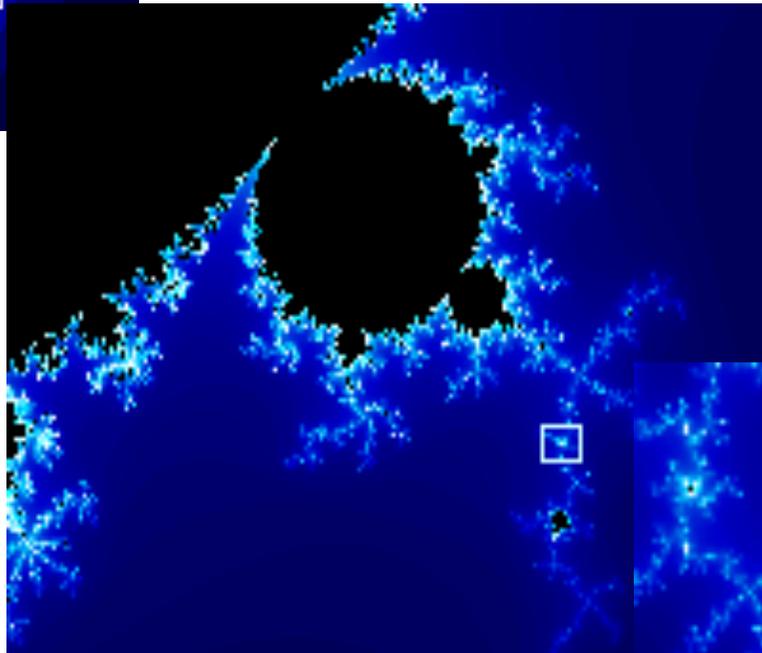
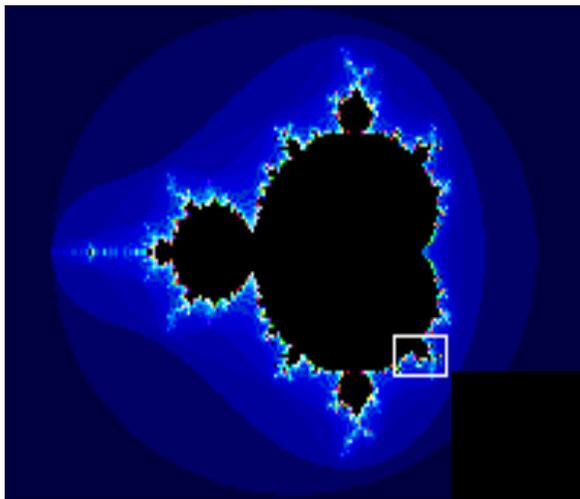
$$Z_1 = Z_0^2 + P_0$$

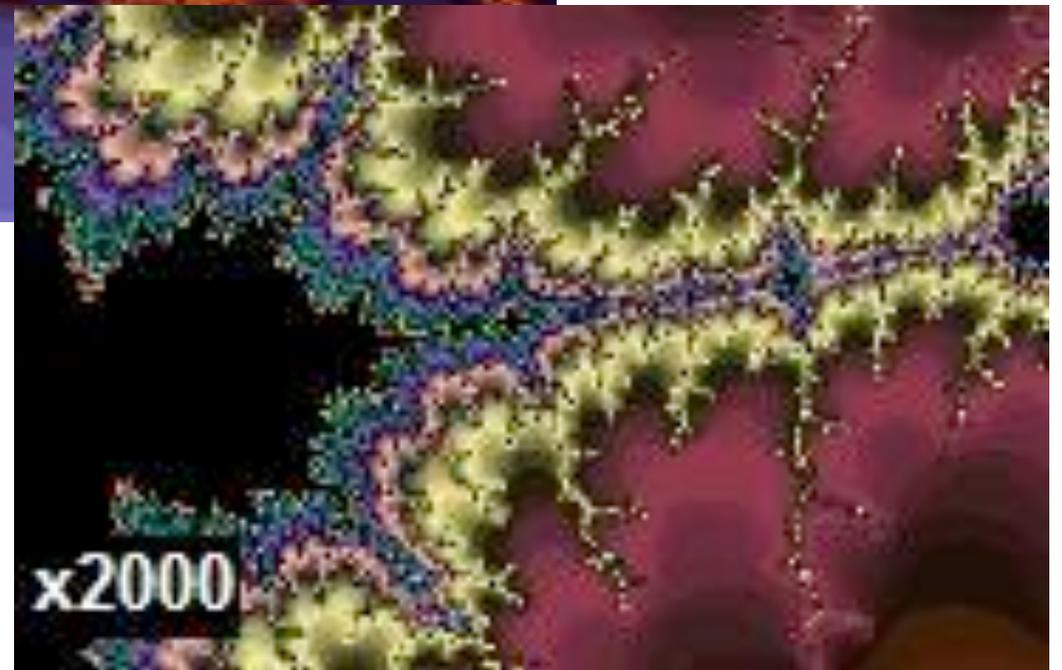
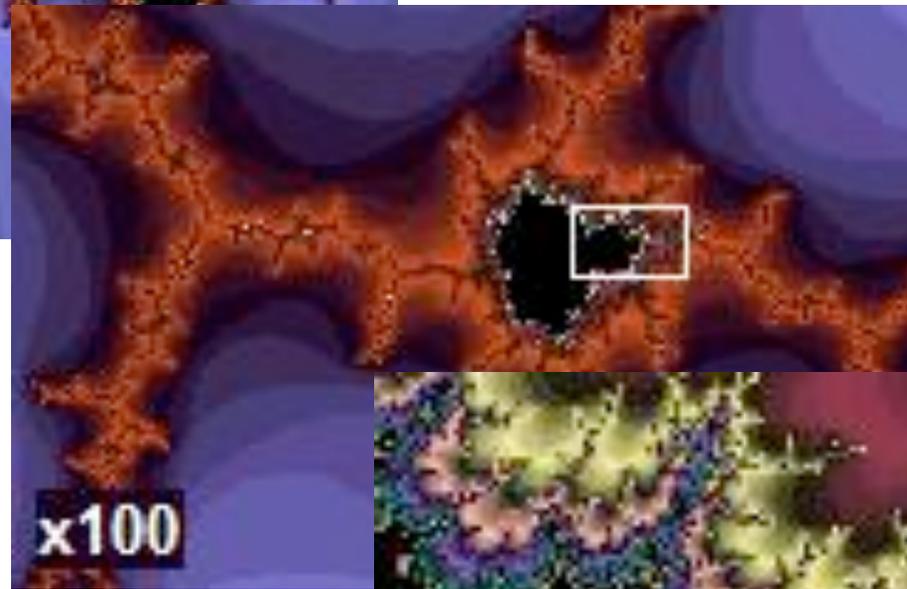
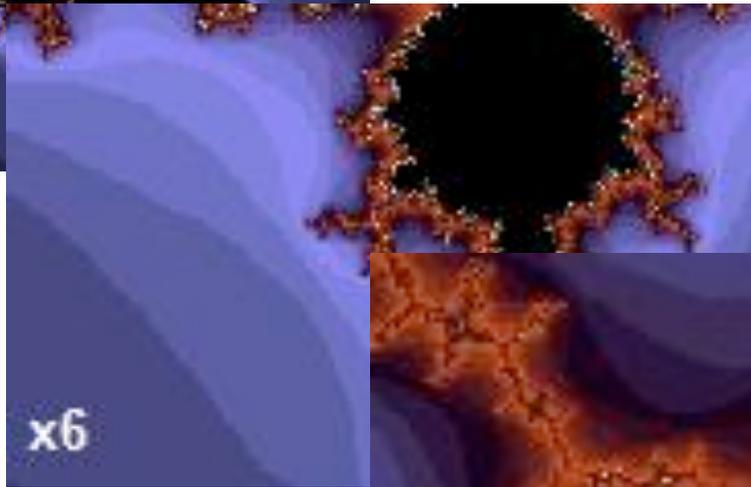
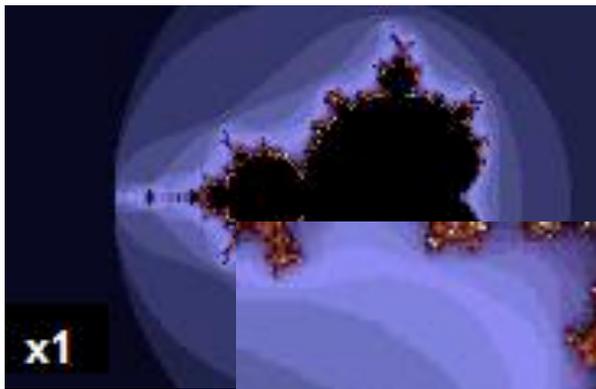
$$Z_2 = Z_1^2 + P_0$$

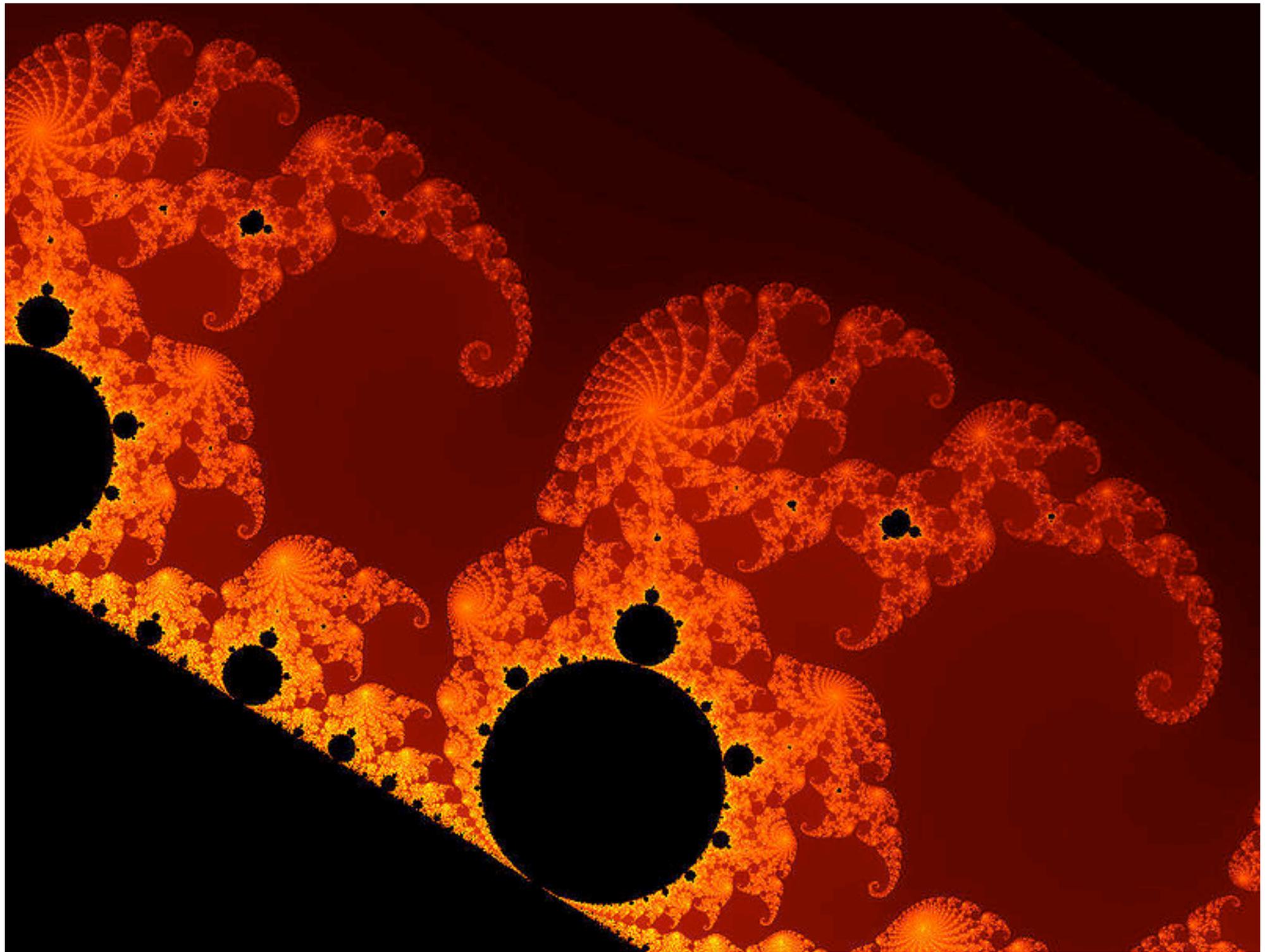
$$Z_3 = Z_2^2 + P_0$$

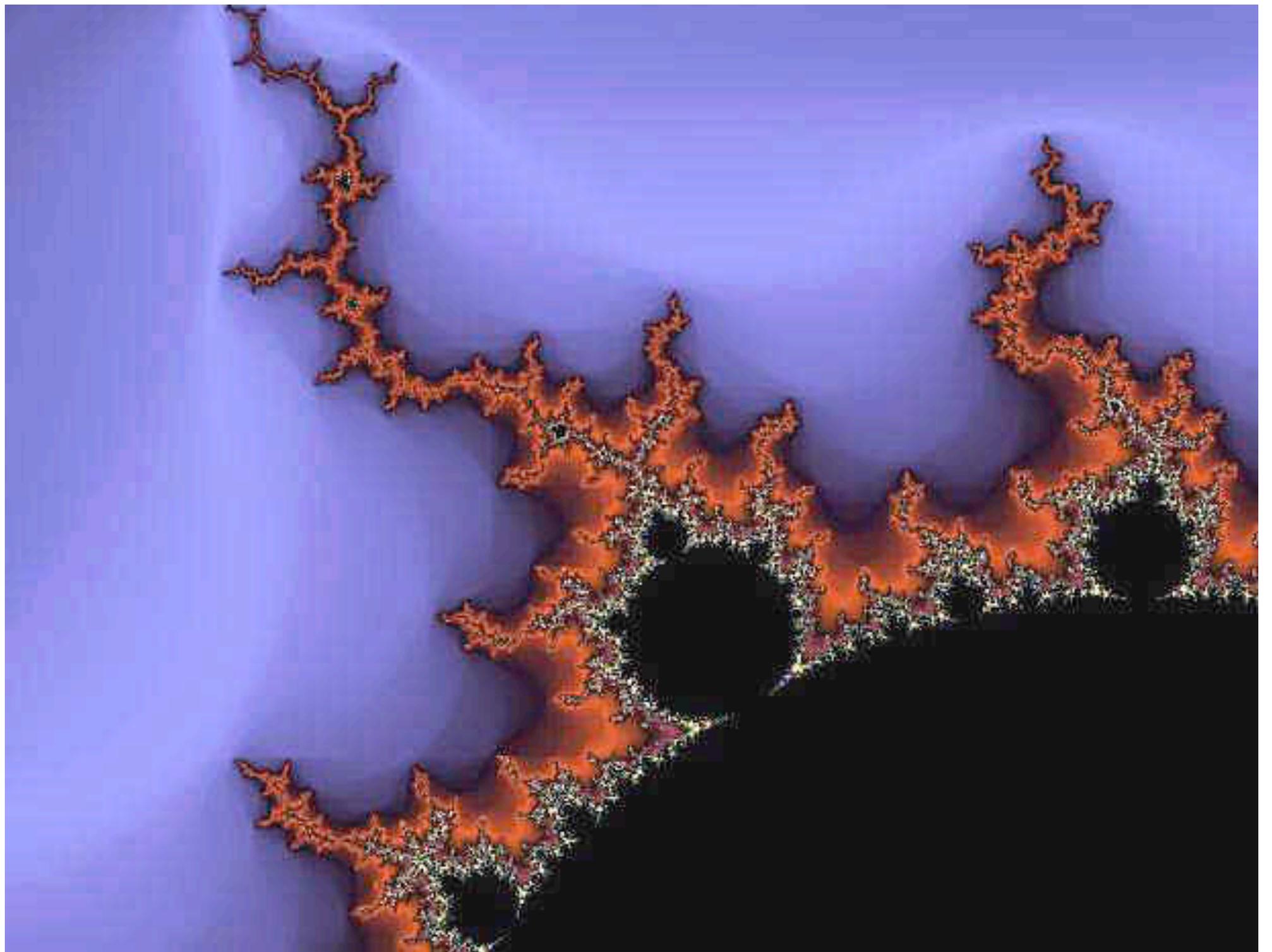
...

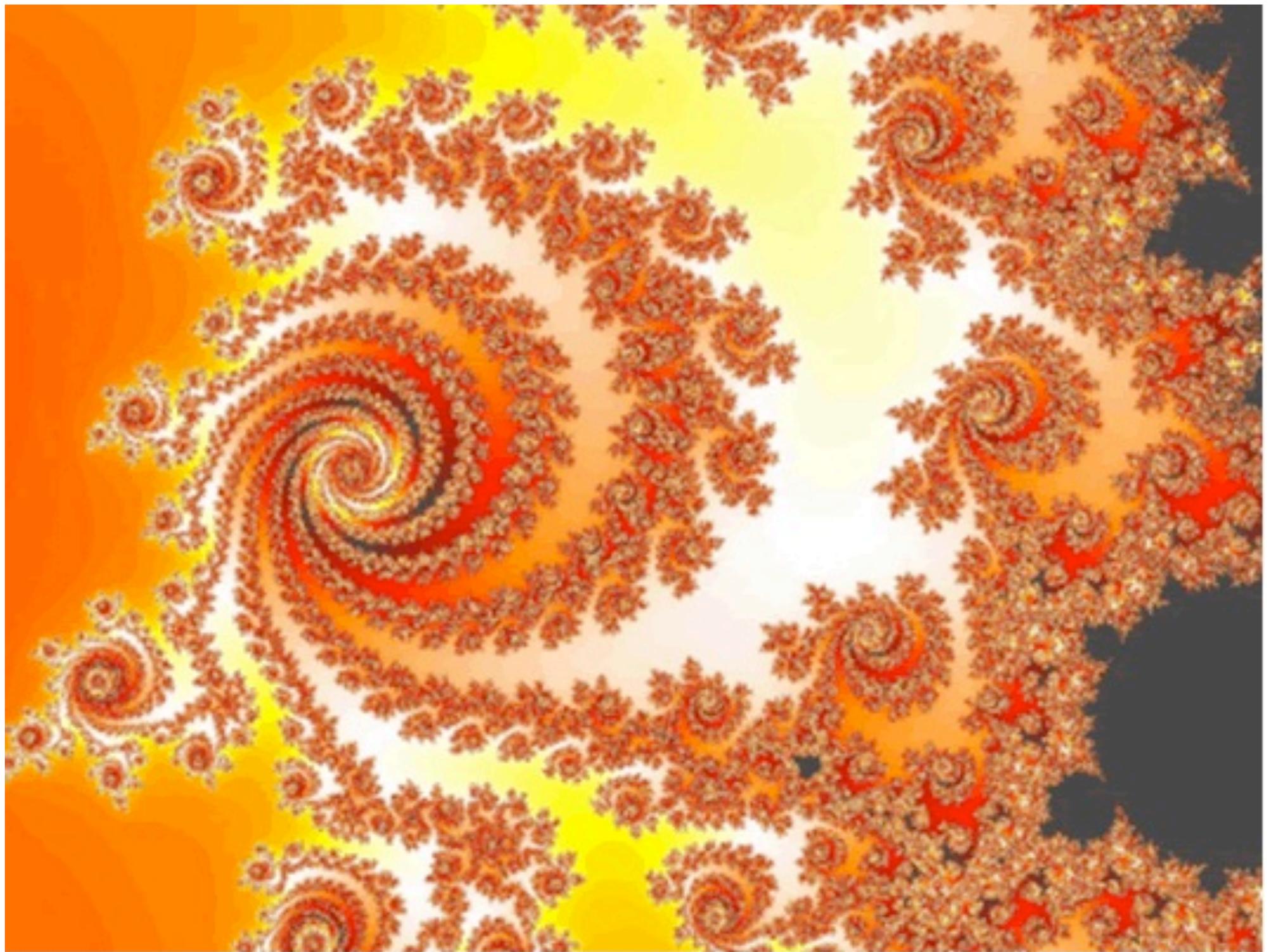


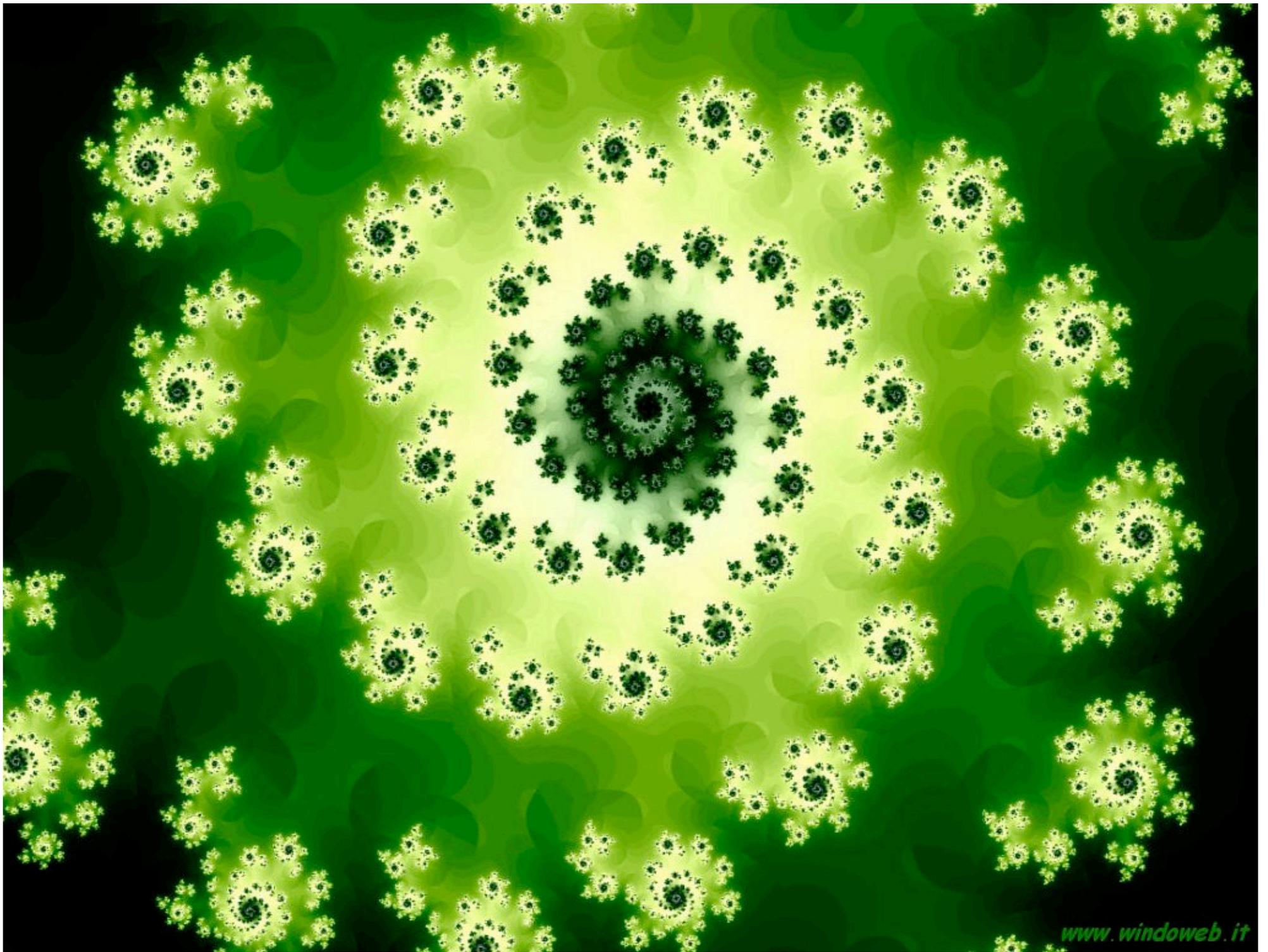




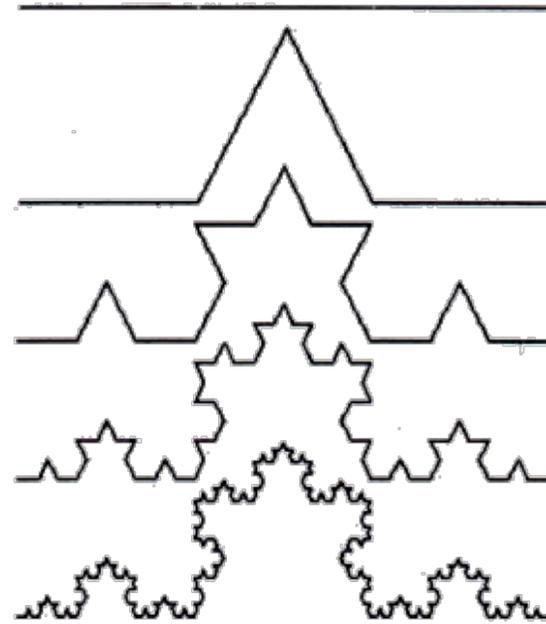








**Ma esiste
una 'firma'
matematica
dell'autosimilarità?**



PICCOLA DIGRESSIONE STATISTICA...

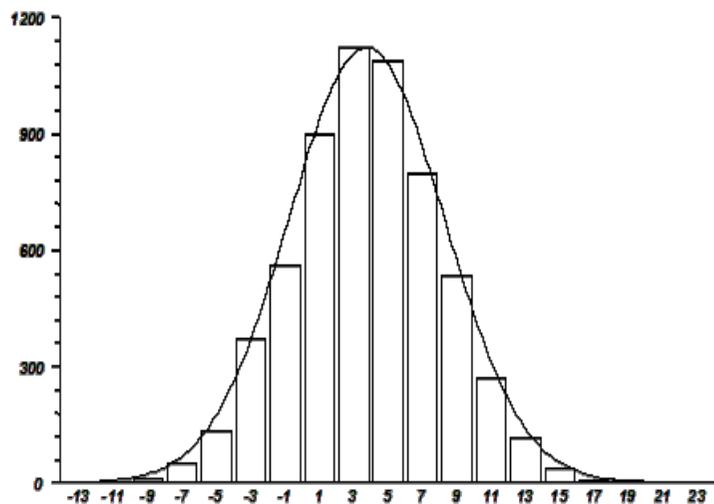
Qual'è la forma della distribuzione dell'altezza o del peso in una popolazione?



Qual'è la forma della distribuzione della ricchezza in una popolazione?

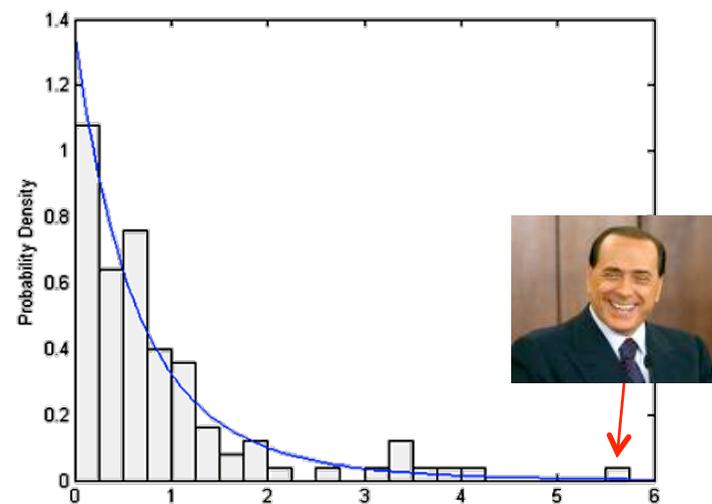


La curva Gaussiana



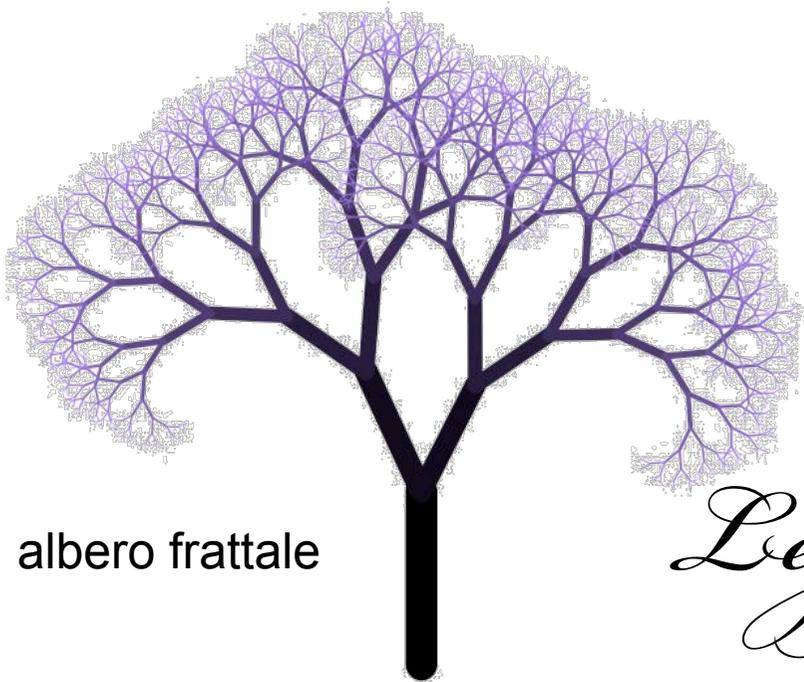
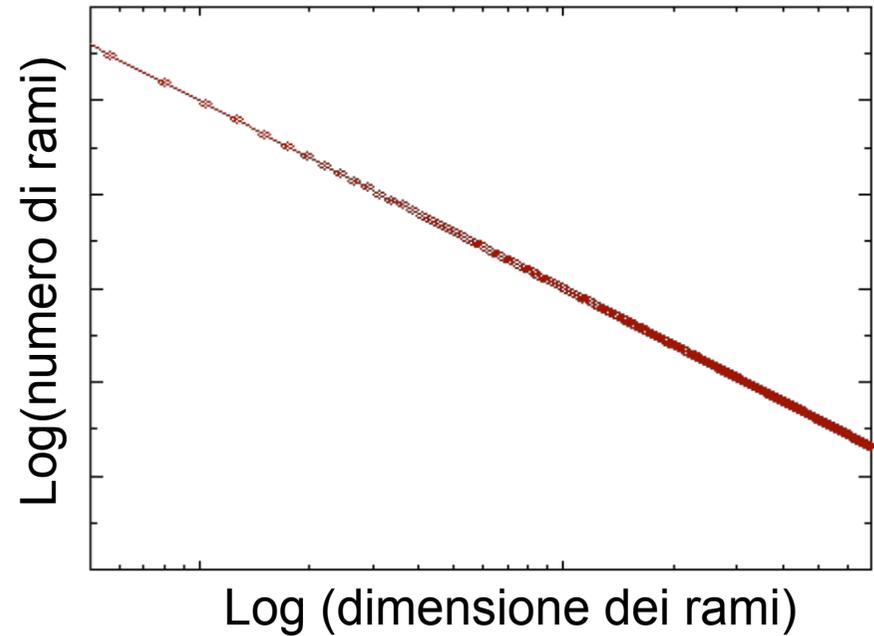
Esiste una dimensione tipica (la "media")

La legge di potenza



NON esiste una dimensione tipica (invarianza di scala)

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

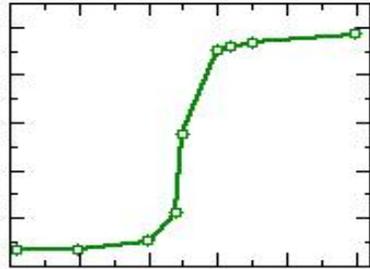


$$y = x^{-k}$$

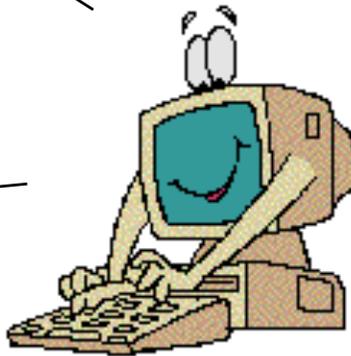
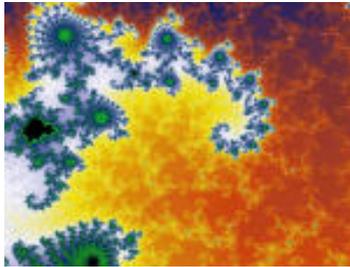
Legge di Potenza



Non linearità e Soglie Critiche



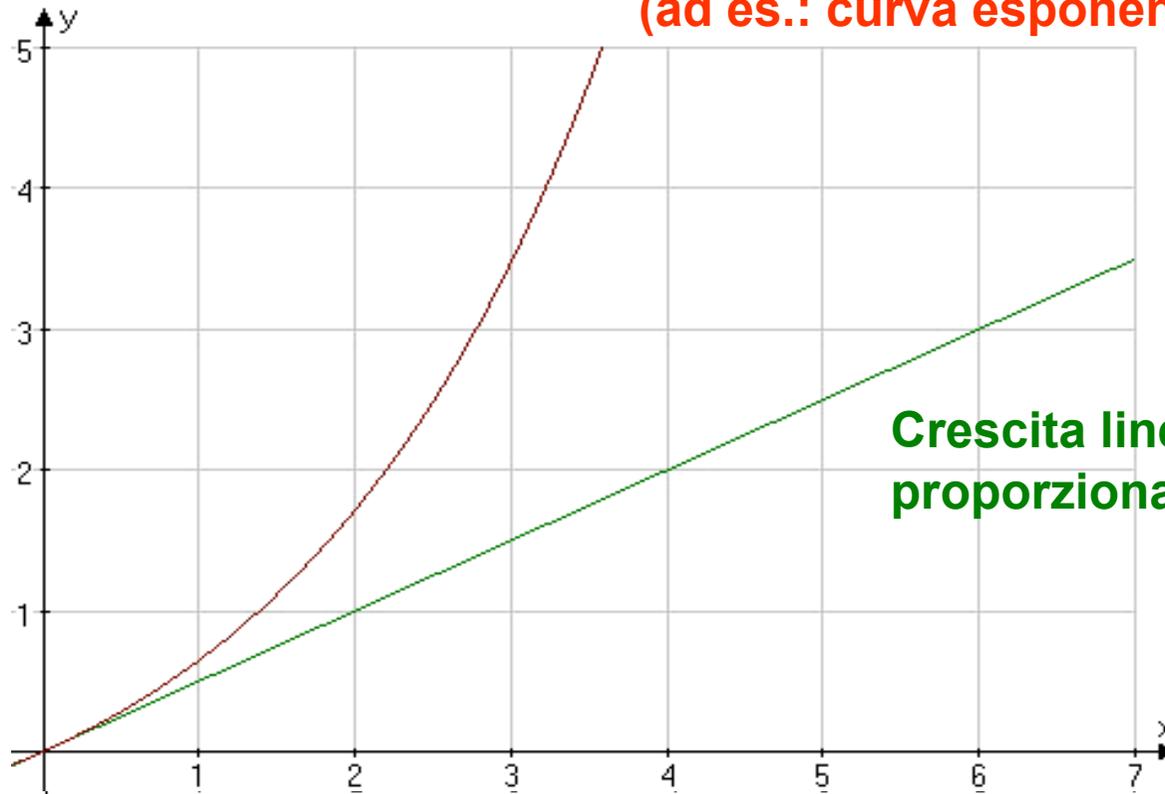
Autosimilarità e Invarianza di Scala



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

Non linearità

Crescita non-lineare: l'effetto y non è più proporzionale alla causa x (ad es.: curva esponenziale)



Crescita lineare: l'effetto y è proporzionale alla causa x

Non linearità e fogli di carta

Domanda1: se si potesse piegare un **normale foglio di carta** (spesso circa 0.15mm) in due, poi di nuovo in due, e così via per **50 volte**, quale sarebbe lo **spessore finale** del foglio?



Risposta lineare: lo spessore di un elenco telefonico o al massimo l'altezza di un frigorifero

Risposta non-lineare: più della distanza tra la Terra e il Sole!!!

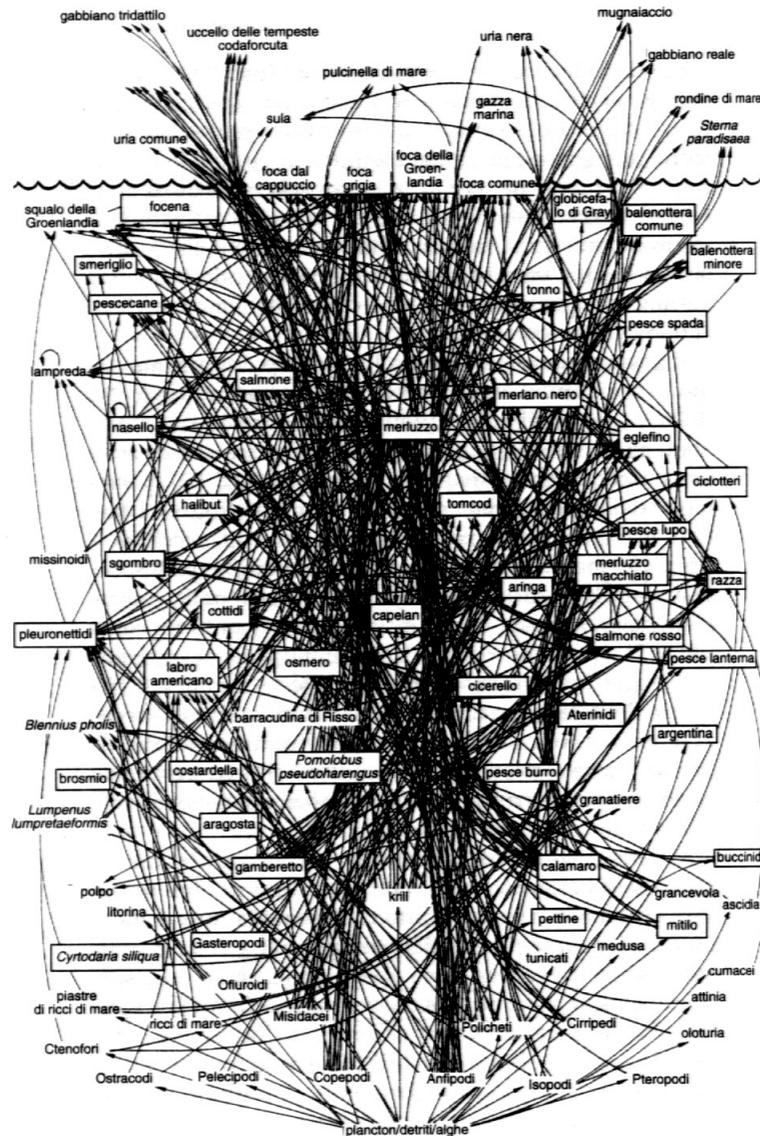
Infatti: $(0.15\text{mm}) \times 2 \times 2 \times 2 \dots \times 2 (50 \text{ volte})$
 $= 0.15\text{mm} \times 2^{50} = 169.000.000 \text{ Km}$



Non linearità , foche e merluzzi

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

...e 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!



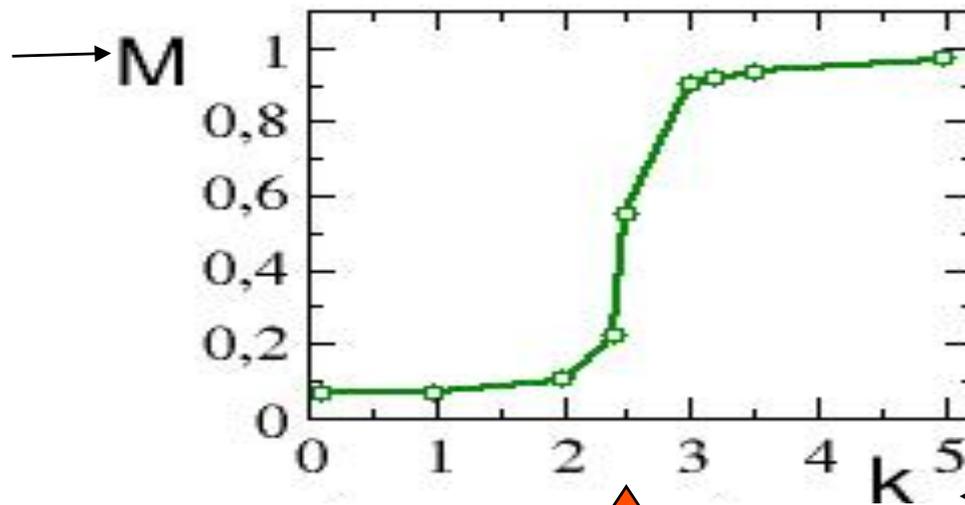
Ma la rete alimentare del nord atlantico è una **rete complessa** (ne ripareremo più avanti...) formata da 150 specie diverse che interagiscono in modo **altamente non lineare!**

L'alterazione del numero delle foche diede luogo a migliaia di catene di retroazioni, rendendo di fatto impossibile prevedere l'effetto sui merluzzi!

Non linearità e Soglie critiche

I sistemi non lineari di solito non cambiano gradualmente ma attraversano delle **SOGLIE CRITICHE** dopo le quali la loro **struttura** (nello spazio) e/o il loro **comportamento** (nel tempo) cambia drasticamente...

parametro
d'ordine



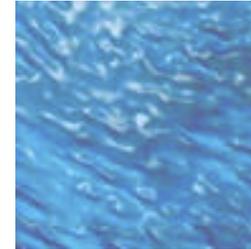
parametro di
controllo

Punto Critico

Soglie critiche in Fisica

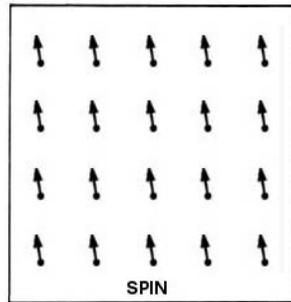


Ghiaccio

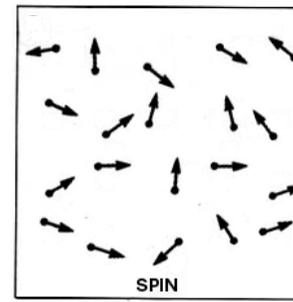


Acqua

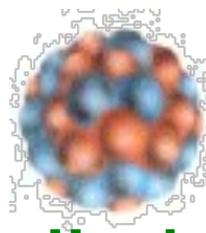
**TEMPERATURA
CRITICA**



Magnete ordinato



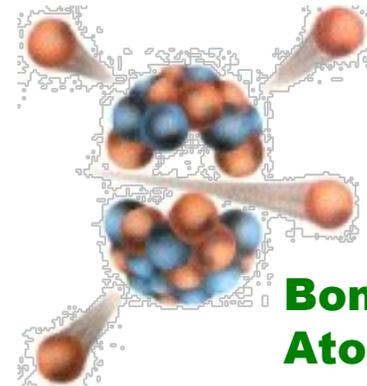
Magnete disordinato



Uranio



**MASSA
CRITICA**



**Bomba
Atomica**

Soglie critiche nella Percezione

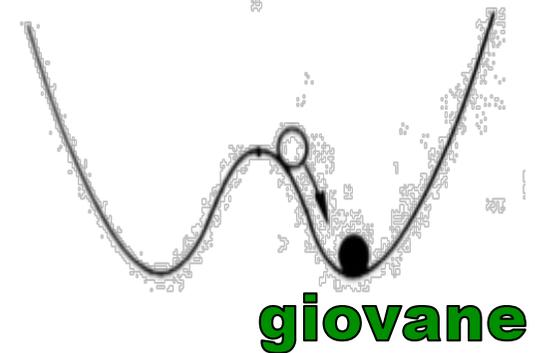
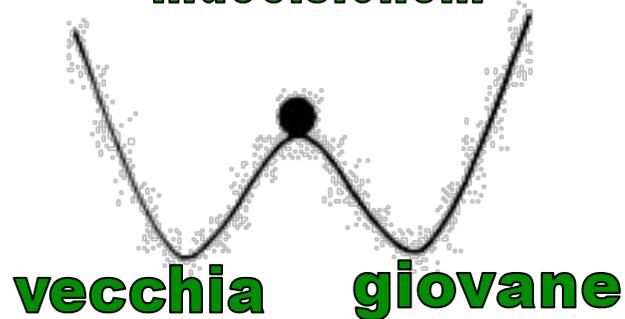


indecisione...

giovane o vecchia?



Punto Critico





Effetto domino di Granovetter

Soglia critica di attivazione nelle risse



Gruppo A



Soglia media di attivazione: 4,5

La rissa inizia!

Gruppo B



Soglia media di attivazione: 1

Nonostante vi sia una minore soglia di attivazione media rispetto al gruppo A, qui manca l'elemento con soglia 0, quindi la rissa non inizia!

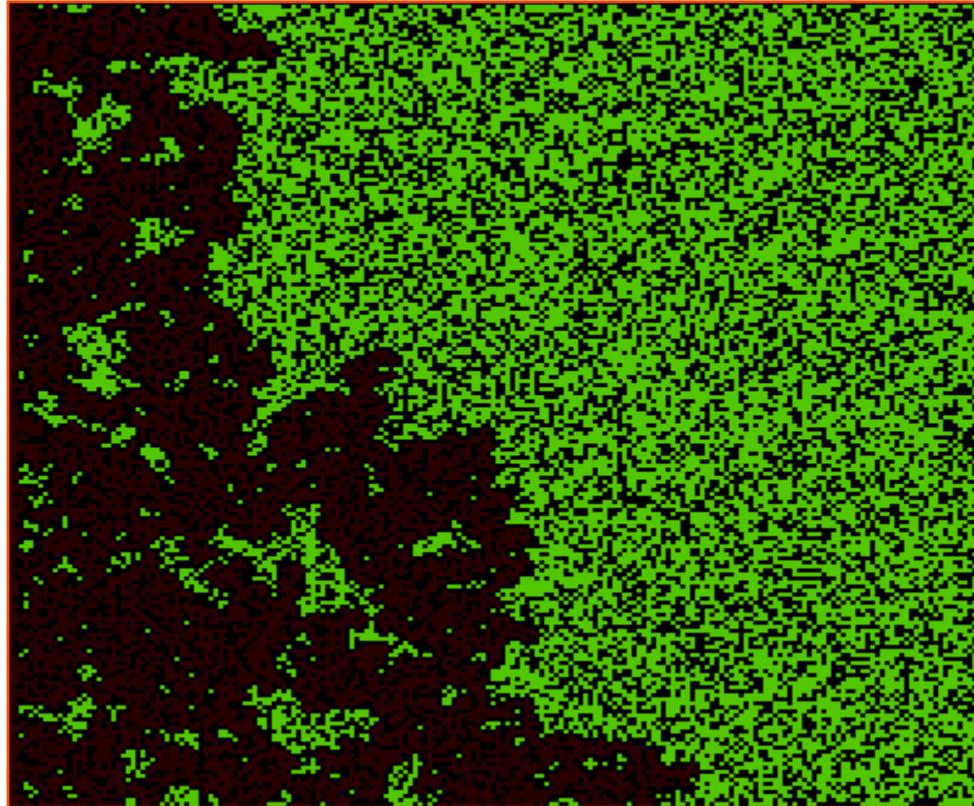
Gruppo A'



E' quasi identico al gruppo A, ma manca l'elemento con soglia 1: la rissa non inizia!



Soglie critiche nella propagazione degli incendi





gli incendi

le valanghe



i terremoti

l'estinzione delle specie



**I sistemi dotati di soglie critiche sono moltissimi, e molto diversi tra loro
Ma spesso hanno anche qualcosa in comune...**

**le mode o
le epidemie**



i crolli in Borsa

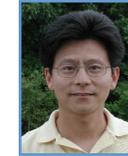
lo scoppio delle guerre



gli ingorghi del traffico

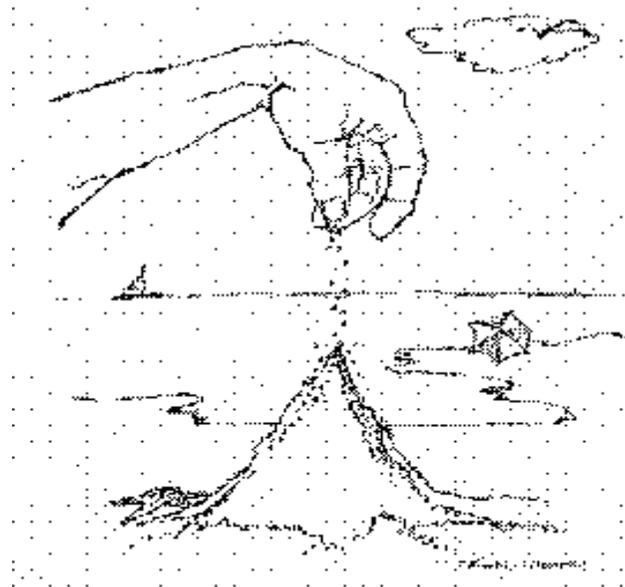


La Criticità Auto-organizzata



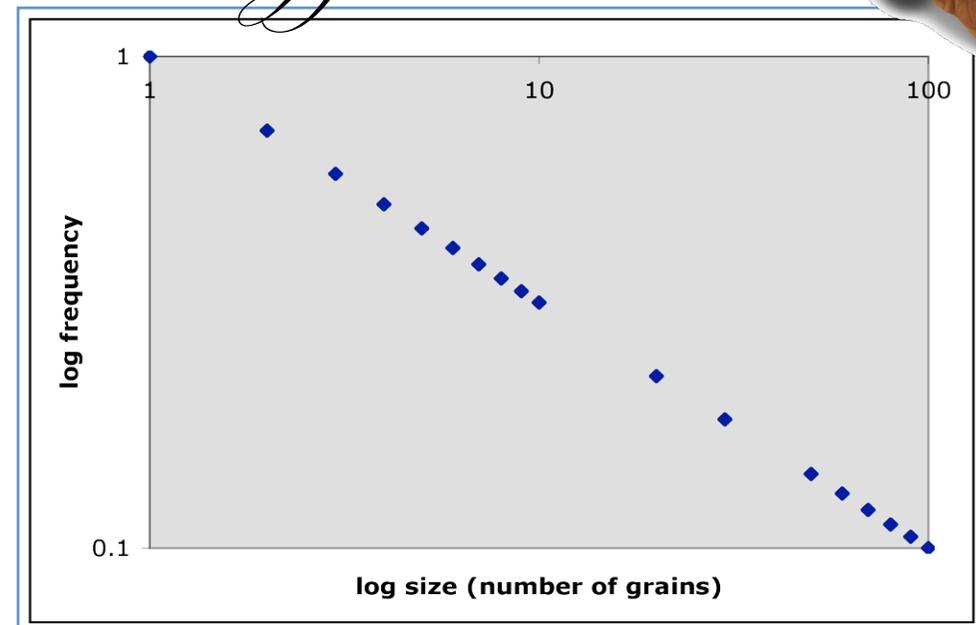
Nel 1987, studiando la **formazione delle “valanghe”** in un mucchietto di sabbia (sandpile), tre ricercatori americani, Per Bak, Chao Tang e Kurt Weisenfeld scoprirono un importante meccanismo fisico generatore di complessità, noto come **“criticità auto-organizzata”**, il quale permette di capire come molti sistemi, apparentemente assai diversi tra loro, siano tutti riconducibili a un semplice modello matematico dotato della stessa logica di base ma anche di una stessa **“firma matematica”**....

Sandpile Model



P.Bak, C.Tang and K.Weisenfeld, PRL 59 (1987)

La Legge di Potenza





i terremoti

le valanghe



gli incendi

Le guerre



i crolli in Borsa

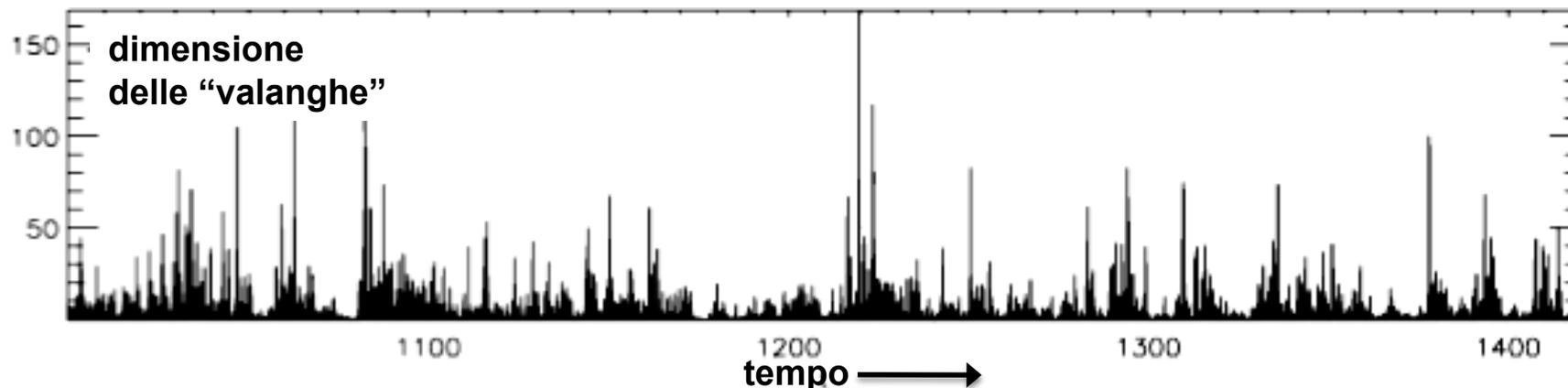
Le epidemie



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, detto:

"Stato Critico"

Si tratta di una situazione di estrema instabilità e intermittenza situata al **confine tra ordine e disordine**, molto sensibile alle condizioni iniziali e fortemente dipendente dalla storia passata del sistema, nella quale **cause anche molto piccole possono essere amplificate** dalle "dita invisibili" formate dalle correlazioni che attraversano il sistema, fino a produrre effetti ("valanghe") di qualunque dimensione!





i terremoti

le valanghe



gli incendi

Le guerre



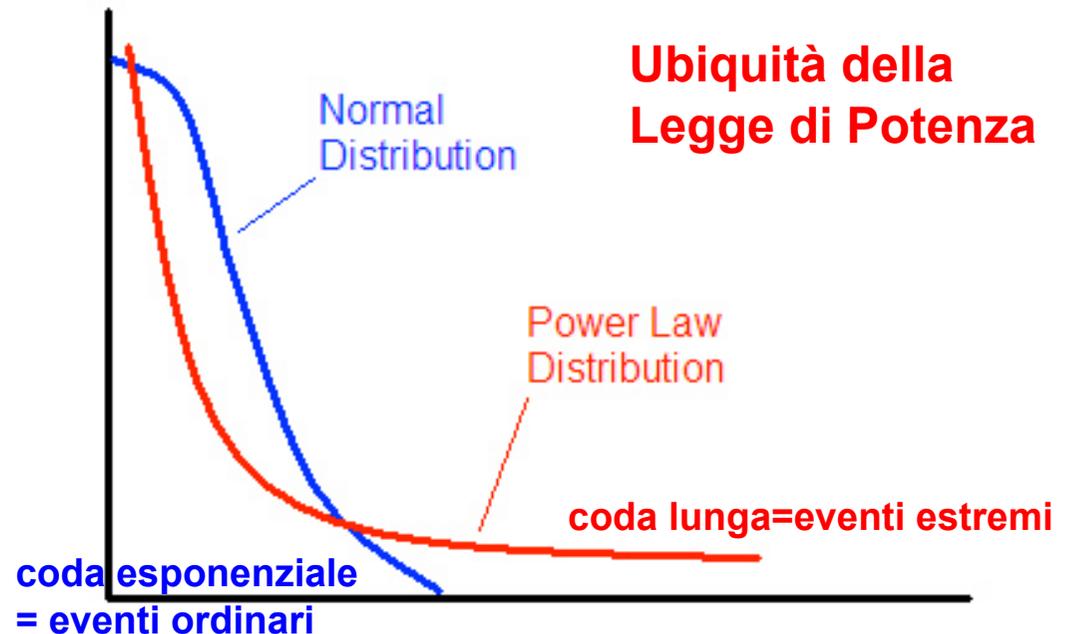
i crolli in Borsa

Le epidemie

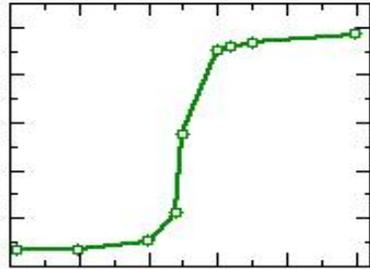


“Ubiquità. dal terremoto al crollo dei mercati, dai trend della moda alle crisi militari: la nuova legge universale del cambiamento”

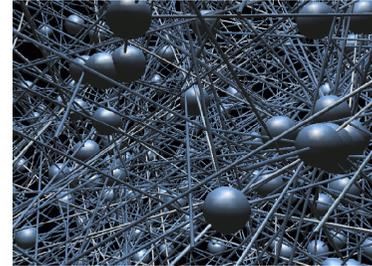
**Mark Buchanan
2001 – Mondadori (collana Saggi)**



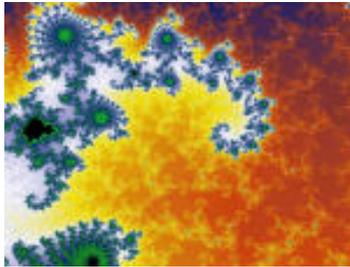
**Non linearità e
Soglie Critiche**



**Reti Complesse tra
Ordine e Caos**

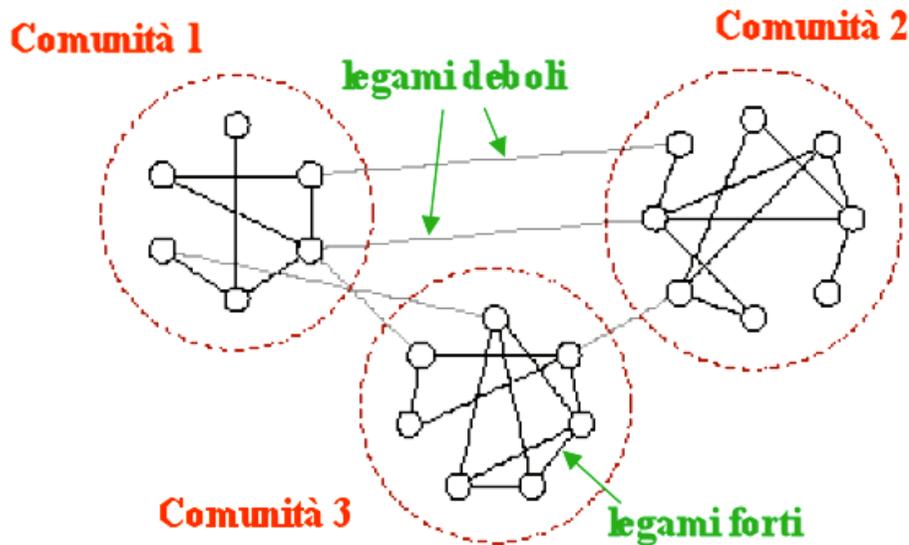


**Autosimilarità e
Invarianza di Scala**



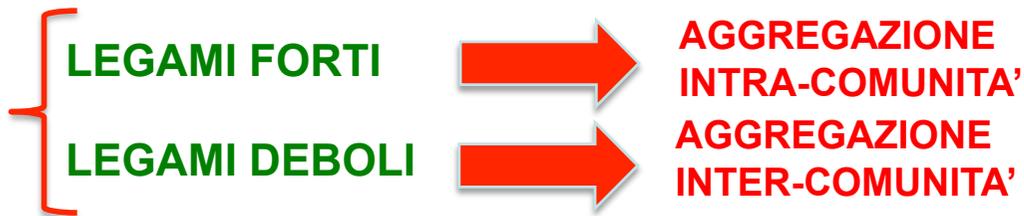
**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

Proprietà delle reti complesse



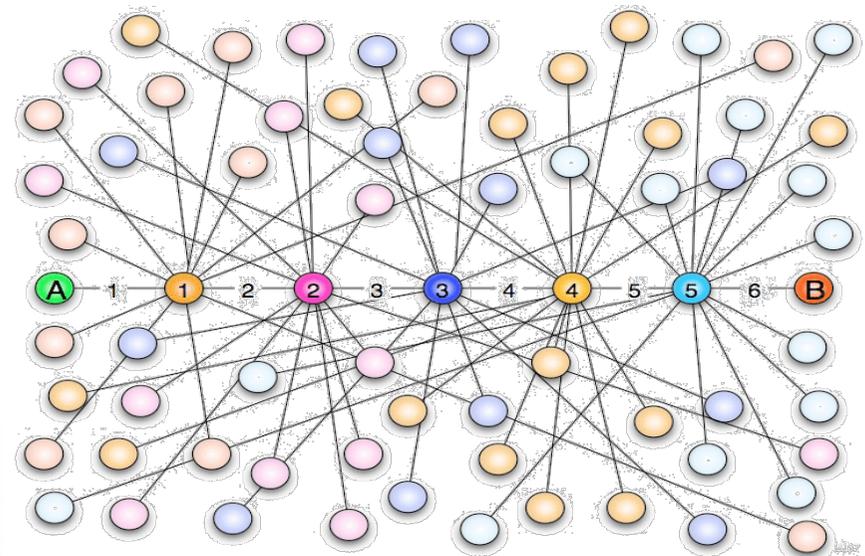
1) Le reti complesse, e quelle sociali in particolare, sono caratterizzate dalla presenza di comunità, che possono essere intuitivamente definite come sottoinsiemi di nodi che risultano più densamente connessi se confrontati con il resto della rete (**AGGREGAZIONE**).

Mark Granovetter: "La forza dei legami deboli" (Baltimora, 1973)



2) Ma le reti complesse sono di solito anche caratterizzate da una piccola distanza media tra qualunque coppia di nodi (individui, nel caso sociale), ovvero da:

POCHI
"GRADI DI SEPARAZIONE"



Stanley Milgram: "Six degrees of separation" (Harvard, fine anni '60)

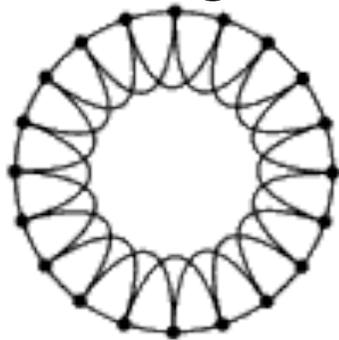
Reti “Small World”



Nel 1998 i fisici americani **Watts e Strogatz** scoprono una interessante categoria di reti, che chiameranno “**Small World**”, la cui struttura topologica si trova al confine tra ordine e disordine e fornisce un ottimo modello per moltissime reti che osserviamo in natura o nella società. Nasce così, finalmente, la nuova scienza delle **Reti Complesse**.

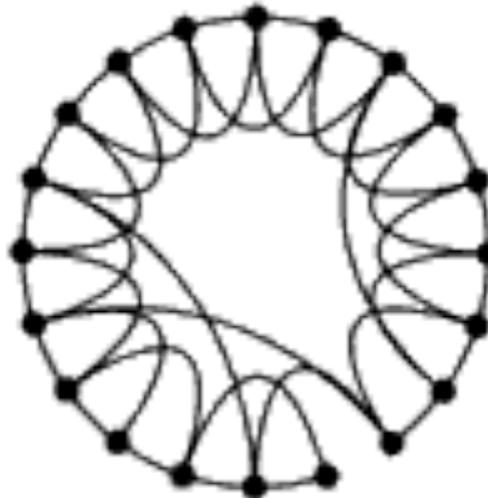


rete regolare



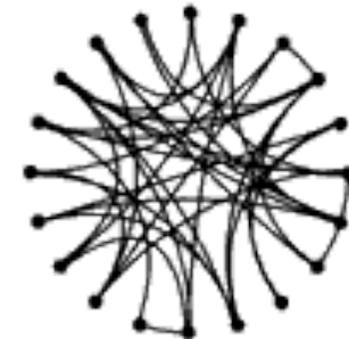
Ha una forte aggregazione,
ma troppi gradi di
separazione tra i nodi

rete small world



*Ha entrambe le proprietà
delle reti sociali!*

rete casuale



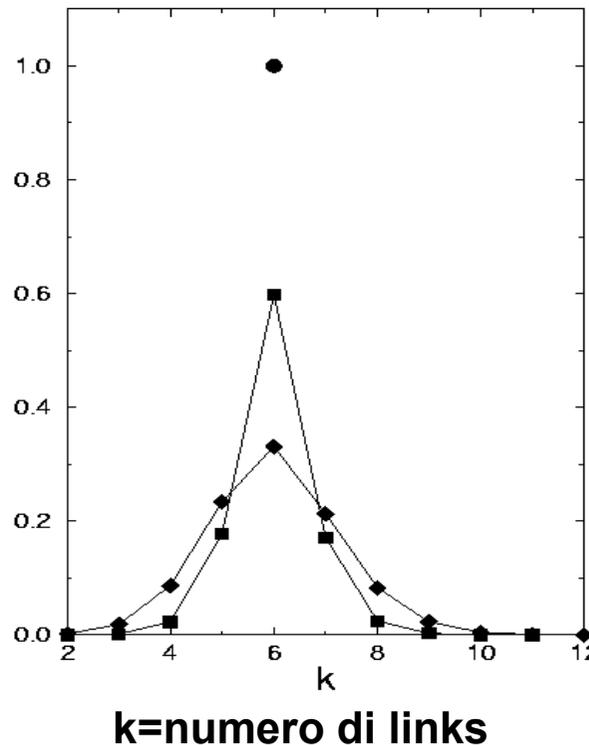
Ha pochi gradi di
separazione,
ma non ha aggregazione

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

IMPORTANTE:

Le reti small world scoperte da Watts e Strogatz sono reti 'egualitarie', cioè tutti i nodi hanno *circa* lo stesso numero k di links:

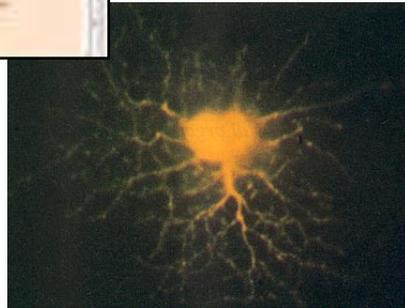
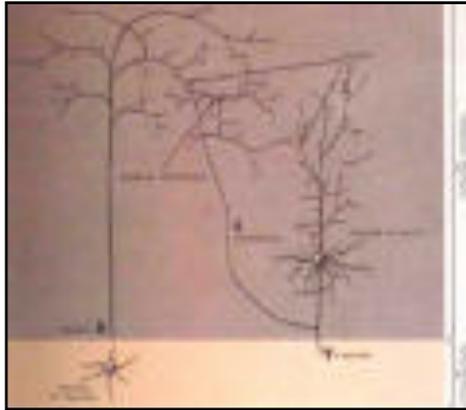
$P(k)$ =frazione di nodi con quel numero di links



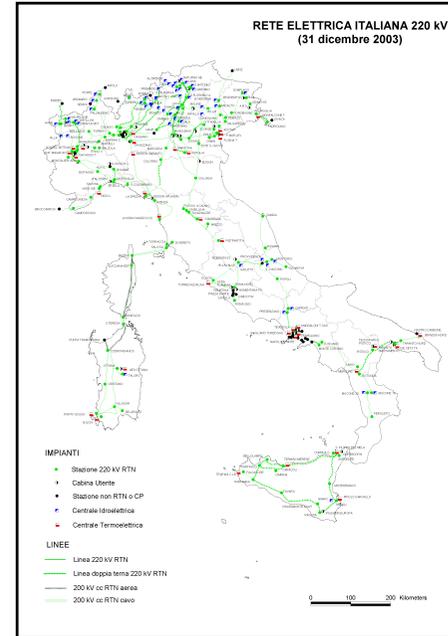
**Distribuzione
Gaussiana:
esiste una scala tipica,
la media dei links**

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

Esempi di reti small world "egualitarie"

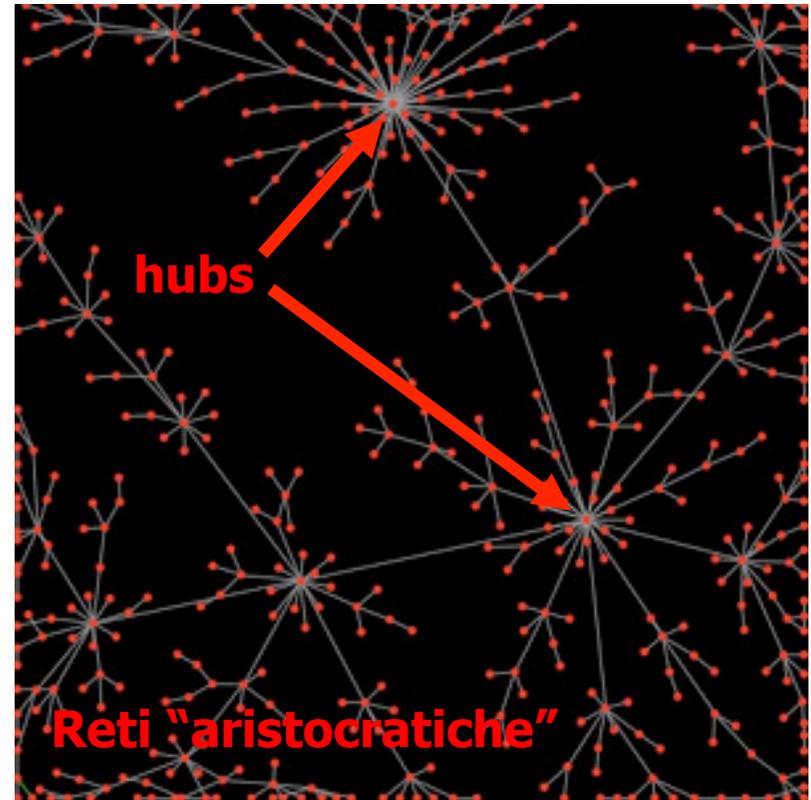
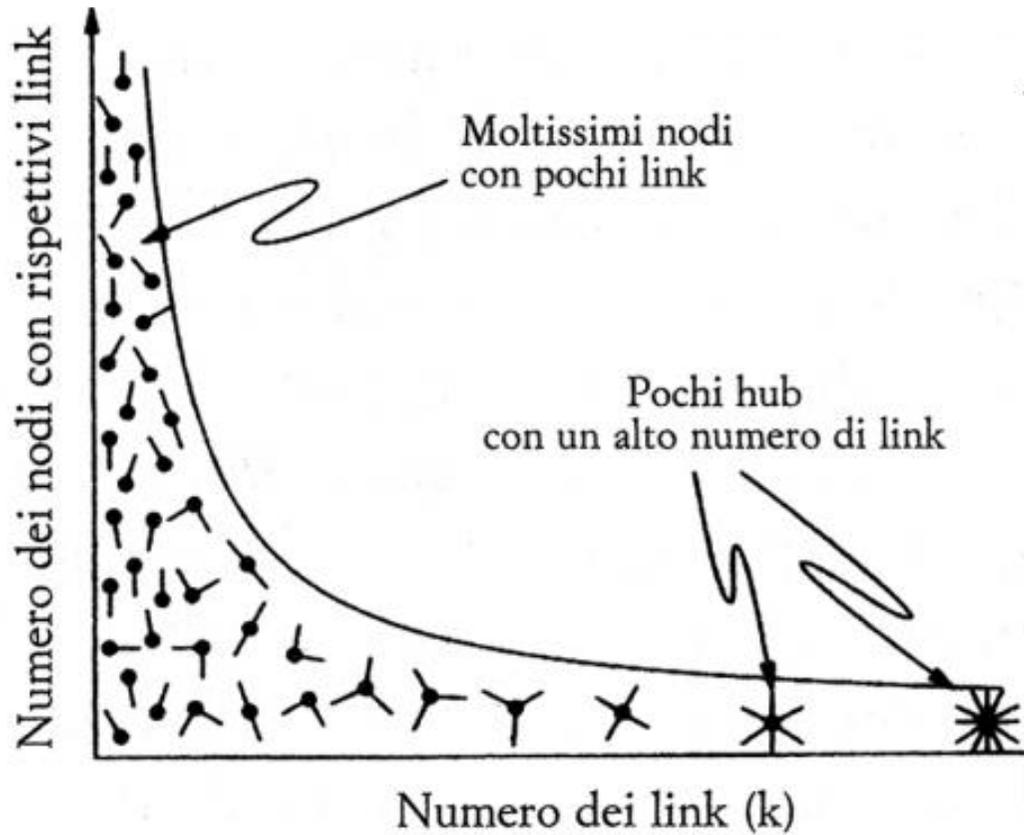


Reti di neuroni
k medio = circa 10000



Reti elettriche
k medio = circa 3

Ma non tutte le reti small world sono 'egualitarie'...

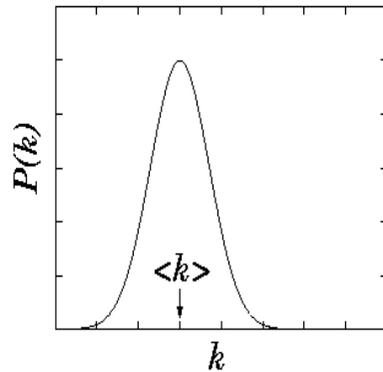


La Legge di Potenza



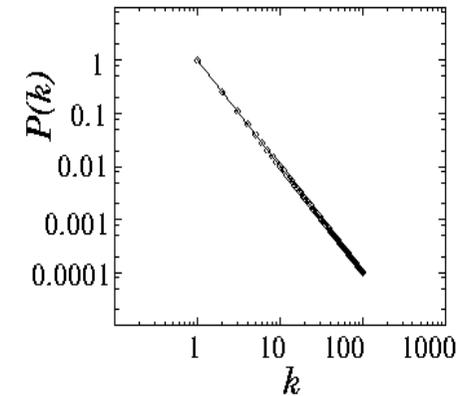
Esistono quindi due tipi fondamentali di reti small world:

Gaussiana

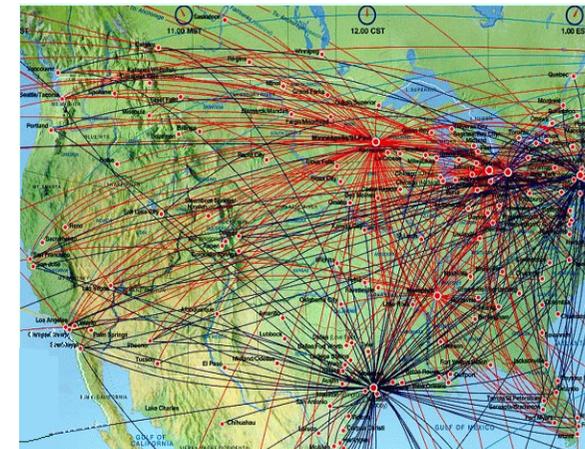


**Distribuzioni
dei links**

Legge di Potenza



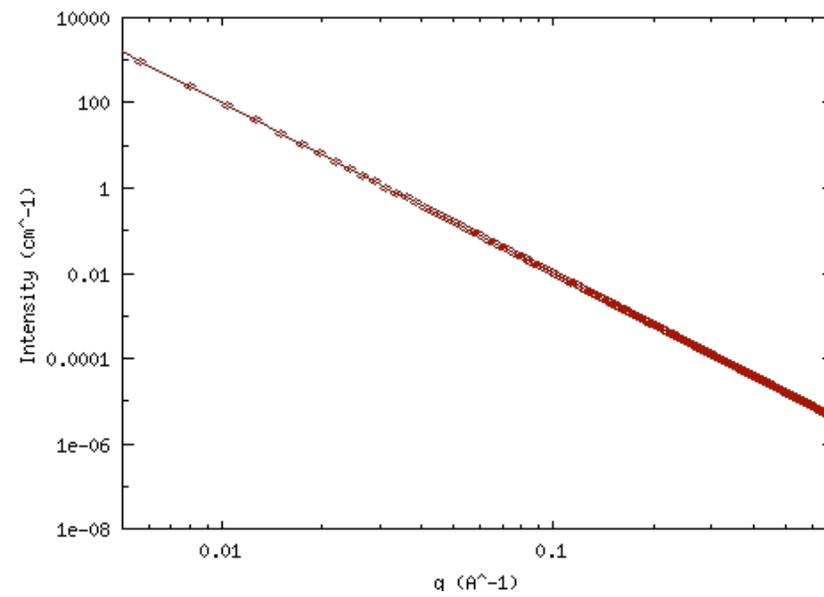
**A.L. Barabási
(USA, 1999)**



Reti "Egualitarie":
hanno una scala
caratteristica e non
hanno "hubs"

Reti "Aristocratiche":
sono prive di scala
(reti "scale free") ma
dotate di "hubs"

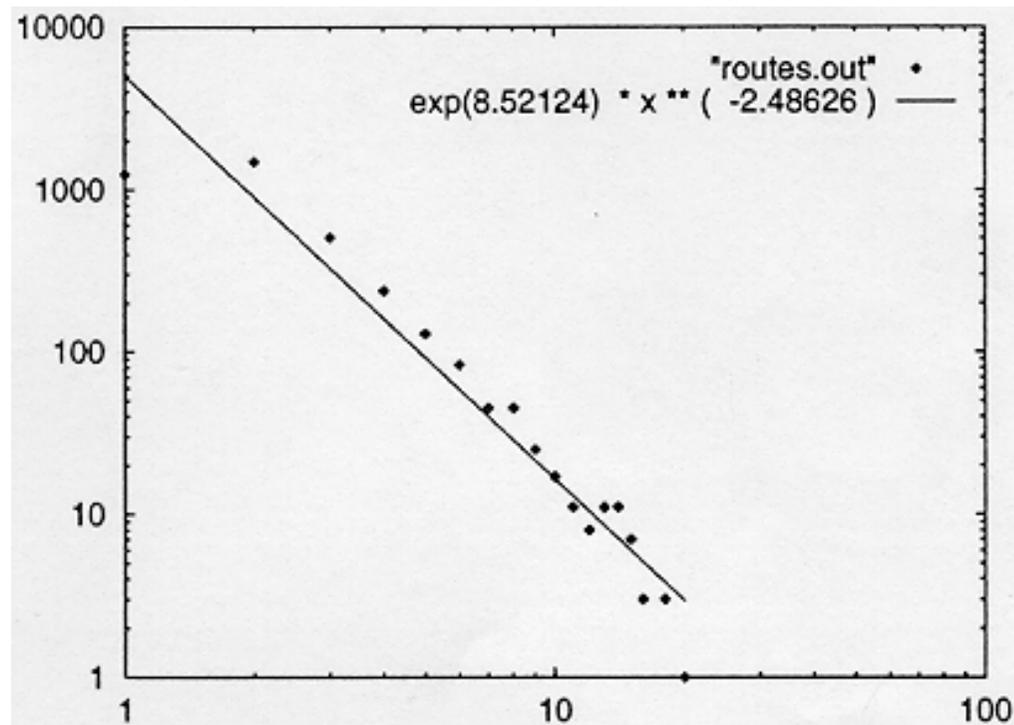
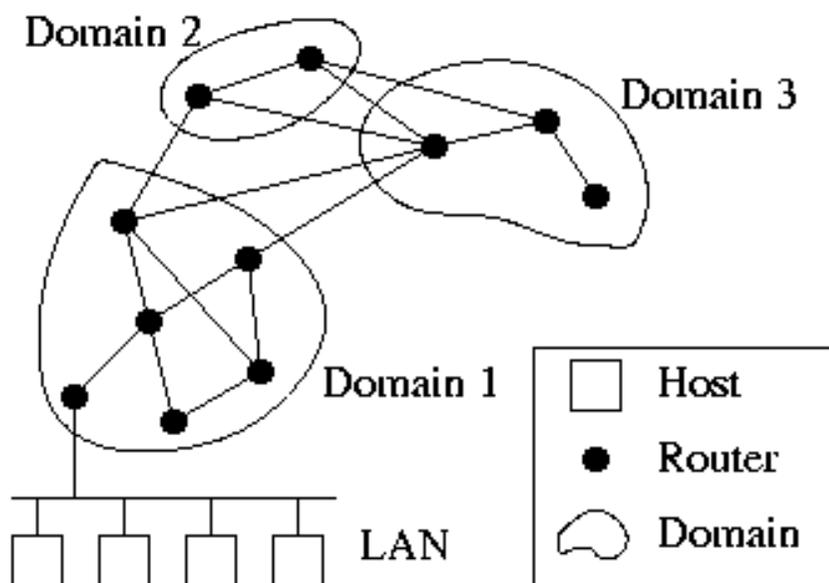
Esempi di reti scale-free



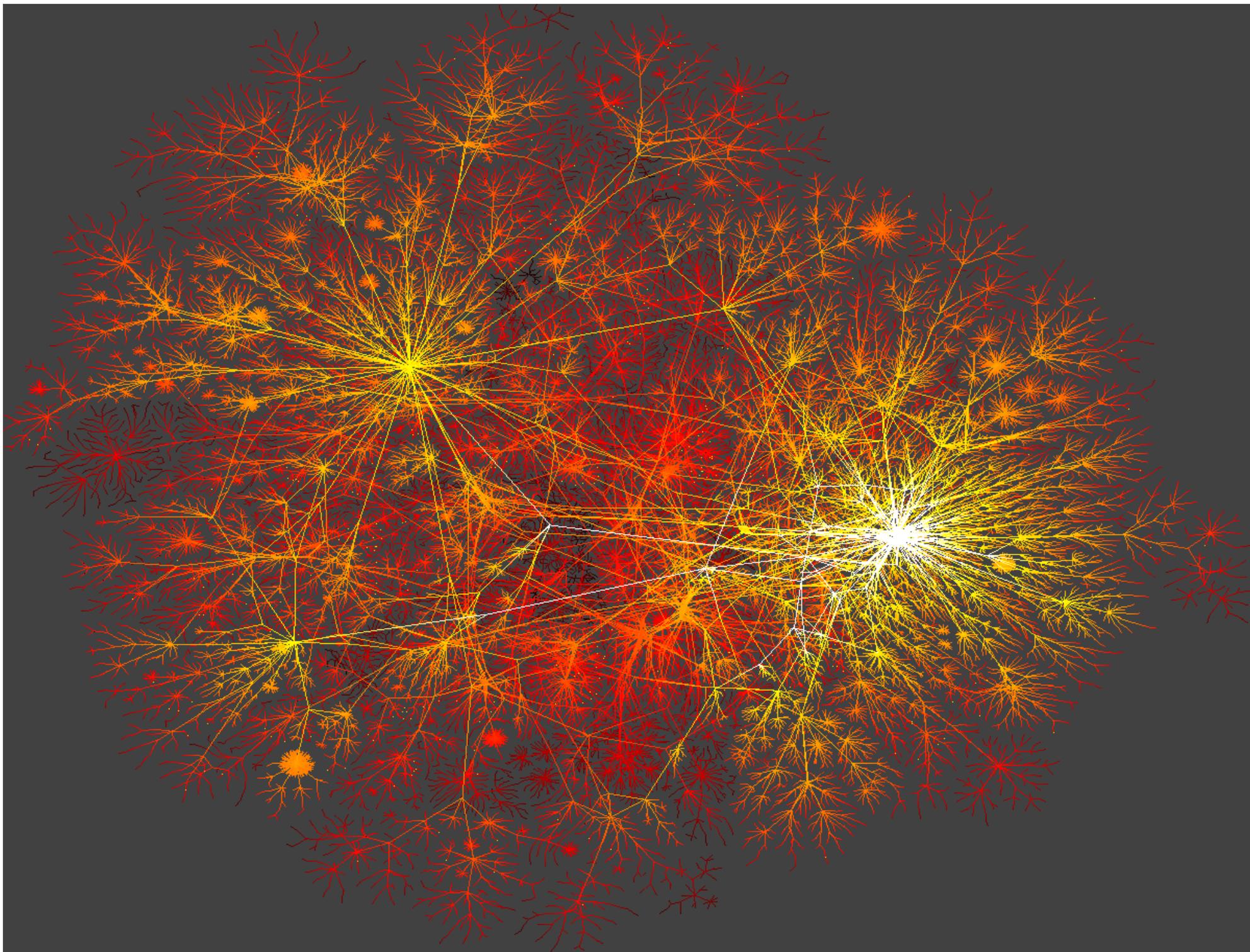
INTERNET

Nodi: computers, routers

Links: linee di telecomunicazione



(Faloutsos, Faloutsos and Faloutsos, 1999)

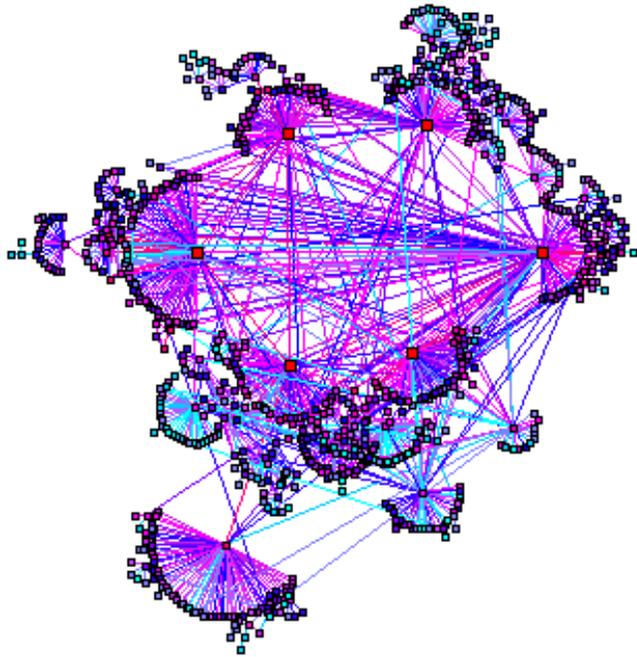


World Wide Web

Nodes: WWW documents

Links: URL links

800 milioni di documenti (S. Lawrence, 1999)



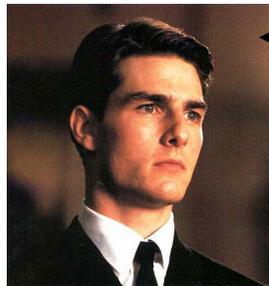
ROBOT: cerca tutti
gli URL presenti in un
documento e li esplora
ricorsivamente

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

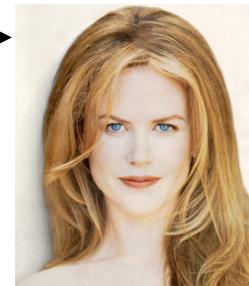
NETWORK DEGLI ATTORI

Nodi: attori

Links: film comuni



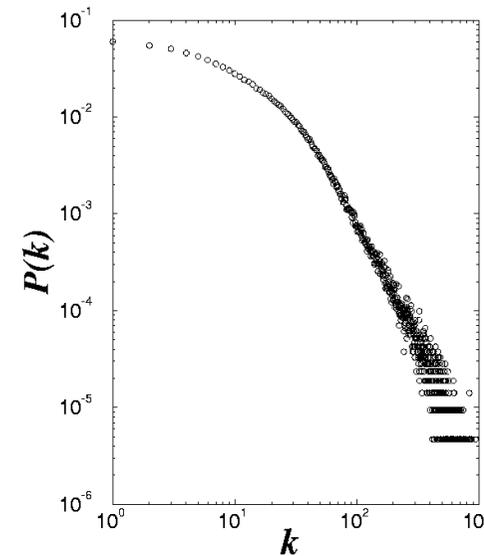
Days of Thunder (1990)
Far and Away (1992)
Eyes Wide Shut (1999)



$N = 212,250$ actors $\langle k \rangle$
 $= 28.78$

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

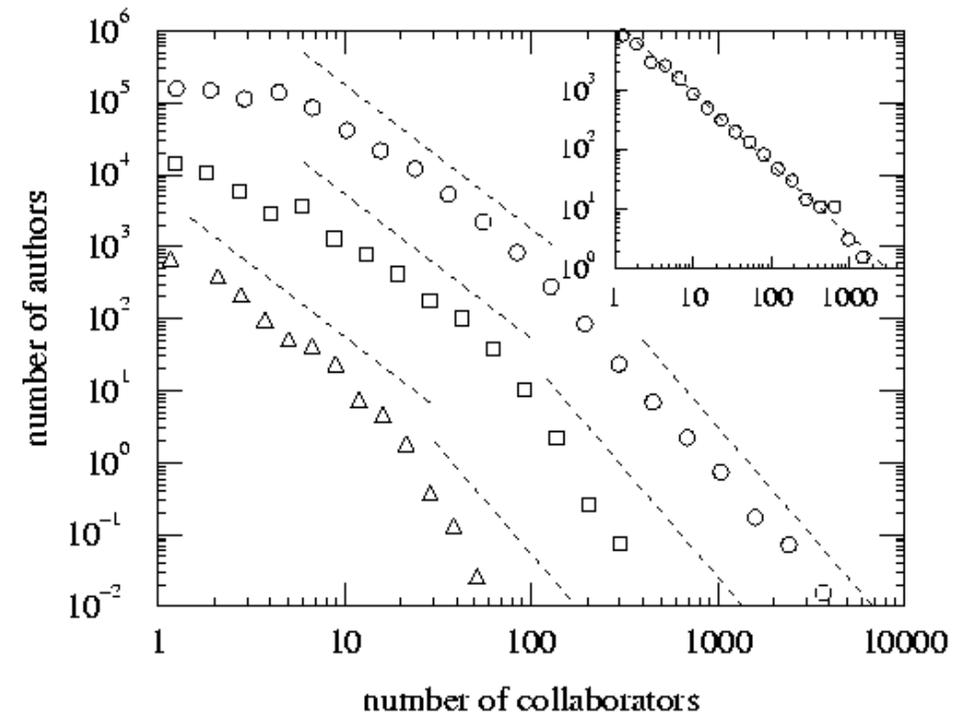
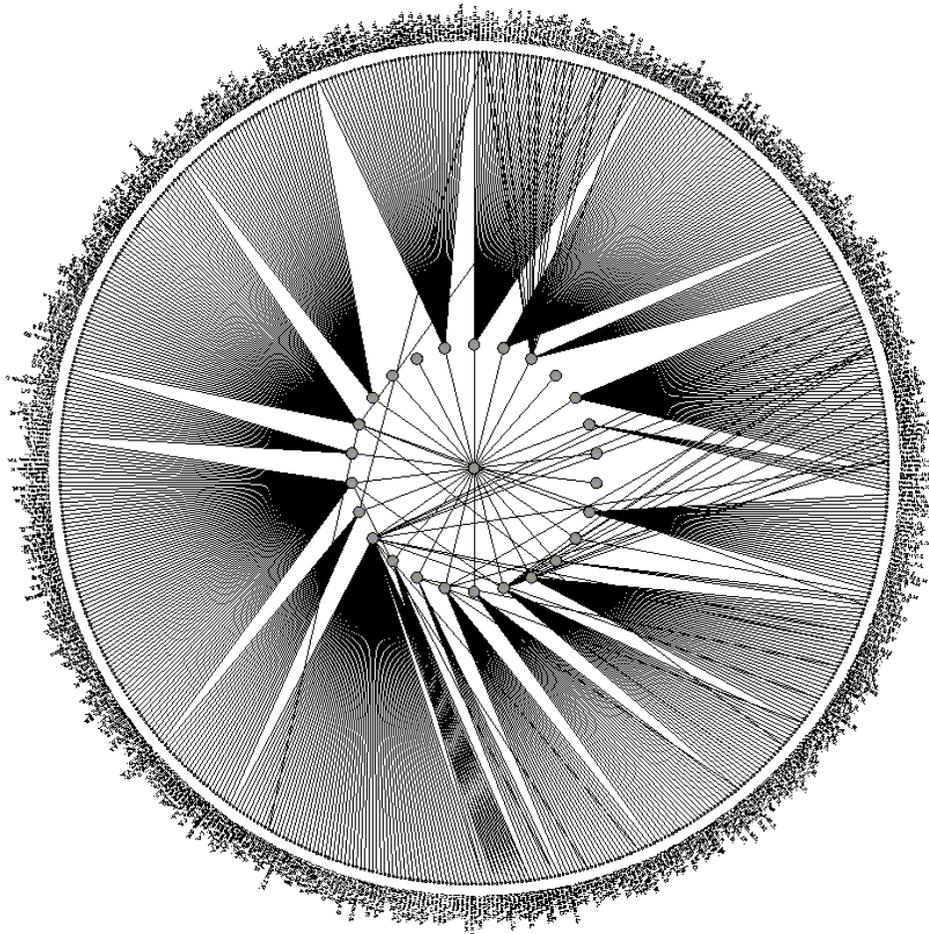
$\gamma = 2.3$



RETE delle COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE

Nodi: scienziati (autori)

Links: articoli in comune

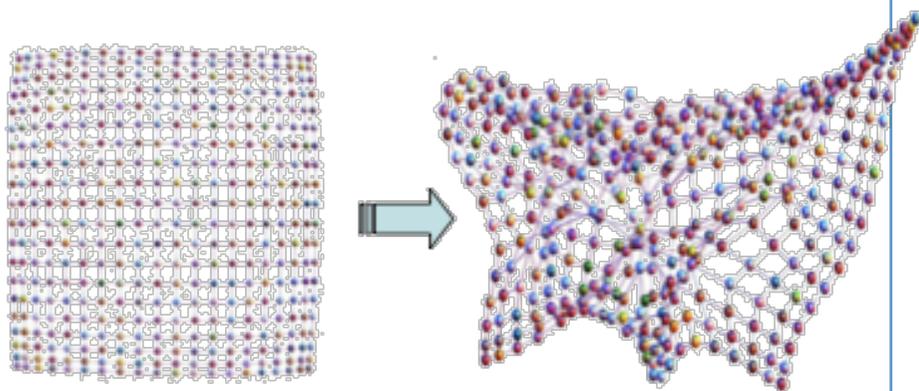


(Newman, 2000, H. Jeong et al 2001)

Rete Small World dei Terremoti

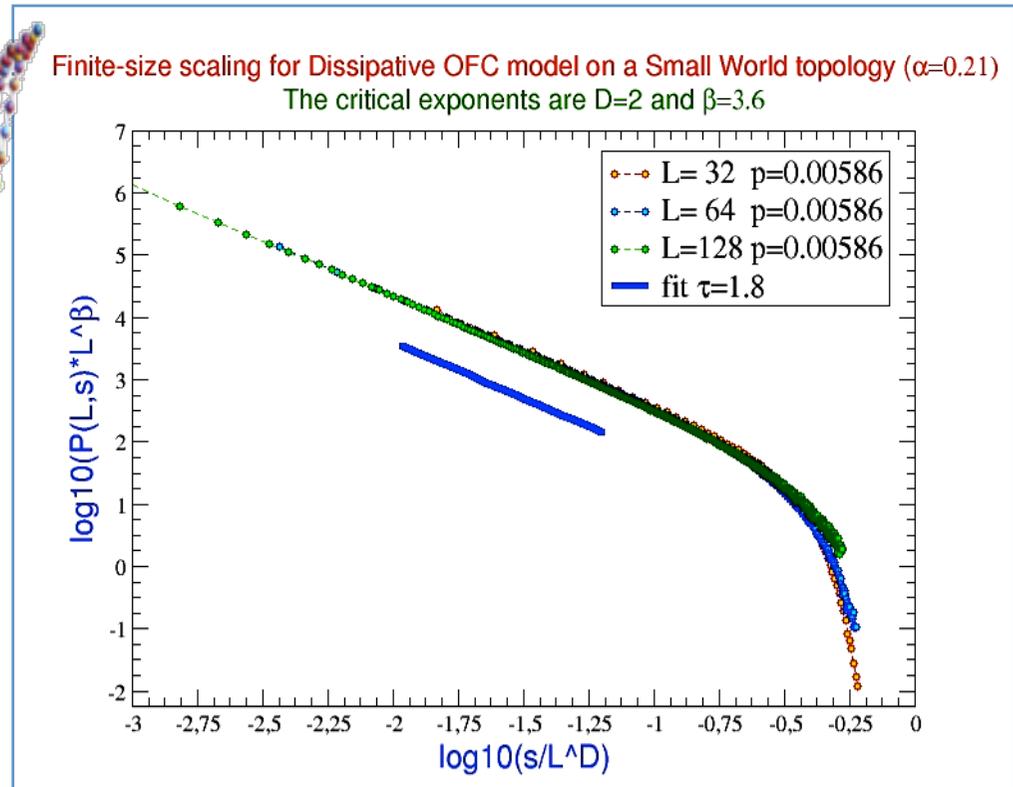
Nodi: blocchi che simulano la crosta terrestre

Links: trasferimento di stress sismico



Reticolo
di blocchi
regolare

Reticolo
di blocchi
Small-World



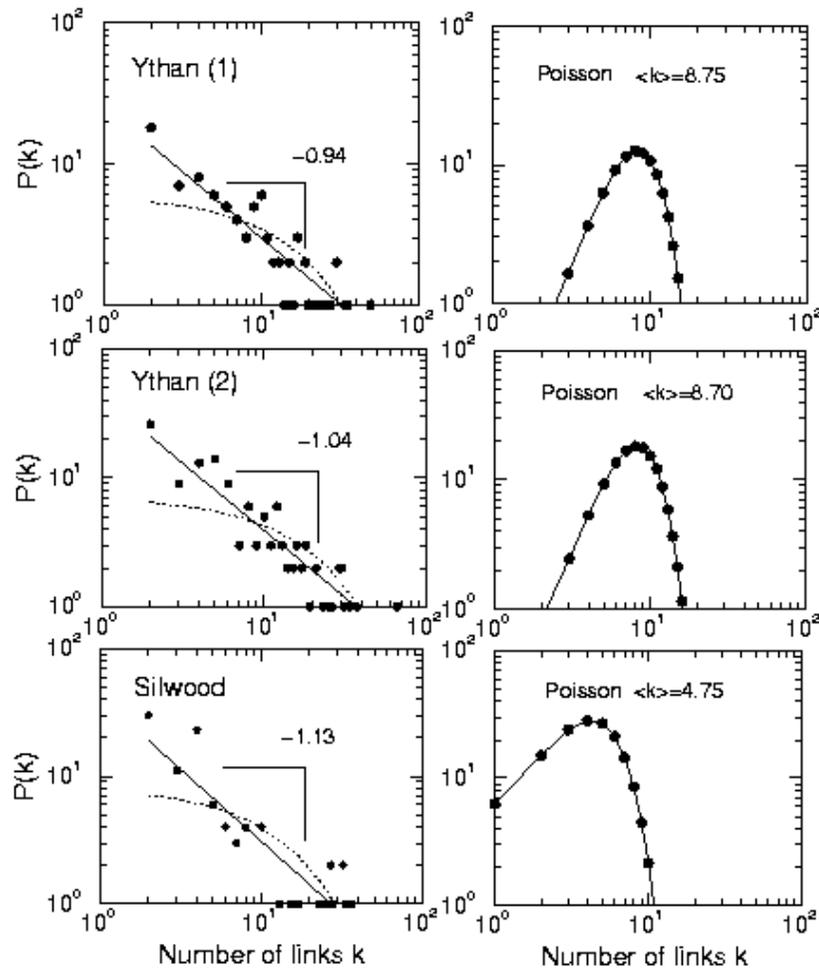
F.Caruso, V.Latora, A.Pluchino, A.Rapisarda and B.Tadic, Eur. Phys. J. B 50 (2006) 243-247

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

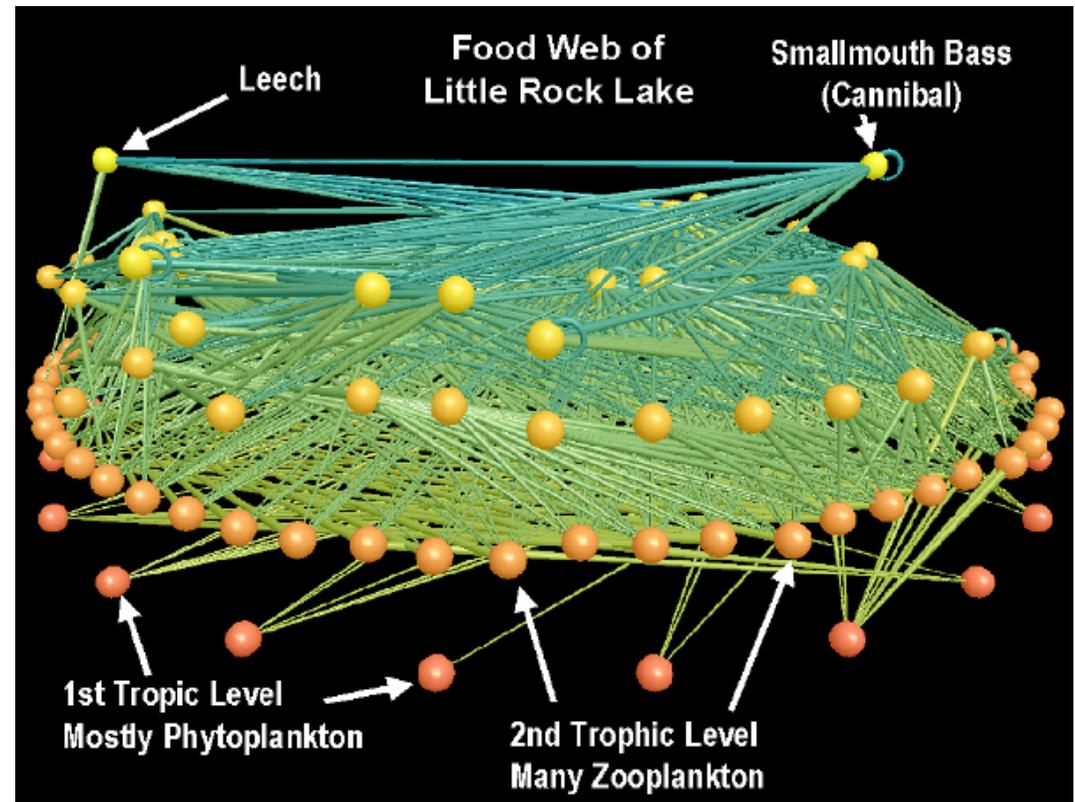
RETI ALIMENTARI

Nodi: specie

Links: interazione preda-predatore



R. Sole (cond-mat/0011195)

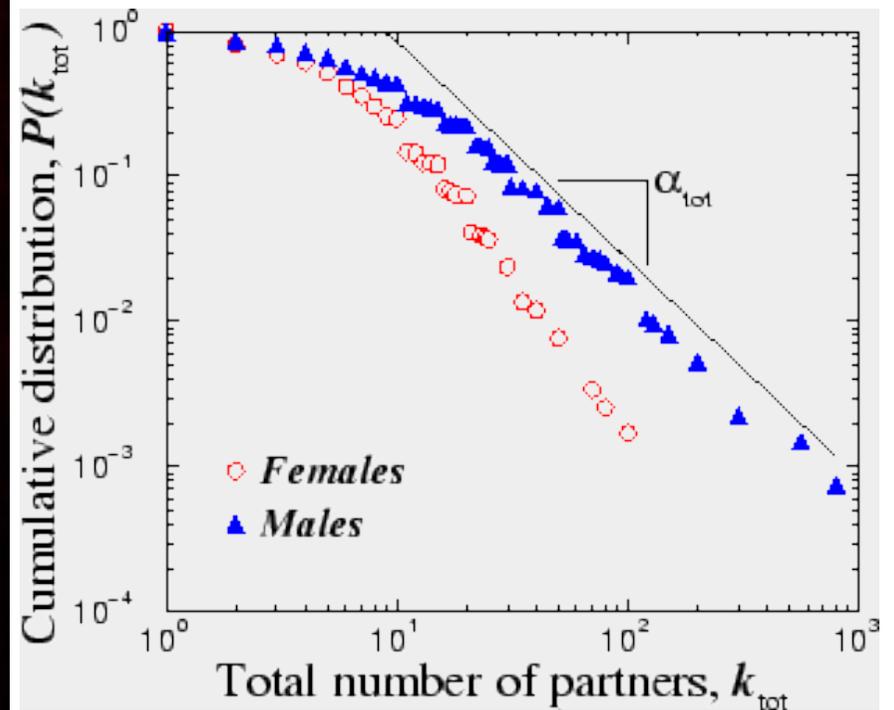


R.J. Williams, N.D. Martinez *Nature* (2000)

RETE DEI CONTATTI SESSUALI

Nodi: persone (femmine;maschi)

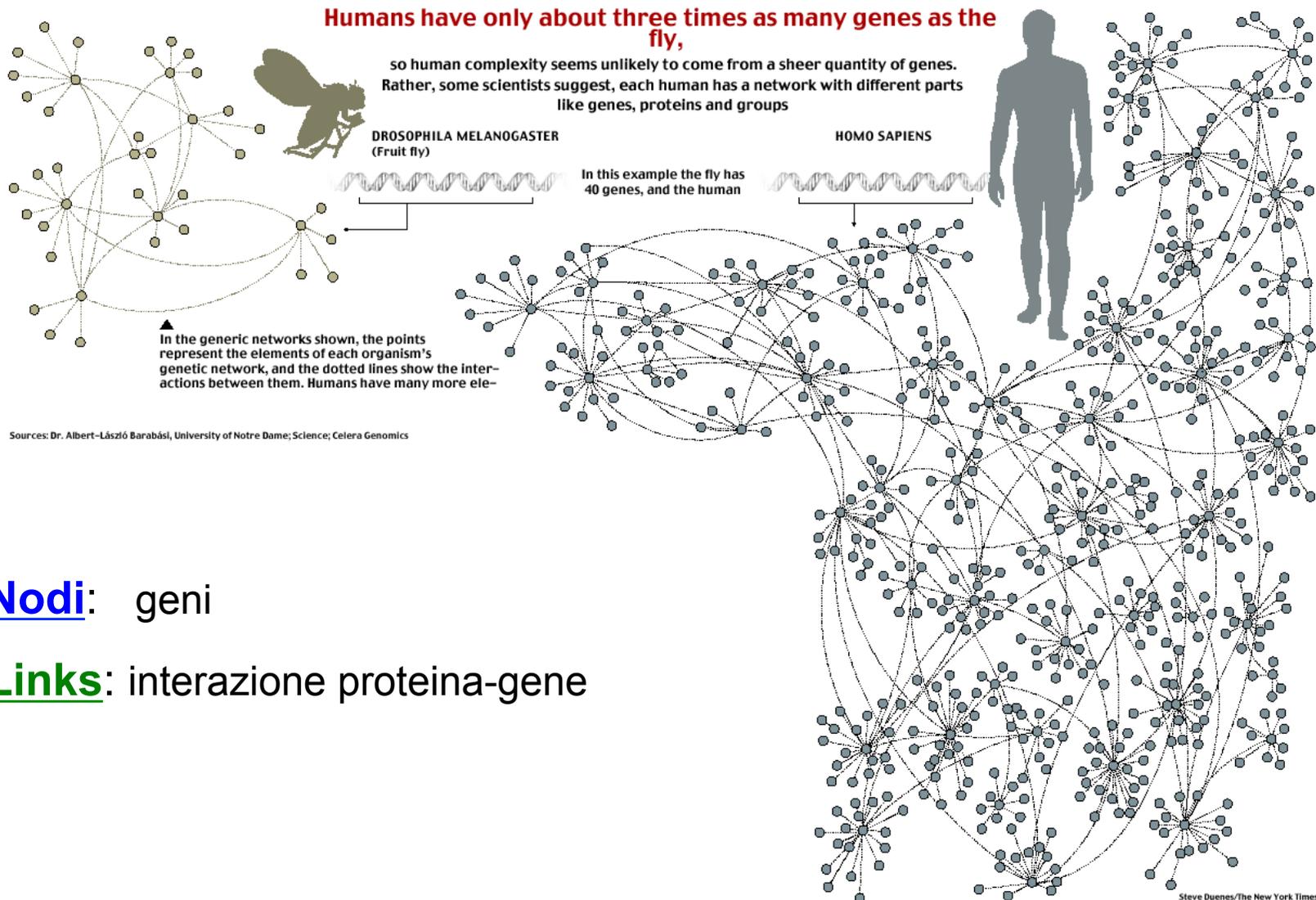
Links: relazioni sessuali



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

Liljeros et al. Nature 2001

Reti geniche



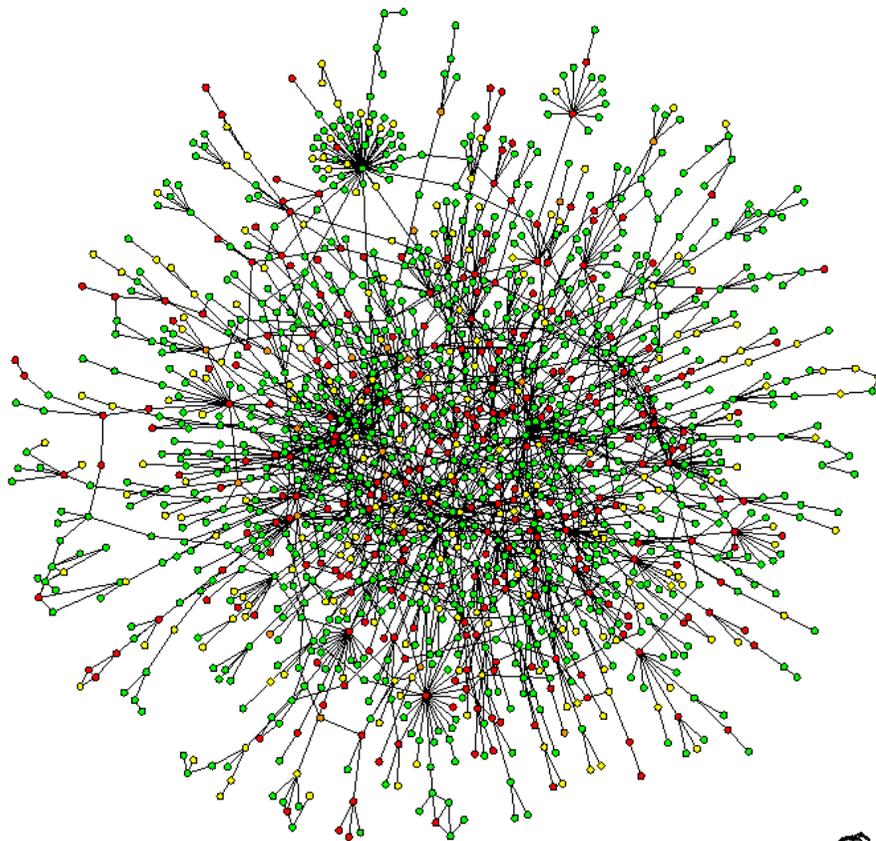
Nodi: geni

Links: interazione proteina-gene

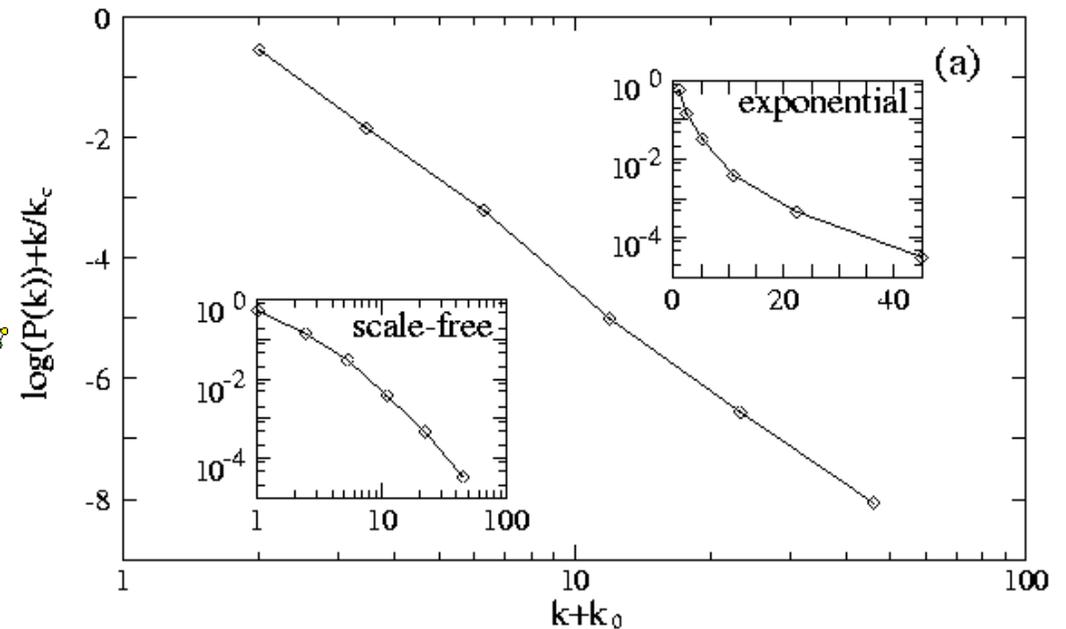
Reti di proteine

Nodi: proteine

Links: interazioni proteina-proteina



Paiek

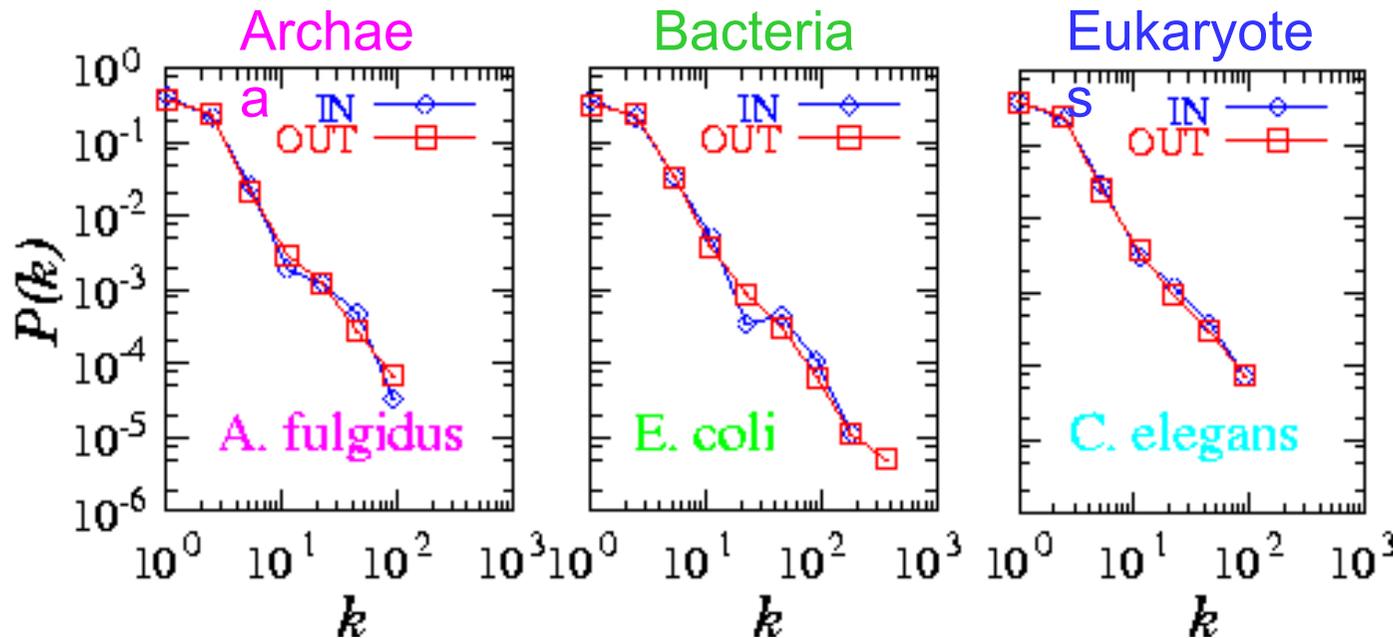
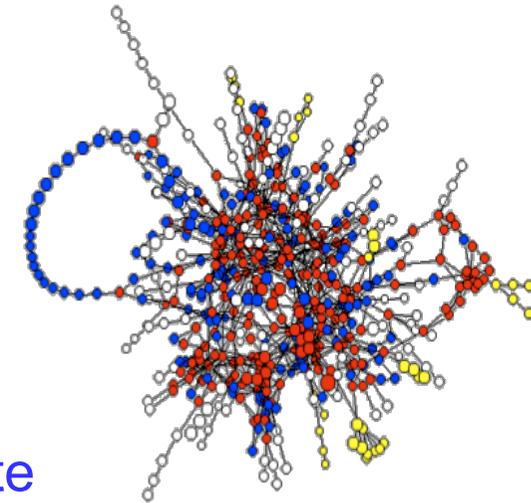


H. Jeong, S.P. Mason, A.-L. Barabasi, Z.N. Oltvai, Nature 411, 41-42 (2001)

Reti metaboliche

Nodi: molecole

Links: reazioni biochimiche



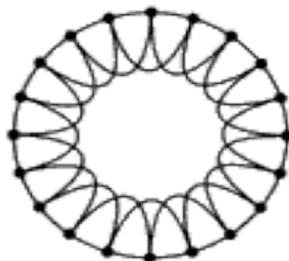
Le reti metaboliche degli organismi dei 3 domini della vita sono **scale-free** networks!

H. Jeong, B. Tombor, R. Albert, Z.N. Oltvai, and A.L. Barabasi, Nature, **407** 651 (2000)

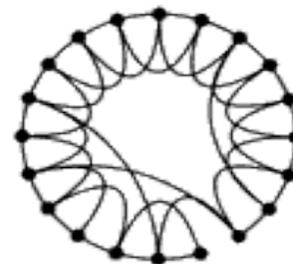
VANTAGGI DELLE RETI SMALL WORLD E SCALE FREE

1. Maggiore efficienza nella circolazione della informazione

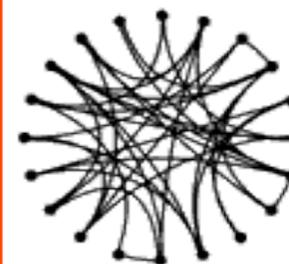
Regular



Small-world

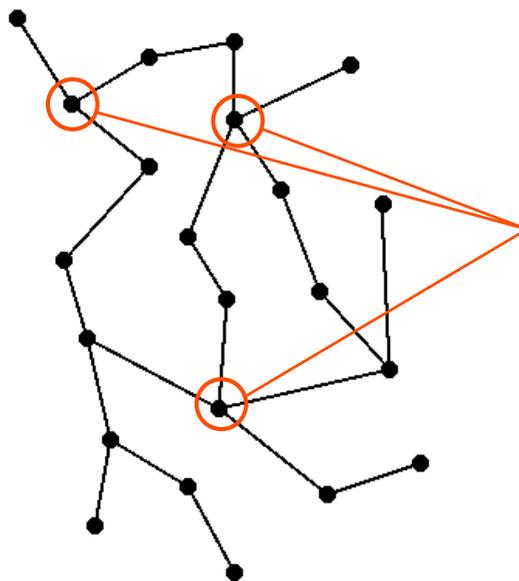


Random

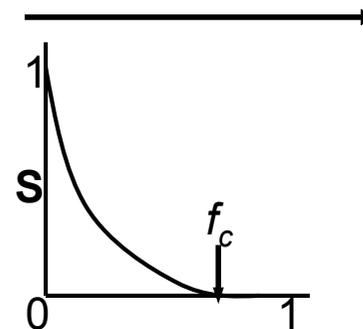


La forza dei legami deboli!

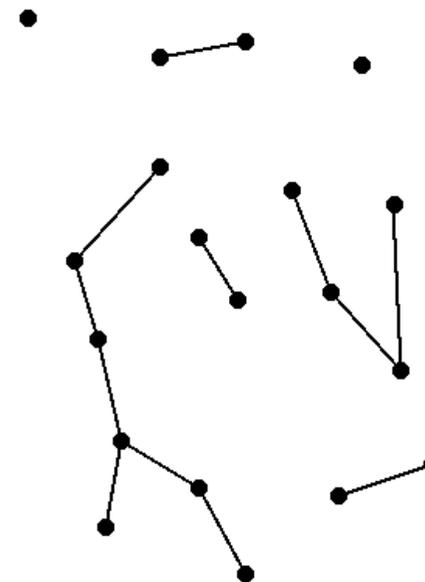
2. Alta tolleranza agli errori, ai guasti casuali e agli attacchi non organizzati



node failure



Frazione di nodi eliminati, f

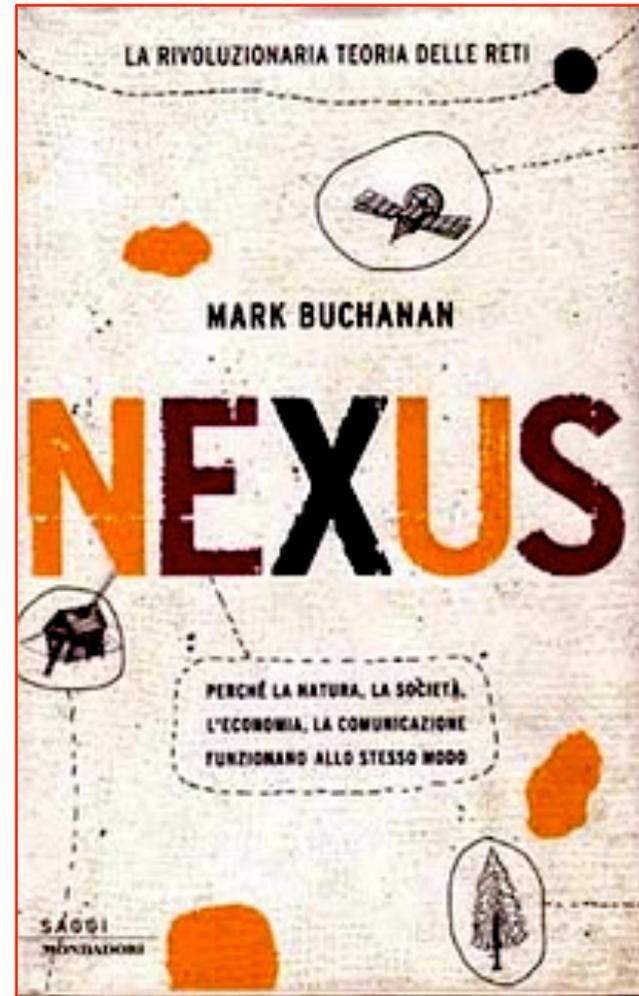




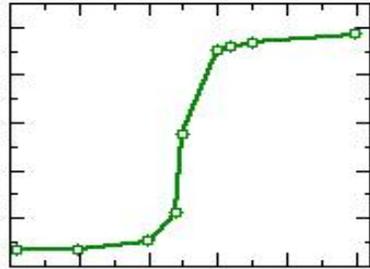
Mark Buchanan

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

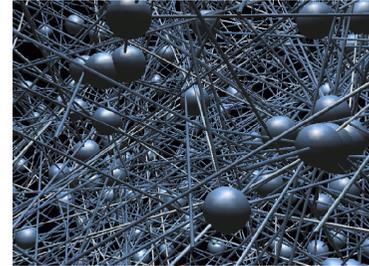
2004 – Mondadori (Oscar Saggi)



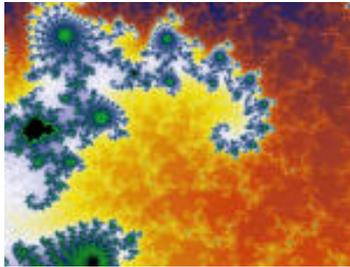
**Non linearità e
Soglie Critiche**



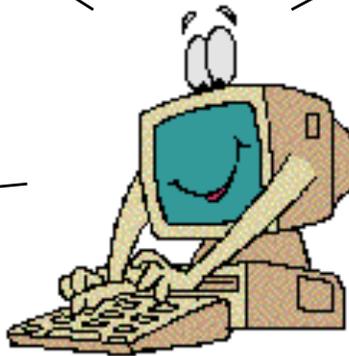
**Reti Complesse tra
Ordine e Caos**



**Autosimilarità e
Invarianza di Scala**



**Fenomeni
Emergenti**



**Proprietà tipiche
dei sistemi complessi**

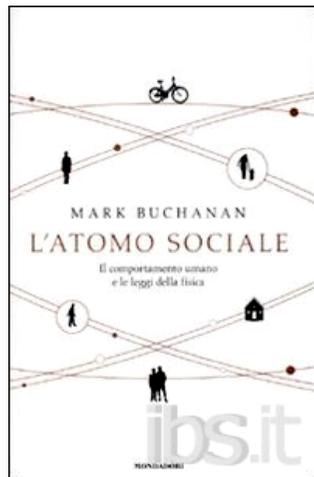
Comportamenti sociali emergenti: verso una Fisica Sociale?

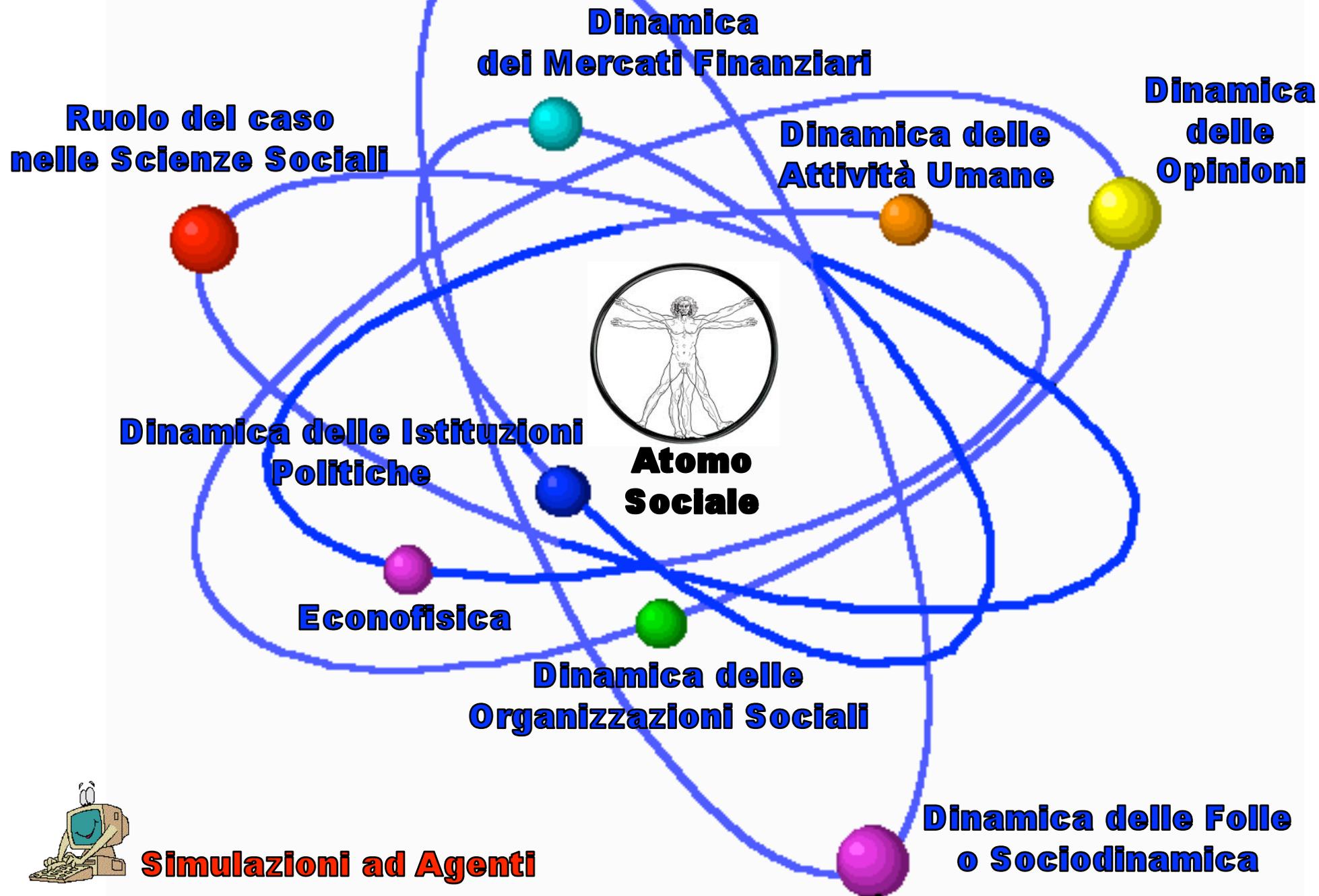
In analogia con quanto accade nel contesto della fisica statistica, se pure il comportamento di una singola persona é essenzialmente **impredicibile**, l'organizzazione globale di molti individui interagenti presenta spesso **patterns generali** che vanno oltre gli specifici attributi individuali e possono **emergere** in contesti anche molto diversi tra loro.

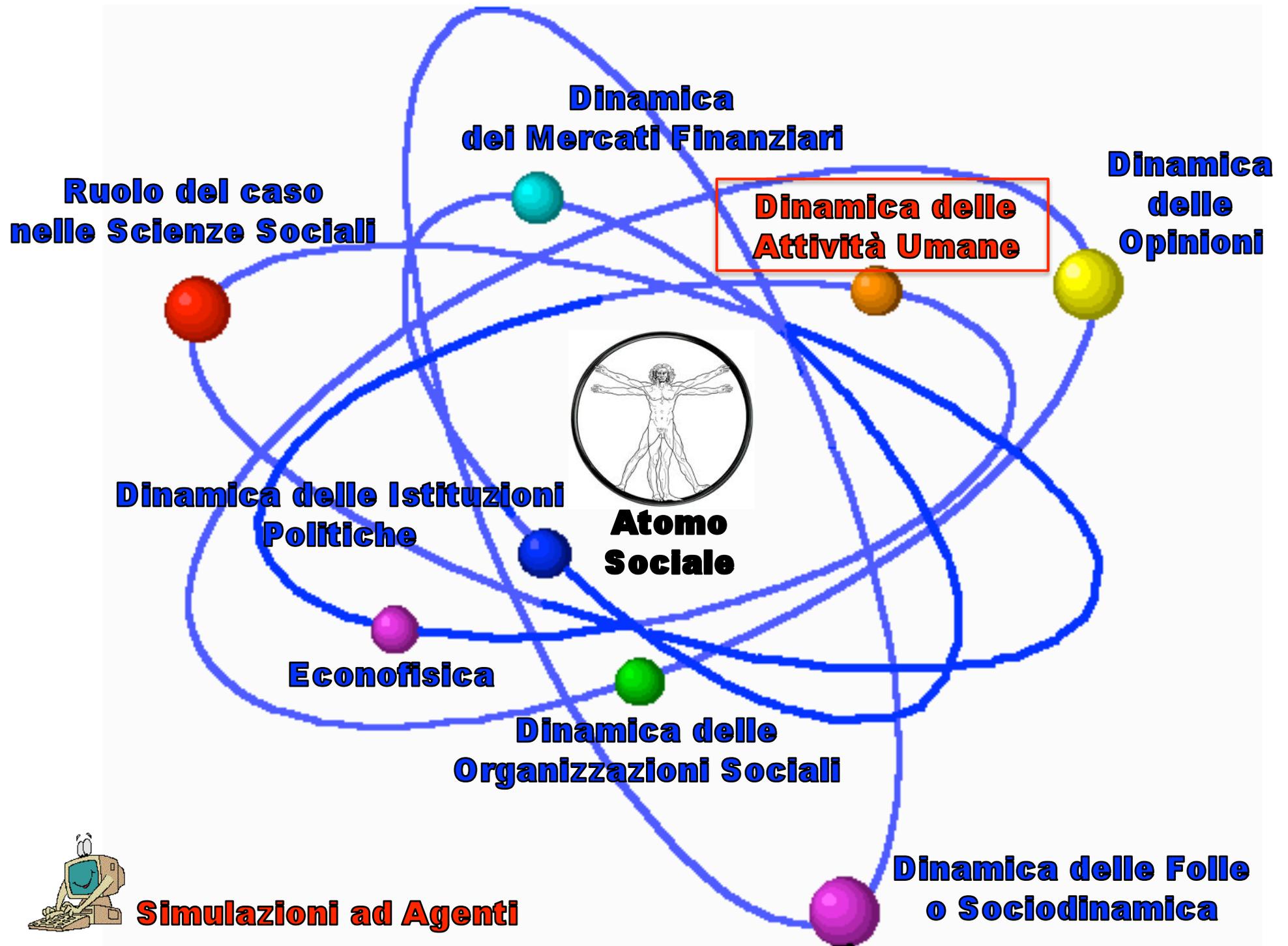


Mark Buchanan: Individui come Atomi Sociali

“Il fiorire delle ricerche in quella che mi piace chiamare **“fisica sociale”** (o **“Sociofisica”**) mi ha convinto che ci troviamo a una svolta importante nella storia. Stiamo assistendo a una **“rivoluzione quantistica”** nelle scienze sociali. Siamo probabilmente ben lontani dall'identificare rigorose “leggi” per il mondo umano, tuttavia gli scienziati hanno scoperto in esso **strutture e regolarità** somiglianti a leggi, che non sono affatto in conflitto con l'esistenza del libero arbitrio individuale: **possiamo essere individui liberi le cui azioni, combinate, portano in ambito collettivo a risultati prevedibili**. Non molto diversamente da come, in fisica, il caos a livello atomico conduce alla precisione cronometrica della termodinamica o del moto planetario (tratto da **“L'atomo sociale”**, 2008)





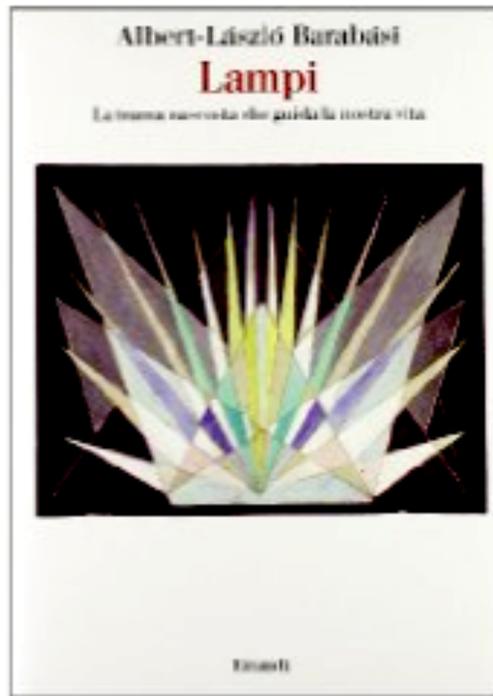


Il comportamento umano è fatto di lampi?

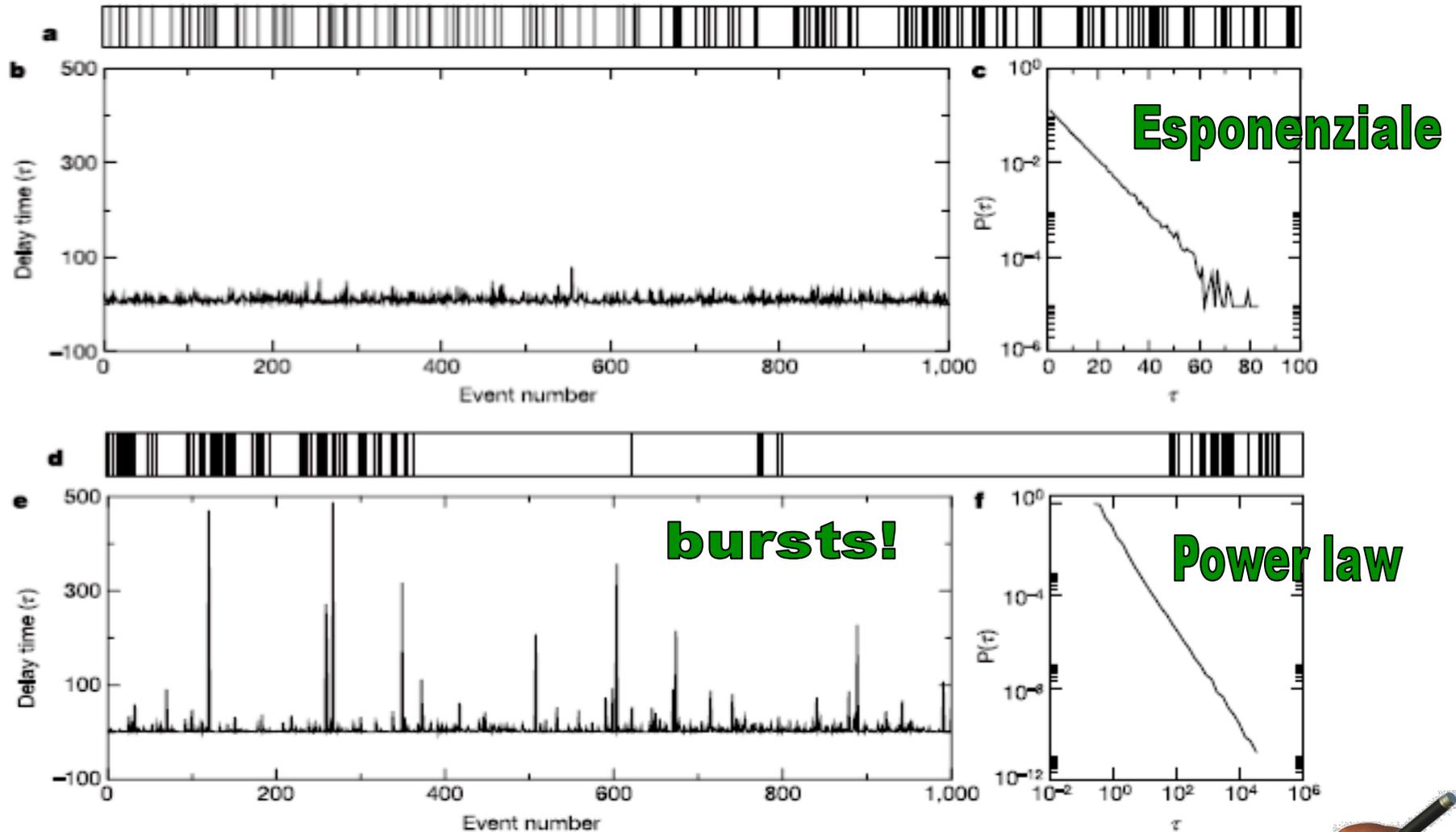


Albert-László Barabási

“Possiamo prevedere scientificamente il nostro futuro? Da secoli e forse millenni scienziati e pseudo-scienziati di ogni calibro si sono proposti di risolvere questo mistero, e ora nuove ricerche stanno rivelando che i comportamenti umani, fino a questo momento ritenuti puramente casuali, seguono invece leggi che si possono stabilire con esattezza. Nel suo ultimo libro Albert-László Barabási, l'eminente studioso della scienza delle reti, ha indagato in termini estremamente originali la natura del comportamento umano e ci svela che quest'ultimo segue un andamento universale fatto di lampi: ovvero brevi raffiche di azioni seguite da pause più o meno prolungate! (Tratto da “Lampi. La trama nascosta che guida la nostra vita”, Einaudi 2011)

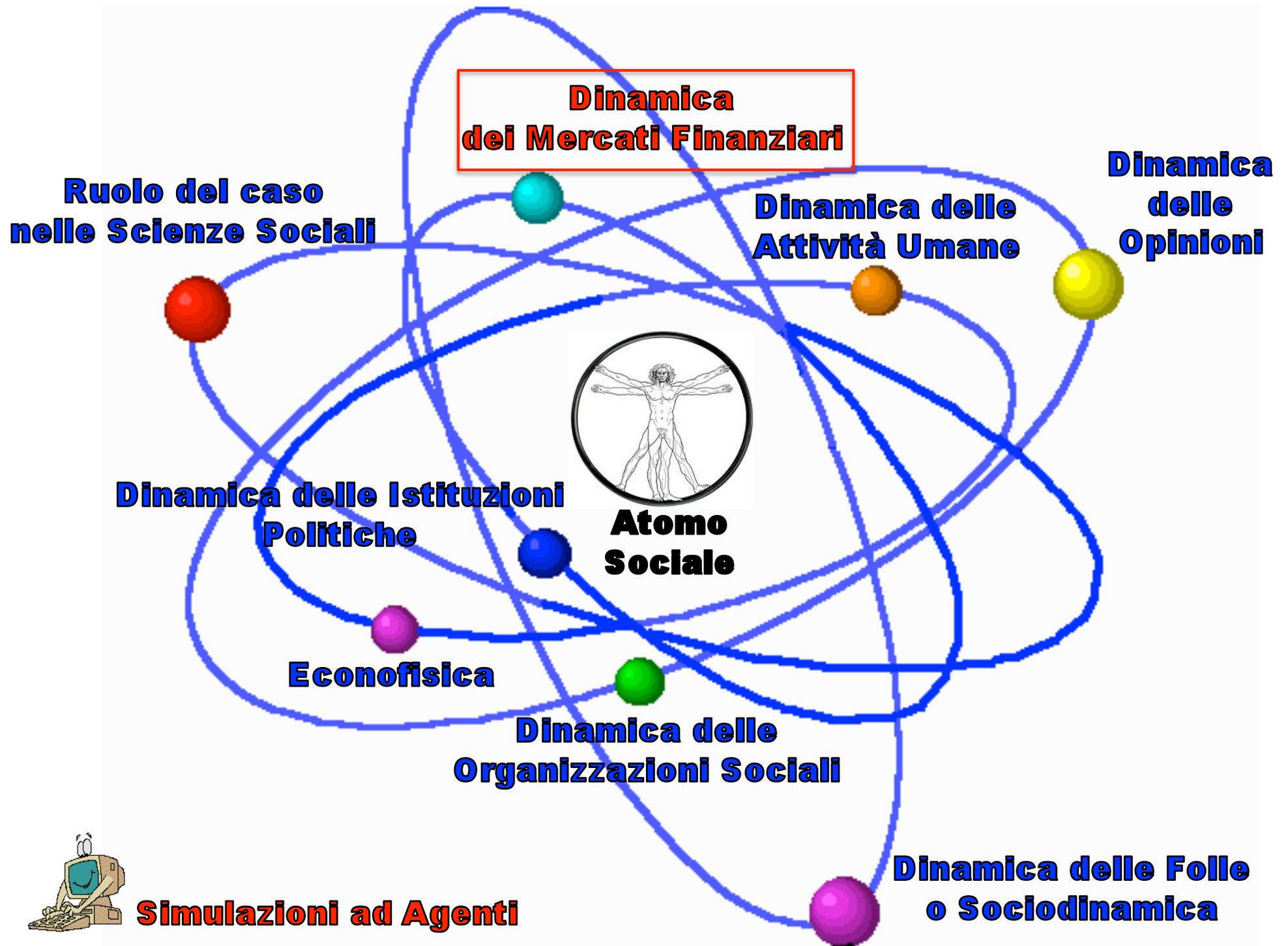


E qual'è la firma matematica dei lampi?



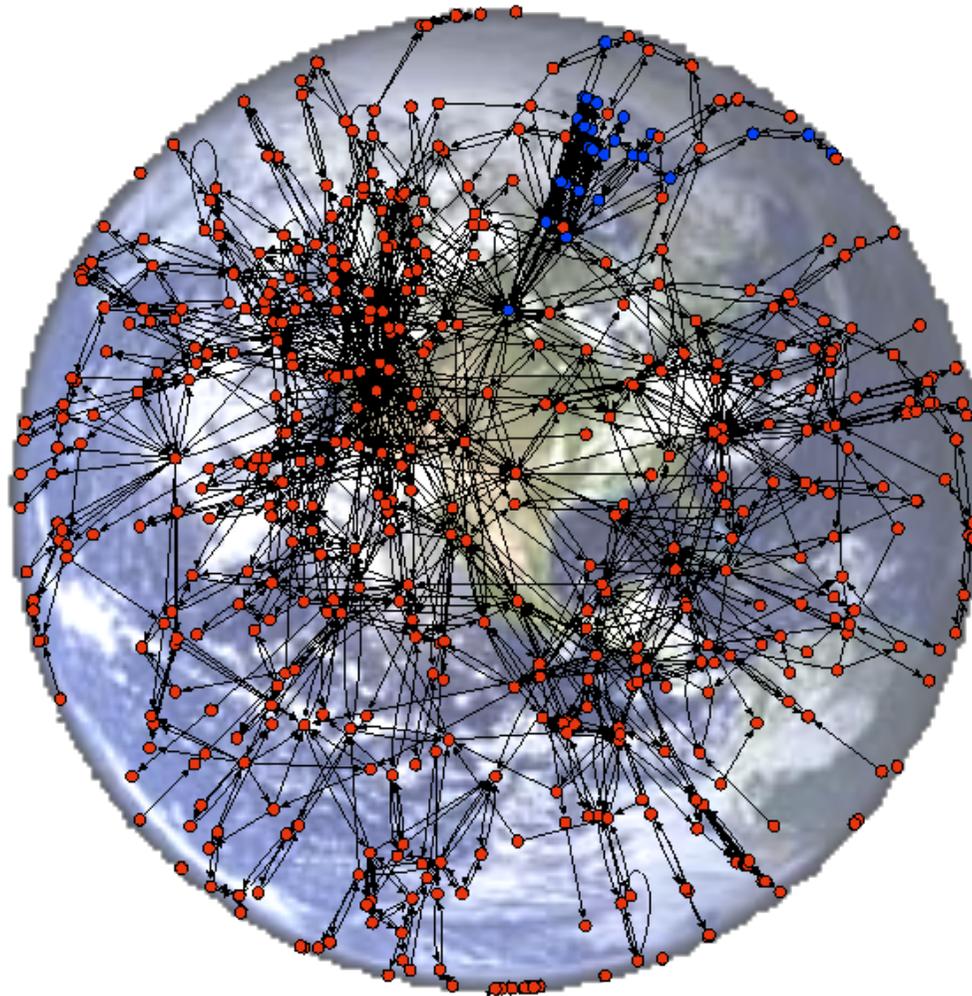
La Legge di Potenza





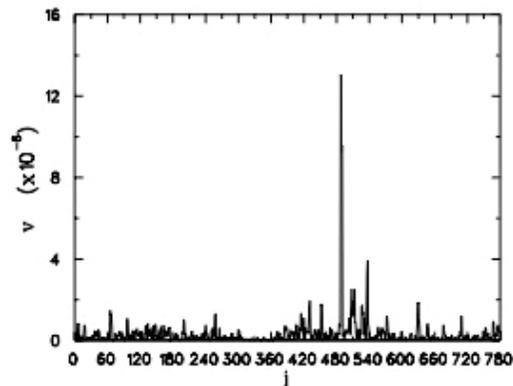
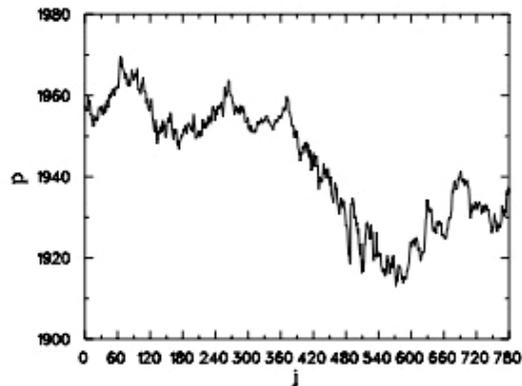
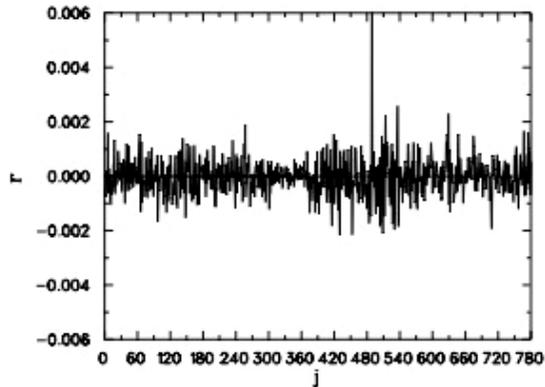
Lampi nei mercati finanziari

NEGLI ULTIMI DECENNI IL **SISTEMA SOCIO-ECONOMICO** DEL PIANETA HA RAGGIUNTO UNA COMPLESSITA' ENORME E SI E' TRASFORMATO IN UN'UNICA GRANDE **RETE GLOBALE**, E L'ANDAMENTO DEI MERCATI FINANZIARI MOSTRA TUTTE LE CARATTERISTICHE DI UN SISTEMA NELLO "STATO CRITICO"...



Lampi nei mercati finanziari

Indice NASDAQ



L'ANALISI DEI "RITORNI", DEI PREZZI E DELLA VOLATILITA' PRESENTA UN ANDAMENTO A **LAMPI** INTERMITTENTI CHE E' BEN DESCRITTO DA **MODELLI "SOC"** CON DISTRIBUZIONI A LEGGE DI POTENZA DELLE "VALANGHE":

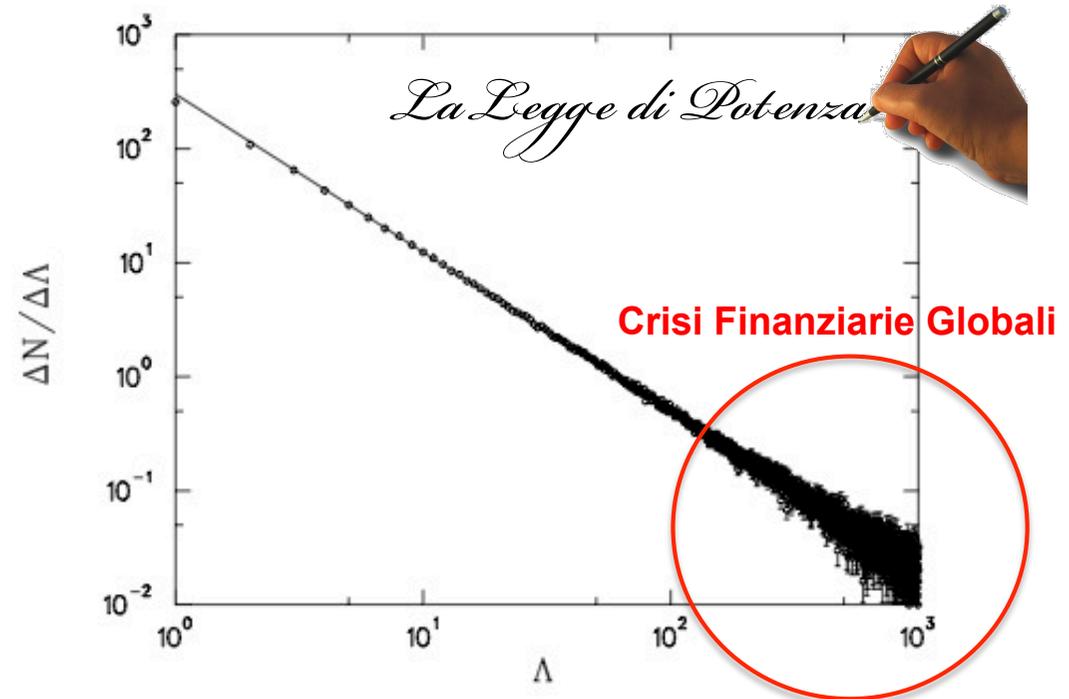
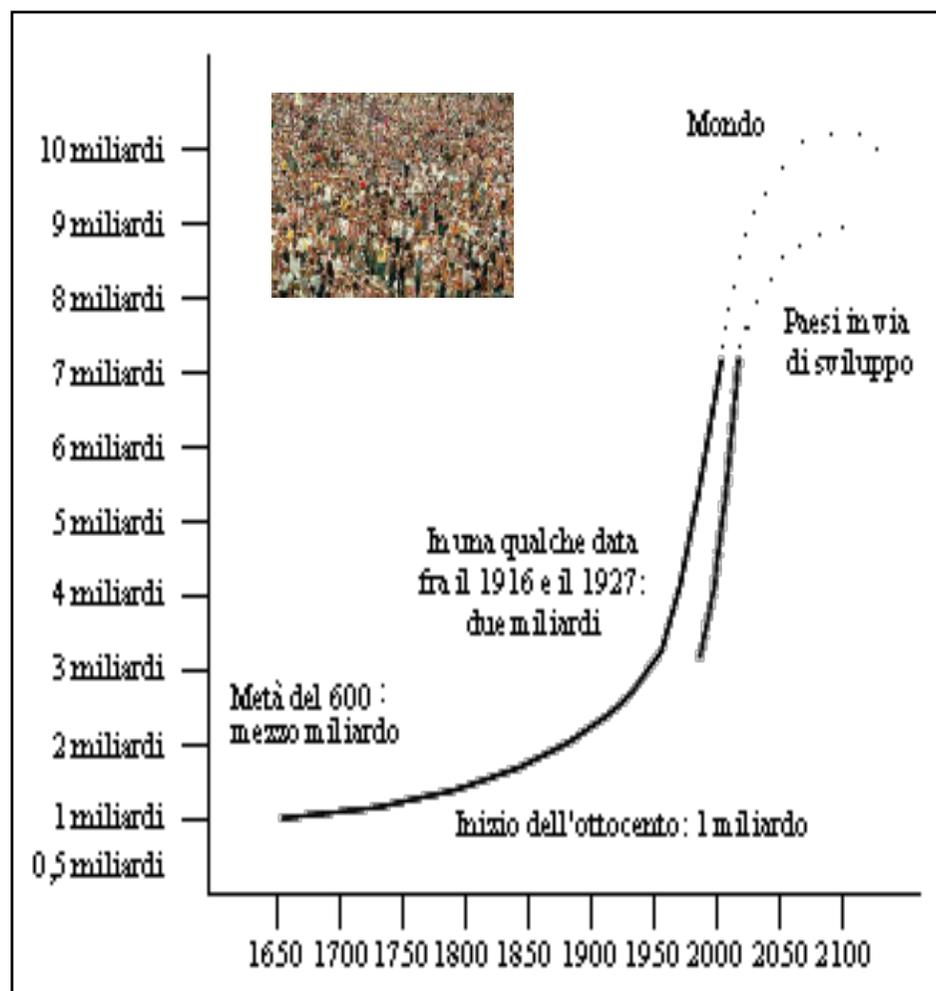
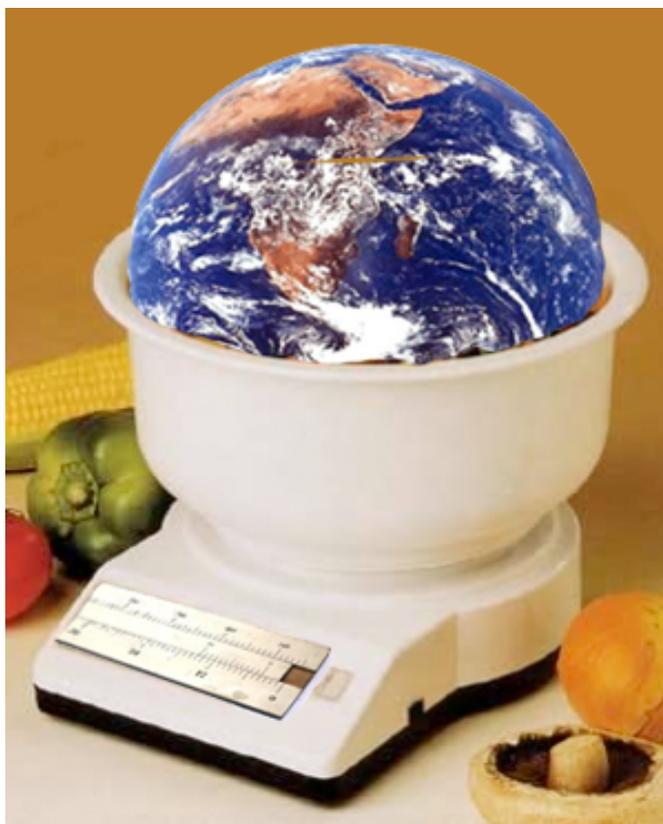


Figure 4: Frequency distribution of avalanche sizes. The straight line corresponds to a power law fit.

B.Dupoyeta, H.R. Fiebig, D.P. Musgrove, "Replicating financial market dynamics with a simple self-organized critical lattice model", Physica A 390, 3120-3135 (2011)

Crescita esponenziale della popolazione terrestre

Se non l'abbiamo già superata, ci stiamo sicuramente avvicinando alla capacità di carico del pianeta...



Oltre i limiti dello sviluppo: ci avviciniamo ad un punto critico?



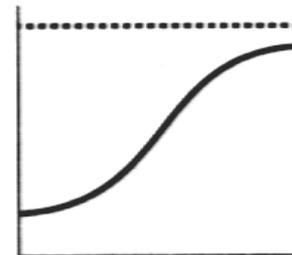
Quattro possibili modi di avvicinamento della popolazione mondiale alla capacità di carico del pianeta

(simulazioni "Mondo 3" - MIT e Club di Roma)



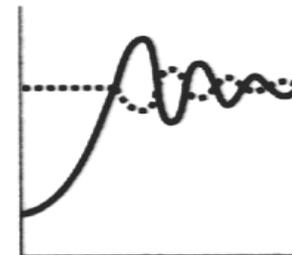
Si ha crescita continua se

- i limiti fisici sono molto lontani;
- oppure*
- i limiti fisici crescono anch'essi con andamento esponenziale.



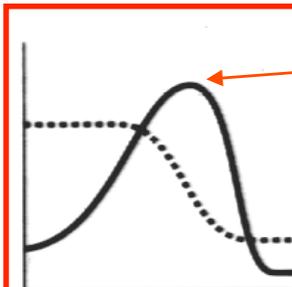
Si ha crescita sigmoide se

- i segnali provenienti dai limiti fisici sono precisi, istantanei e hanno risposte immediate;
- oppure*
- la popolazione o l'economia si limitano senza bisogno di segnali dall'esterno.



Si ha superamento e oscillazioni se

- i segnali o le risposte sono ritardati;
- oppure*
- i limiti non possono essere erosi o sono in grado di recuperare presto gli effetti dell'erosione.



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)



The FuturICT Knowledge Accelerator - Unleashing the Power of Information for a Sustainable Future

Dirk Helbing, with the support of >200 scientists from all over Europe



We have explored the microcosmos and the universe, and have sent men to the moon. It turns out, however, that our knowledge of society is too limited to efficiently tackle the global challenges of humanity in the 21st century. Thus, it is timely to create an ICT Flagship to explore social life on Earth and everything it relates to.

The greatest bottleneck of ICT systems today is the difficulty in making sense and efficiently use the large amounts of data we generate.



The Top 10 Socio-Economic Problems and their Reasons

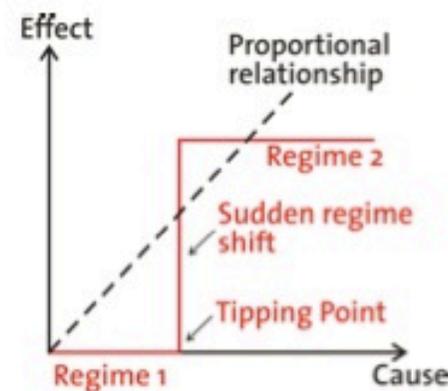
Problems:

1. Demographic change
2. Financial and economic stability
3. Social, economic and political inclusion
4. Public health
5. Balance of power and conflict
6. Corruption and crime
7. Collective social behavior
8. Institutional design
9. Sustainable use of resources
10. Reliability of critical infrastructures

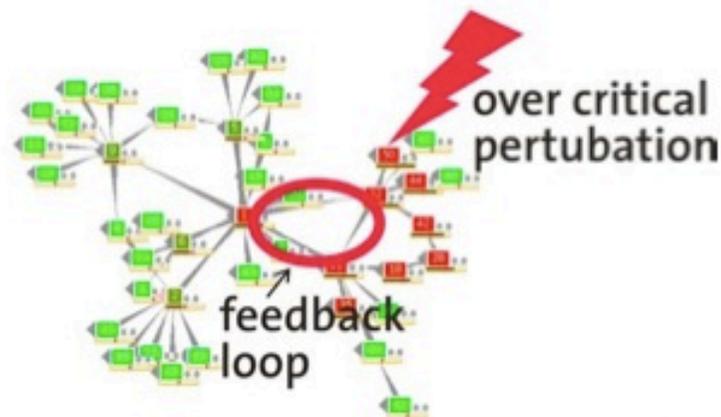


Reasons:

1. Interdependency, interconnectivity
2. Socio-economic, ecological, and technological complexity
3. Self-organization, emergence, chaos
4. Limits of predictability and control



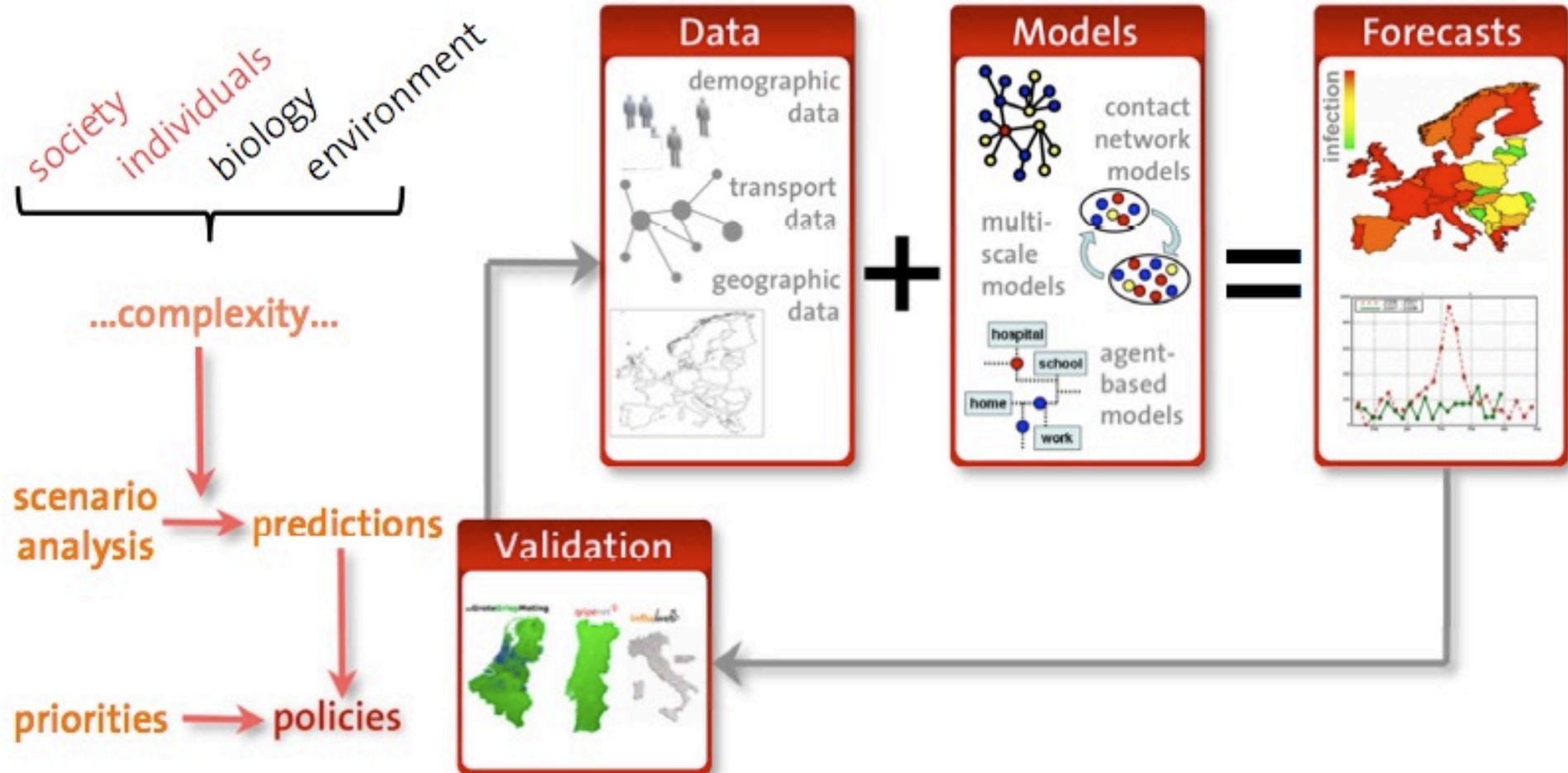
Cascade failures/ avalanche effects:
Epidemic spreading, congestion spreading, failure of interbank market, breakdown of former GDR



5. Lack of quantitative models
6. (Due to) Lack of data
7. Lack of computational power
8. Lack of systemic predictions
9. Lack of tested alternatives
10. Systemic risks

This is about to change!

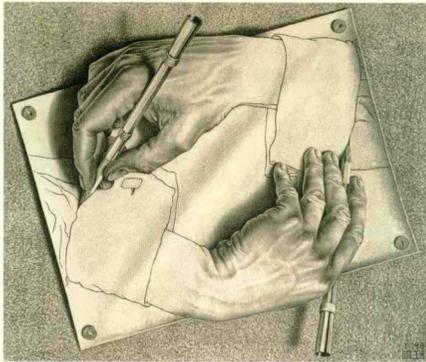
Global-Scale Simulation of Socio-Economic-Environmental Systems



(thanks to Alex Vespignani)

In conclusione...

Lo scopo della Scienza è sempre consistito nello
“scoprire una significativa semplicità in mezzo a una
complessità disordinata” (H.Simon)



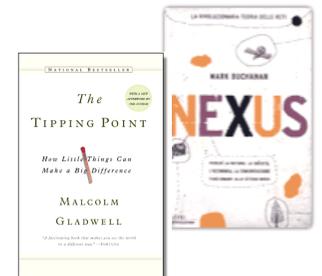
**IL PARADOSSO
DELLA
COMPLESSITA'**

Oggi la nuova Scienza della
Complessità si basa sulla
percezione che il mondo è per
molti versi **più semplice** di
quanto non appaia!

Per cogliere questa semplicità e soprattutto per cercare di
migliorare il mondo colmando l'attuale 'gap di ingegnosità' bisogna
però cambiare prospettiva e pensare in termini di sistemi non
lineari, fenomeni emergenti e reti complesse...



...ricordando che, in definitiva, il destino
del nostro “**small world**” è solo nelle nostre
mani...



Grazie per l'attenzione!