

....specifica

## i dati del problema

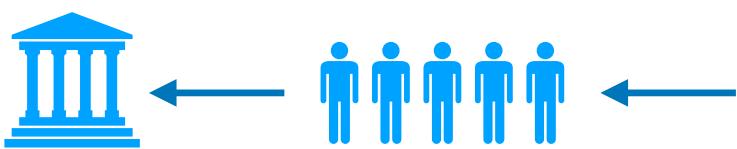
serve trovare un modo per **rappresentarli nel programma**  
usando i costrutti (strutture dati) del linguaggio di  
programmazione

## i dati del programma

....software

# strutture dati complesse

- Un programma che gestisce una **coda** di spettatori in attesa di entrare a teatro



- Una **coda** è un elenco di elementi in cui
  - si tiene traccia dell'ordine di arrivo, i.e. ordine di inserimento in coda
  - il primo che entra nella coda è il primo che poi ne esce (**FIFO: first in first out**)

Idea:

implemento il concepto di coda  
con una struttura dati lista

dato del problema

dato del programma

# strutture dati complesse

- Un programma che gestisce una **coda** di spettatori in attesa di entrare a teatro



- Una **coda** è un elenco di elementi in cui
  - si tiene traccia dell'ordine di arrivo
  - il primo che entra nella coda è il primo che esce (FILO: **first out**)

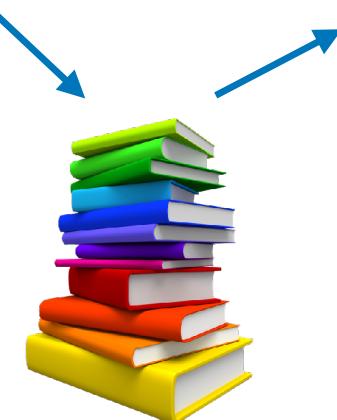
il **concetto** di **coda**  
è **implementato**  
con una variabile che memorizza  
una **struttura dati** di tipo **lista**

```
coda = [] # variabile di nome coda con valore lista vuota
coda.append('Mario') # si aggiunge in fondo alla coda
coda.append('Carlo')
coda.append('Anna')

who1 = coda.pop(0)    # esce il primo dalla coda
who2 = coda.pop(0)
print('Entra prima', who1, 'poi', who2) # Entra prima Mario poi Carlo
```

## Esercizio

- Un programma che gestisce una **pila** di libri da leggere



- Una **pila** è un elenco di elementi in cui
  - si tiene traccia dell'ordine di inserimento
  - il primo che entra nella coda è l'ultimo che poi ne esce (**FILO: first in last out**)

Idea:

implemento il **concetto** di **pila**  
con una **struttura dati** **lista**

dato del problema

dato del programma

# strutture dati complesse

- In un programma che **gestisce gli esami** di uno studente, come **rappresento** gli esami sostenuti?

- uso una **lista** di stringhe:

```
esami = ['analisi 1', 'geometria', 'informatica']
# aggiungo nuovo esame
esami.append('algebra')
esami_mancanti = 22 - len(esami)
```

- **e i voti?**

# strutture dati complesse

- In un programma che **gestisce gli esami** di uno studente, come **rappresento** gli esami sostenuti?
- **e i voti?**

- uso **due liste**:

```
esami = ['analisi 1', 'geometria', 'informatica']
voti = [28,30,24]
# aggiungo un nuovo esame
esami.append('algebra')
voti.append(30)
esami_mancanti = 22 - len(esami)
```

**Scomodo e  
facilissimo sbagliare!**

# strutture dati complesse

- In un programma che **gestisce gli esami** di uno studente, come **rappresento** gli esami sostenuti?
- **e i voti?**
  - uso una **diversa struttura dati** offerta da python: il **dizionario**.
    - un dizionario è un elenco di coppie, che per noi saranno **esame : voto**

```
esami = { 'analisi 1' :28, 'geometria':30, 'informatica':24 }
esami['algebra']=30 # aggiunge nuova coppia
somma=0
for voto in esami.values(): # elenco di valori nel dizionario
    somma = somma+voto
media = somma / len(esami)
```

implemento il concetto di libretto esami  
con una struttura dati **dizionario**

dato del problema

dato del programma

# strutture dati complesse

- In un programma che **gestisce gli esami** di uno studente, come **rappresento** gli esami sostenuti?
- **e i voti?**

(chiave : valore)

  - uso una **diversa struttura dati** offerta da python: il **dizionario**.
    - un dizionario è un elenco di coppie, che per noi saranno **esame : voto**
- una struttura dati dizionario è adatta anche per rappresentare una **rubrica telefonica**: { 'Mario':'339346', 'Alice':'049821', ... }

implemento il concetto di rubrica telefonica  
con una struttura dati **dizionario**

dato del problema

dato del programma

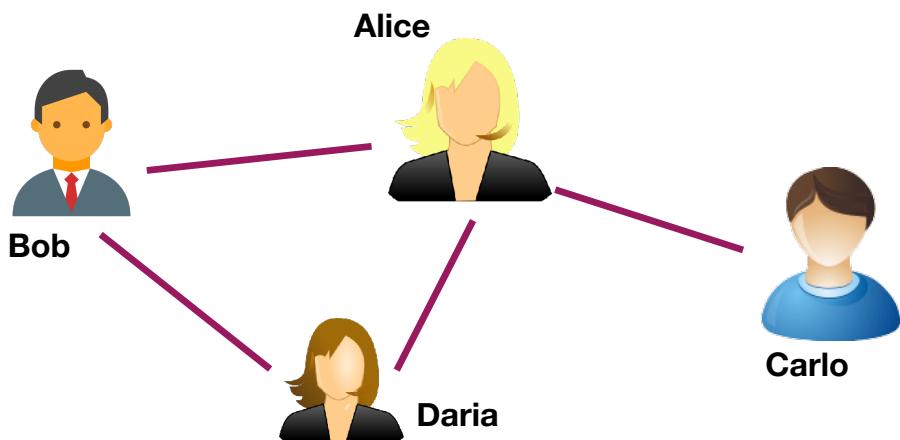
data, citazione, num. tel,  
coda, libretto esami,  
rubrica telefonica, ...

## i dati del problema

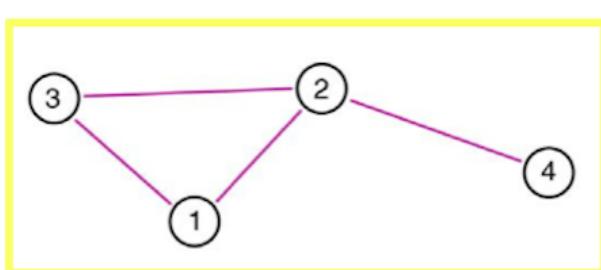
serve trovare un modo per **rappresentarli nel programma**  
usando i costrutti (strutture dati) del linguaggio di  
programmazione

## i dati del programma

interi, stringhe, booleani,  
liste, dizionari, ...

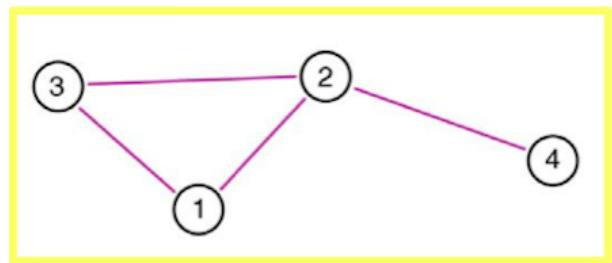
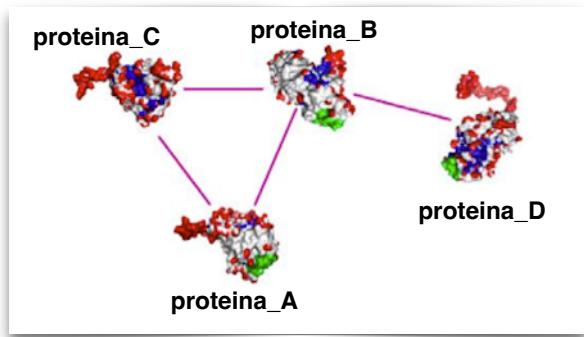
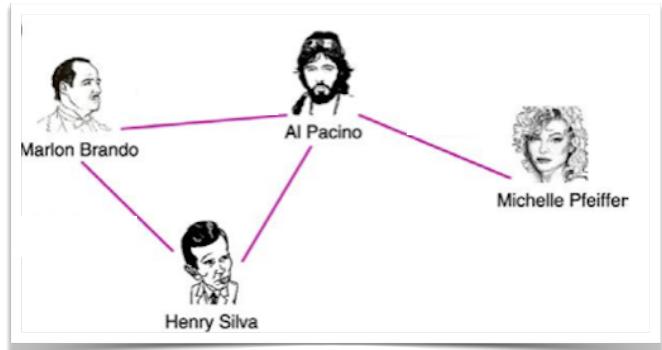
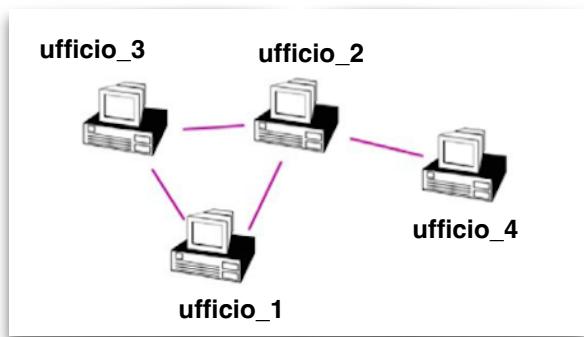


# un concetto matematico interessante: un grafo

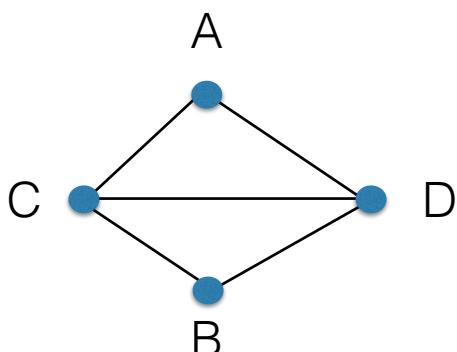


è un concetto  
**intermedio** tra  
una rete di amicizie e  
una struttura dati  
python

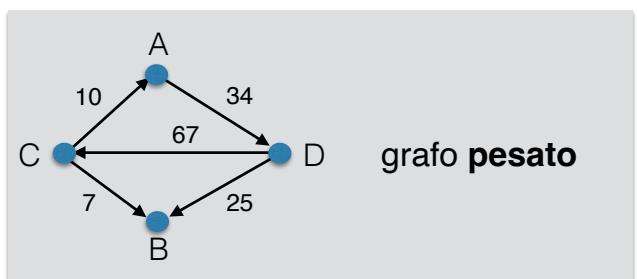
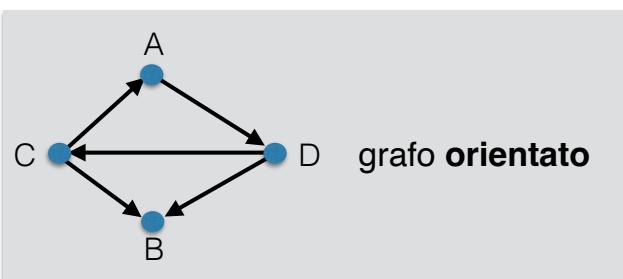
# i grafi come astrazione



## grafi e applicazioni reali



nodi	archi
persone	amicizia
città	strade
aeroporti	tratte aeree
aziende	accordo commerciale
banche	prestito



# grafo e applicazioni reali

rappresentare un problema concreto in termini di un grafo permette di

- **riusare** soluzioni fornite dalla **teoria dei grafi** in situazioni nuove:



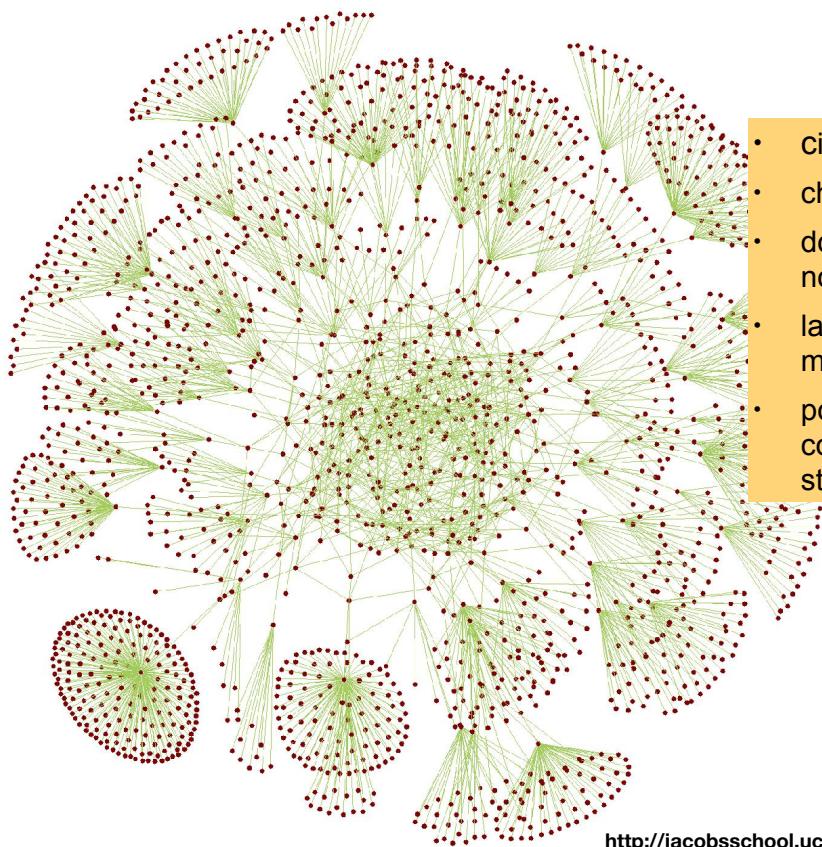
tool matematici, computazionali, statistici  
per **modellare**, visualizzare, **analizzare e comprendere** le reti/grafi,  
anche fare previsioni

- evidenziare **pattern di connessioni / interazioni**, che **influenzano il comportamento di un sistema** connesso

(complex) **network theory**

## la struttura di Internet

*...forse!*

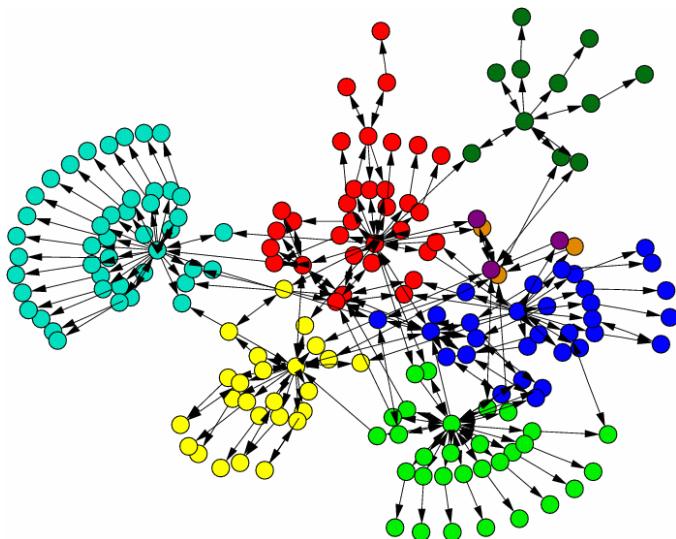


- ci sono bottlenecks?
- che accade se un nodo cade?
- dove sarebbe utile aggiungere un nodo?
- la strada più corta è sempre la migliore?
- possiamo raffinare i protocolli di comunicazione conoscendo meglio la struttura generale della rete?

a (mostly) randomly generated graph that retains the essential characteristics of a specific corner of the Internet

[http://jacobsschool.ucsd.edu/news/news\\_releases/release.sfe?id=685](http://jacobsschool.ucsd.edu/news/news_releases/release.sfe?id=685)

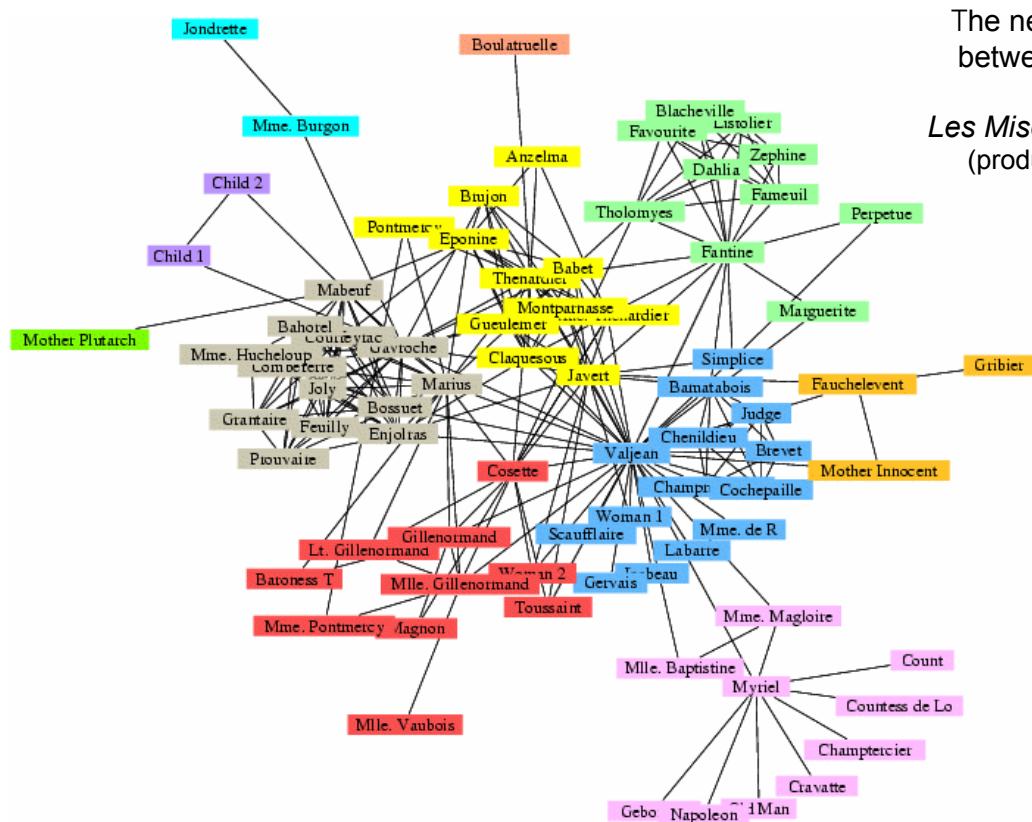
# la struttura del Web



nel **World Wide Web**

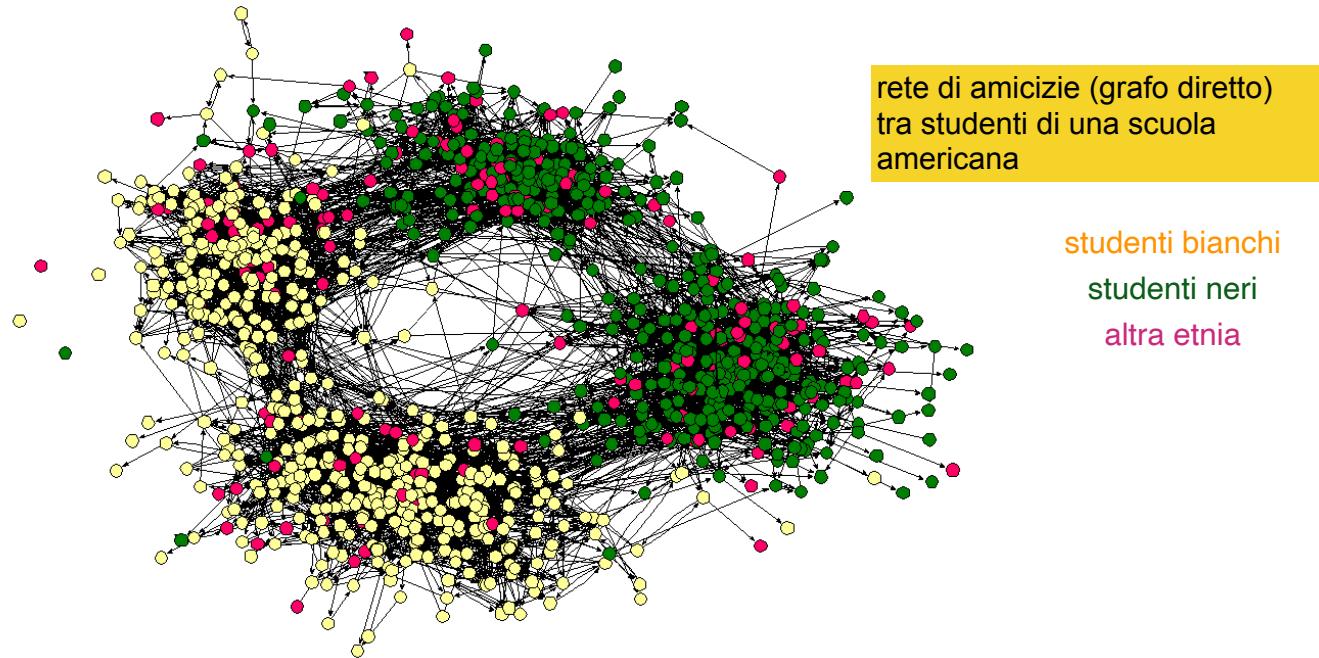
- i nodi sono le *pagine web*
- le connessioni (**archi orientati**) sono gli *hyperlinks*, che a differenza di Internet, sono solo dei **costrutti software**, i.e. indirizzi virtuali
- I colori corrispondono alla suddivisione in comunità prodotta da un **algoritmo** sulla base dei cammini minimi tra nodi

## finding communities in a network



# friendship network

contengono **sottogruppi** (“circoli”, “gang”) con molte **intra**-connessioni poche **inter**-connessioni, **infatti**:



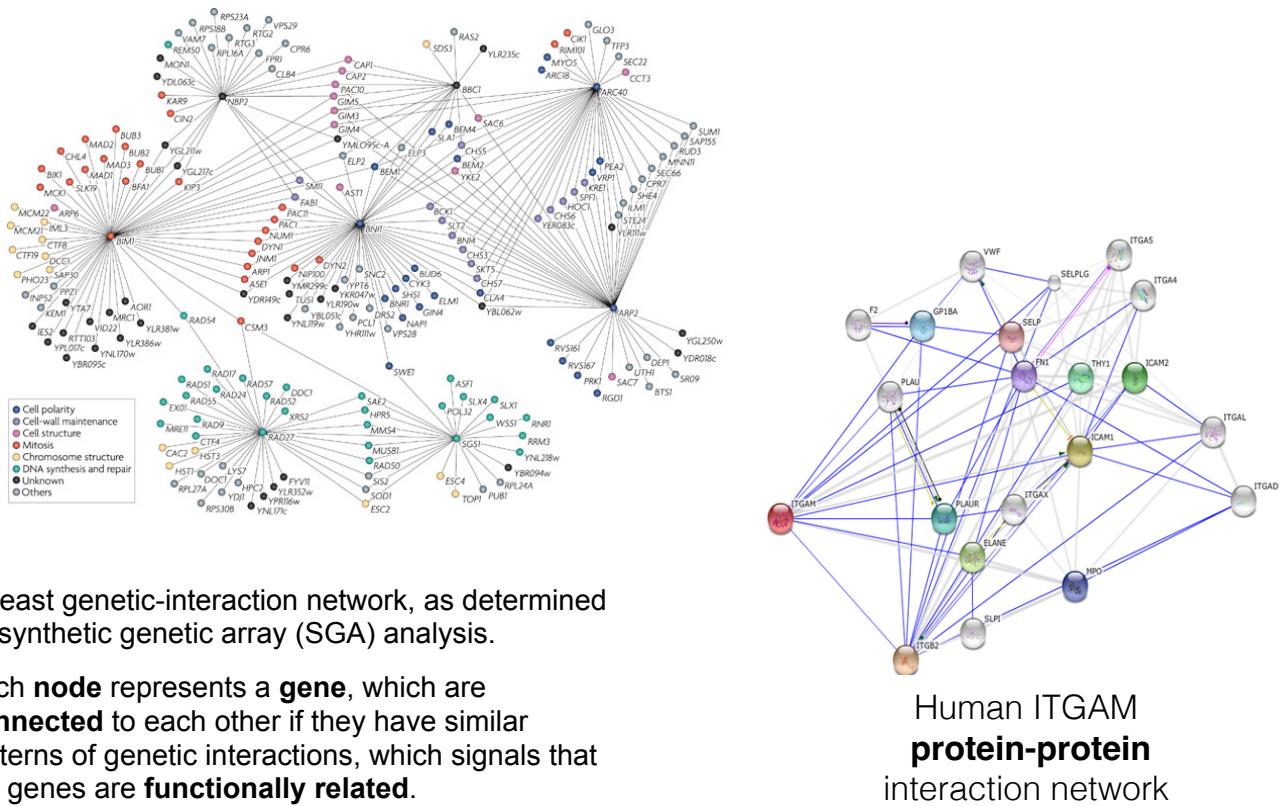
# transportation network

usato per creare un modello del **rischio della diffusione** globale di **Ebola** nel 2014

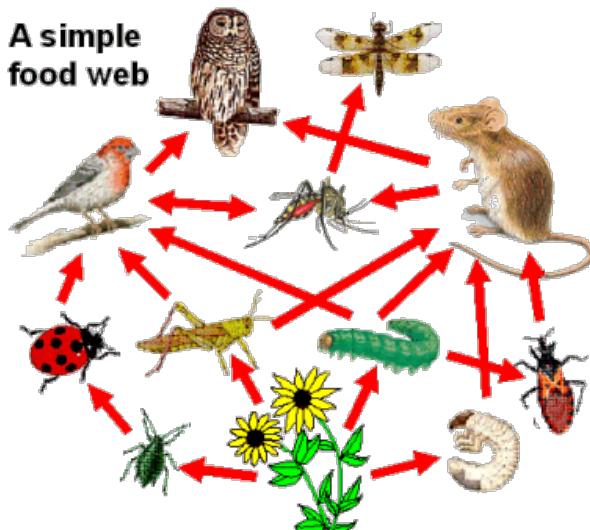


**The worldwide air transportation network.** Each link represents passenger flux between a pair of airports. In total this network contains approx. 4000 airports and 25000 links. The total passenger flux is approx. 3 billion/year.

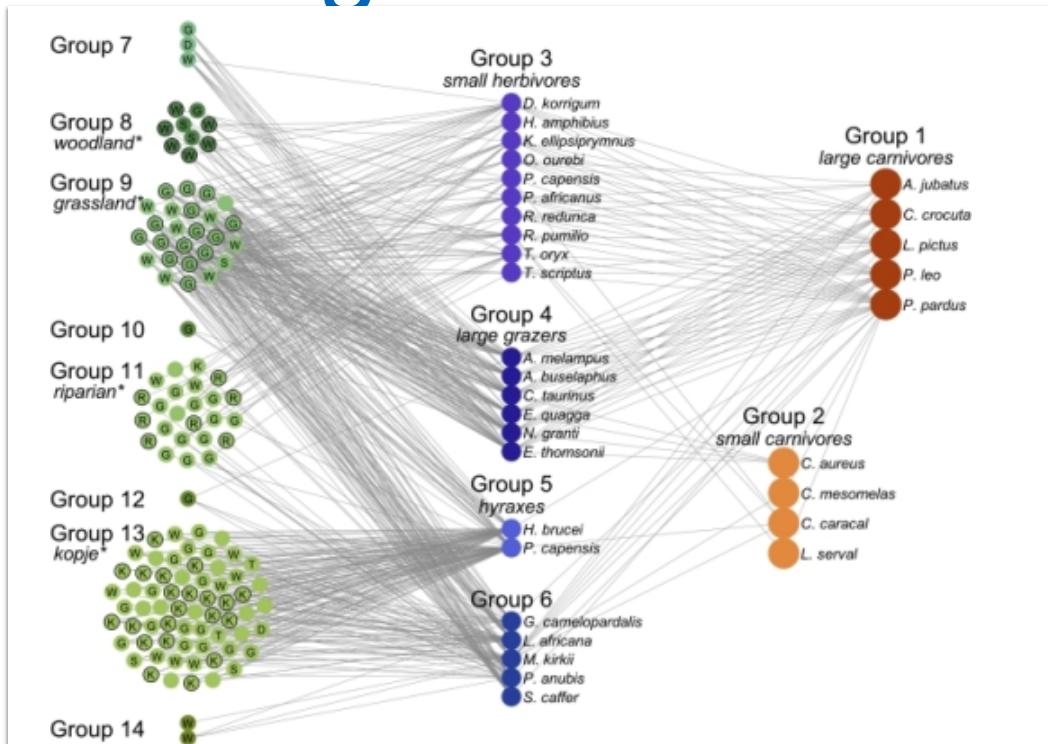
# genes and protein interactions



# ecological networks



# ecological networks



## The Serengeti food web

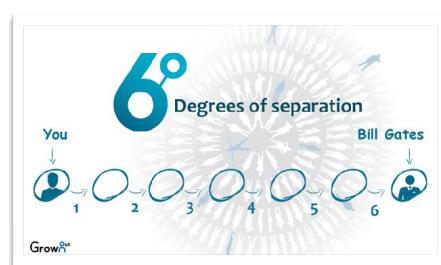
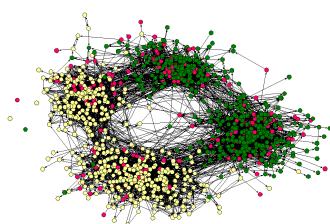
[https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=PMC3248389\\_pcbi.1002321.g003&req=4](https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=PMC3248389_pcbi.1002321.g003&req=4)

# reti casuali e reti reali

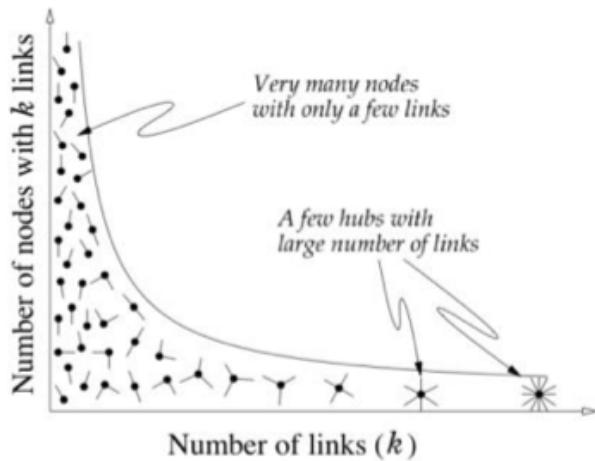
- esperimenti sulle reti complesse **reali** hanno osservato che vari indici statistici di queste reti sono diversi da quelli dei grafi casuali

**alto livello di aggregazione e basso grado di separazione**

- i **nodi adiacenti** ad un certo nodo sono **a loro volta molto collegati** fra di loro
- misura della tipica **tendenza sociale di formare gruppi** isolandosi da altri gruppi di "simili"
- il **cammino minimo medio** tra due nodi,
- nelle reti sociali è il numero medio di amicizie in comune che separano due individui scelti a caso



# degree distribution



gli **hub** grazie ai loro collegamenti forniscono scorciatoie nei cammini minimi che collegano altri nodi, **determinando quindi il basso grado di separazione** tra nodi qualsiasi

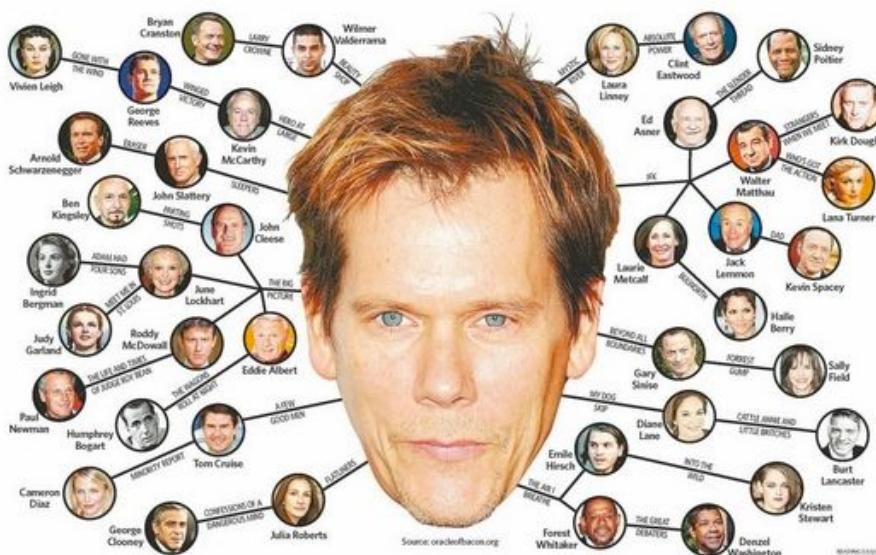


**small-world effect:** pochissimi nodi con tantissime connessioni, che assicurano la velocità di trasmissione delle informazioni (o del gossip...) nella rete

- **reti sociali:** pochi individui con tantissimi amici (celebrità)
- **Web:** pochi siti web con tantissimi link (portali)
- **reti metaboliche:** pochi metaboliti che partecipano a tantissimi processi metabolici
- **Internet:** funziona bene perché è vero che due computer qualsiasi sono collegati da non più di 10 o 20 "hops" (link fisici)

## 6 gradi di Kevin Bacon

In un'intervista del gennaio 1994, l'attore Kevin Bacon affermò di avere lavorato con tutti gli attori di Hollywood o, almeno, con qualcuno che ci aveva recitato insieme.... **Kevin Bacon is the Center of the Universe.**



### il sito **The Oracle of Bacon**

- mantiene un **grafo** con attori legati da un arco se hanno recitato in uno stesso film
- dato un attore ne calcola il **numero di Bacon**, i.e. lunghezza del cammino minimo che lo separa da Kevin Bacon (*breadth-first search* starting from Bacon). Ha valore medio 3