

Sieci złożone

MODELE ODZDZIAŁYWAŃ SPOŁECZNYCH

Agenda

- ▶ Model Watts-Strogatz (sieci społeczne)
 - ▶ Przypadkowe uszkodzenia i celowe ataki

Model Watts-Strogatz

- ▶ Sieć **rzadka**

- ▶ średni stopień wężła jest dużo mniejszy od liczby wszystkich węzłów $\langle k \rangle \ll N$

- ▶ Sieć **silnie zgronowana**

współczynnik gronowania w sieci ER $\frac{|\mathcal{L}|}{\binom{N}{2}} \ll C \leq 1$

- ▶ Jak to możliwe, że sieć może być jednocześnie:

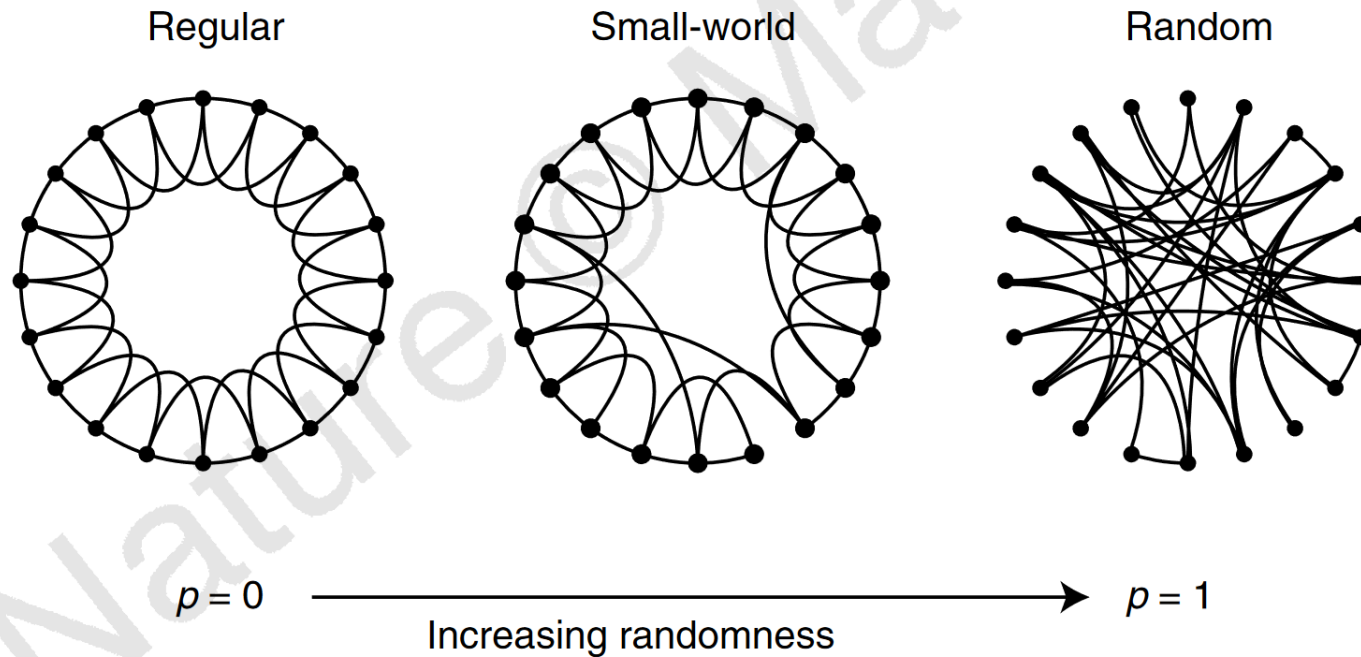
- ▶ **rzadka**
 - ▶ **silnie zgronowana**
 - ▶ **małych światów**

Model Watts-Strogatz

- ▶ **Skróty:** dalekozasięgowe połączenia
 - ▶ modelowanie lokalnych kontaktów
 - ▶ nie trzeba wielu skrótów, by mieć:
 - ▶ efekt małych światów + duże gronowanie
- ▶ Implementacja skrótów
 - ▶ **losowe przełączanie krawędzi** z prawdopodobieństwem p



Model Watts-Strogatz



Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684), 440-442.

Model Watts-Strogatz

watts_strogatz_graph

`watts_strogatz_graph(n, k, p, seed=None)` [\[source\]](#)

Return a Watts-Strogatz small-world graph.

Parameters: *n*: int

The number of nodes

k: int

Each node is connected to *k* nearest neighbors in ring topology

p: float

The probability of rewiring each edge

```
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt

G = nx.watts_strogatz_graph(n=20, k=4, p=0.3, seed=None)

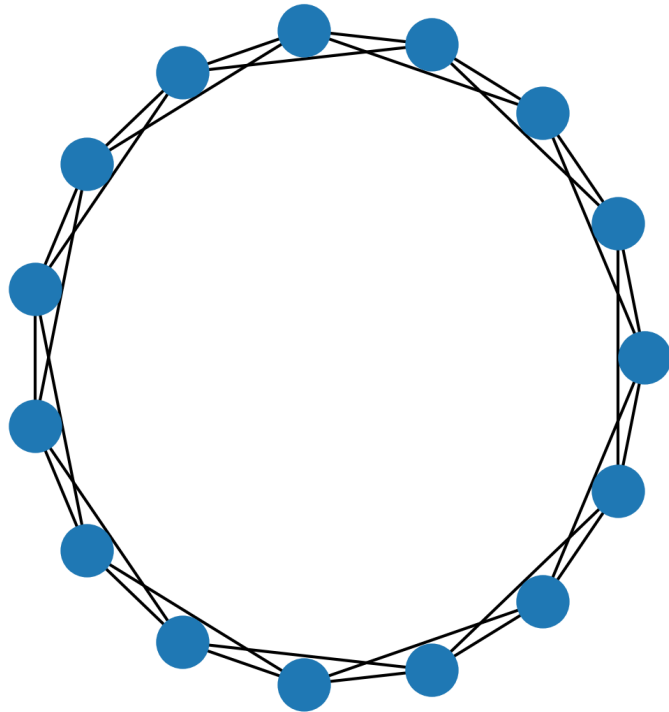
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(10, 5))
nx.draw_circular(G, ax=ax[0])
nx.draw_kamada_kawai(G, ax=ax[1])
plt.show()
```

Model Watts-Strogatz

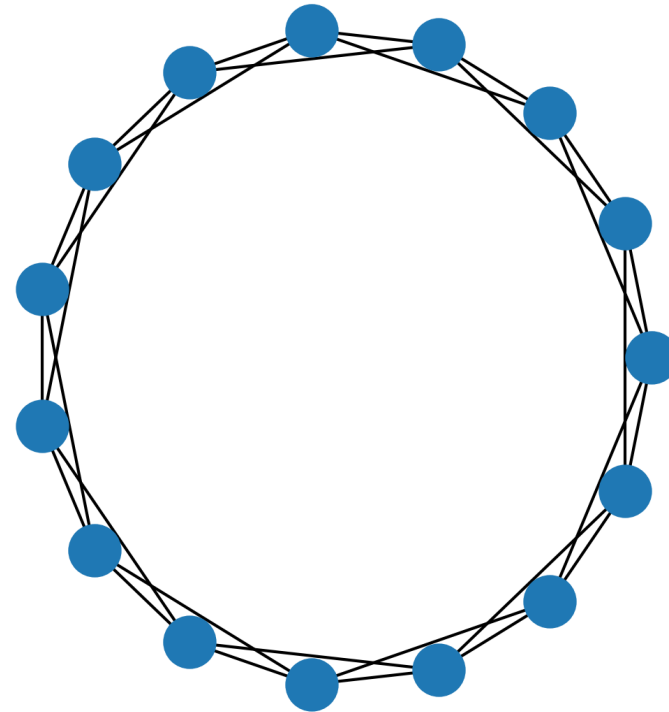
$n = 15$

$k = 4$

$p = 0.0$



`nx.draw_circular`



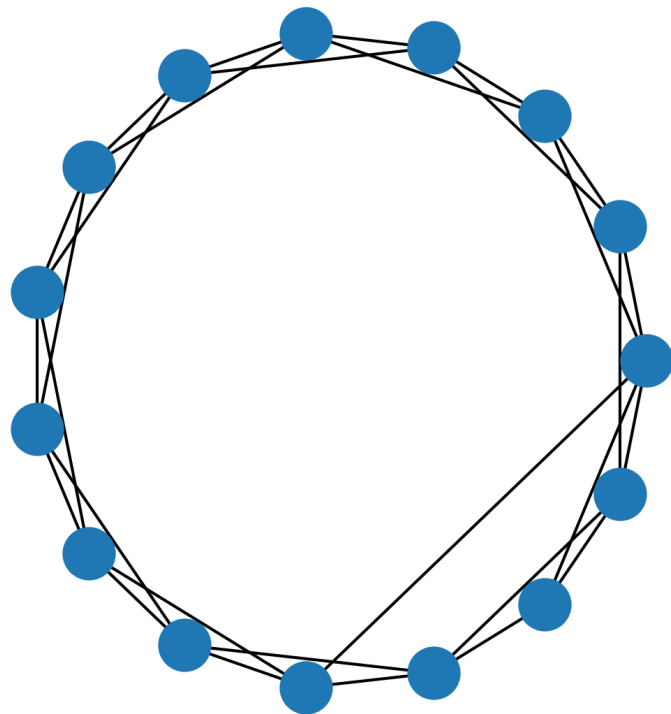
`nx.draw_kamada_kawai`

Model Watts-Strogatz

$n = 15$

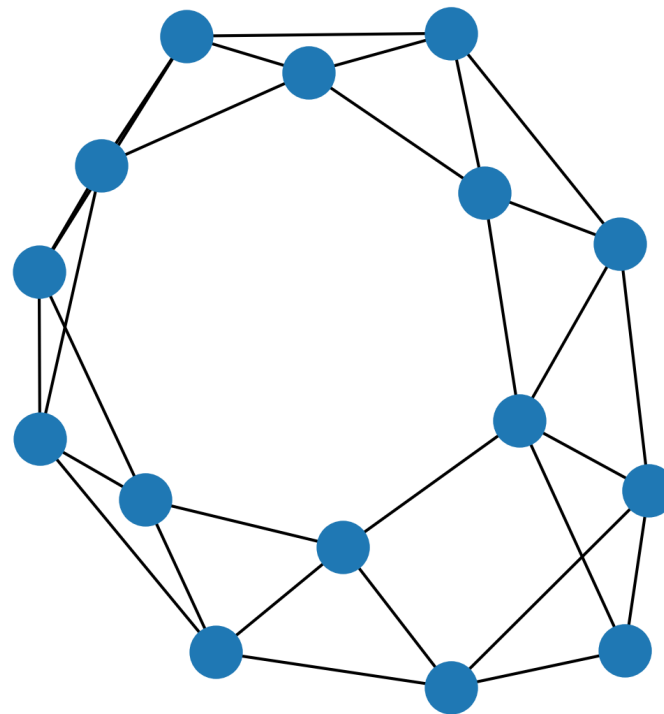
$k = 4$

$p = 0.015$



`nx.draw_circular`

Co 3 uruchomienie



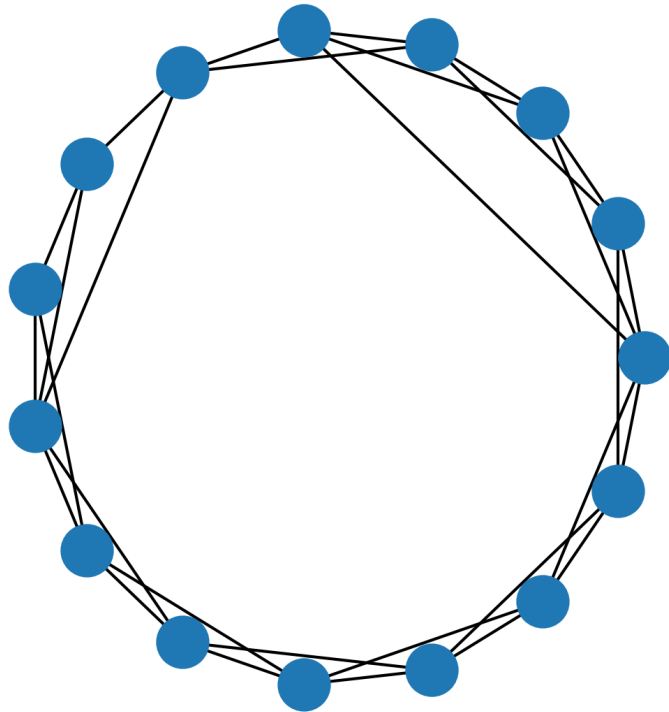
`nx.draw_kamada_kawai`

Model Watts-Strogatz

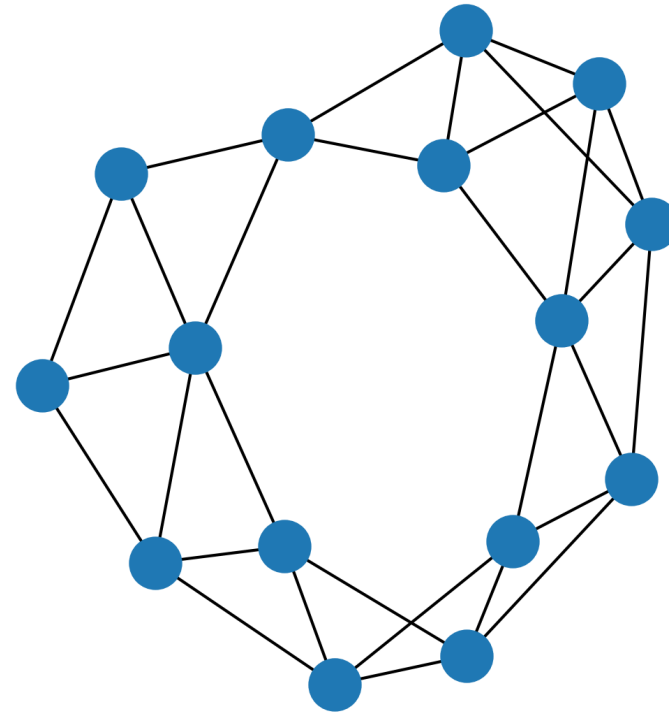
$n = 15$

$k = 4$

$p = 0.025$



`nx.draw_circular`



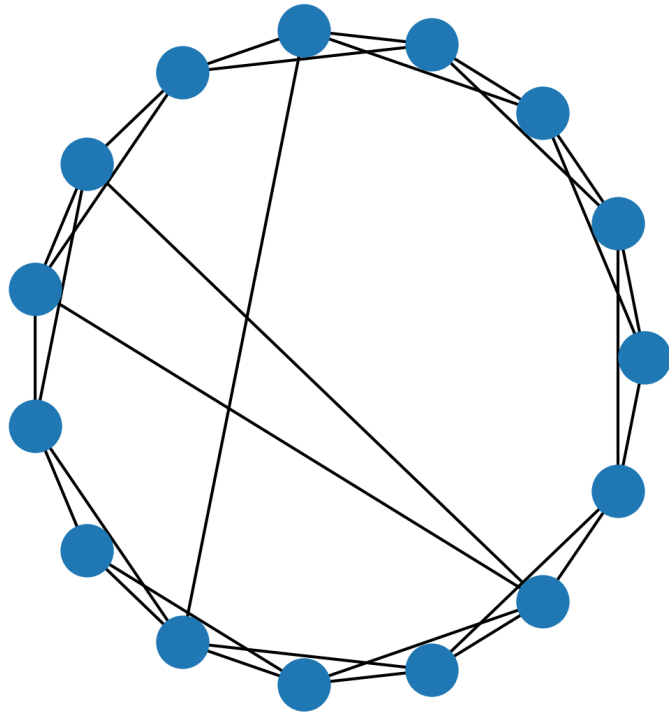
`nx.draw_kamada_kawai`

Model Watts-Strogatz

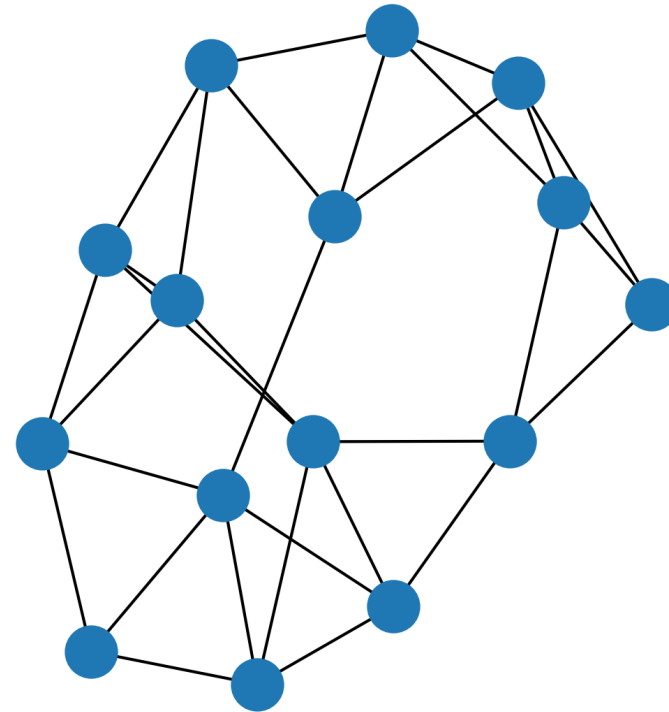
$n = 15$

$k = 4$

$p = 0.03$



`nx.draw_circular`



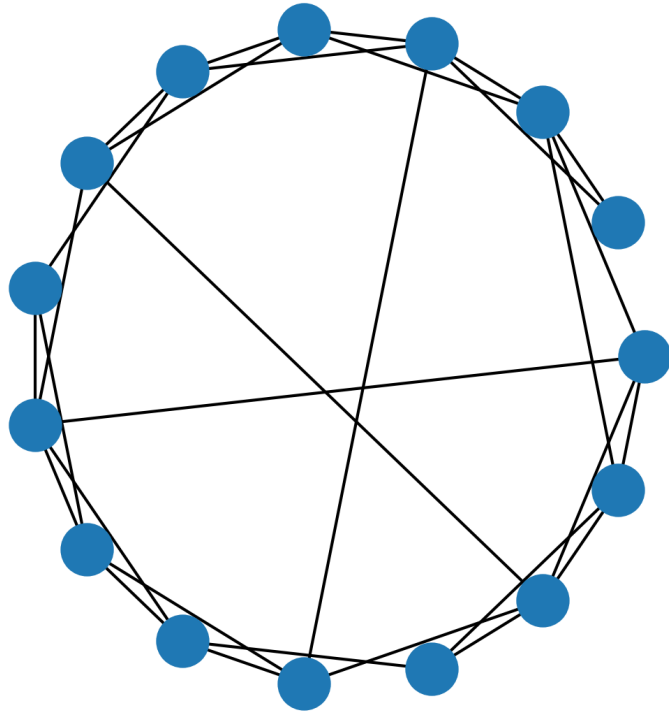
`nx.draw_kamada_kawai`

Model Watts-Strogatz

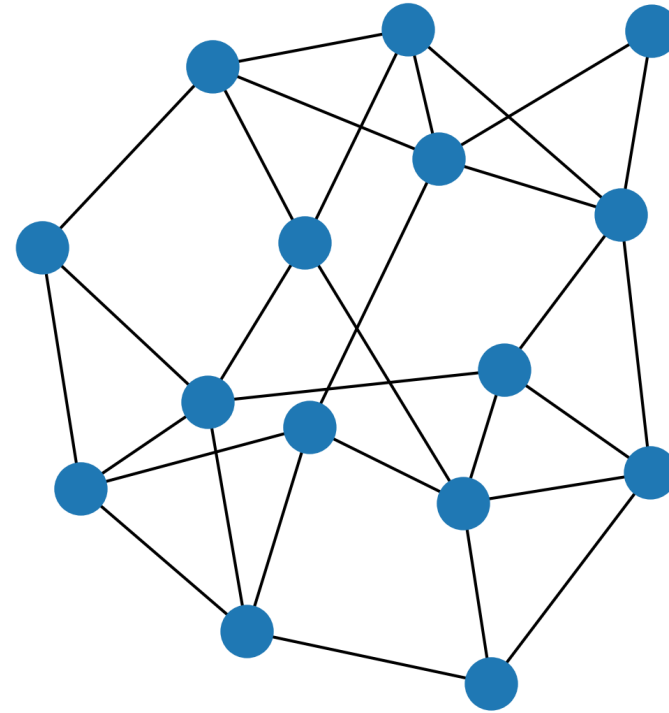
$n = 15$

$k = 4$

$p = 0.1$



`nx.draw_circular`



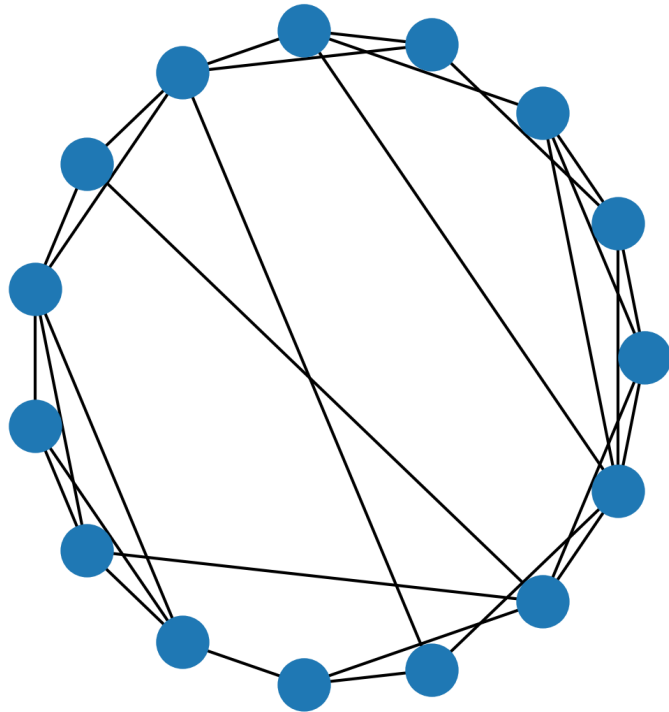
`nx.draw_kamada_kawai`

Model Watts-Strogatz

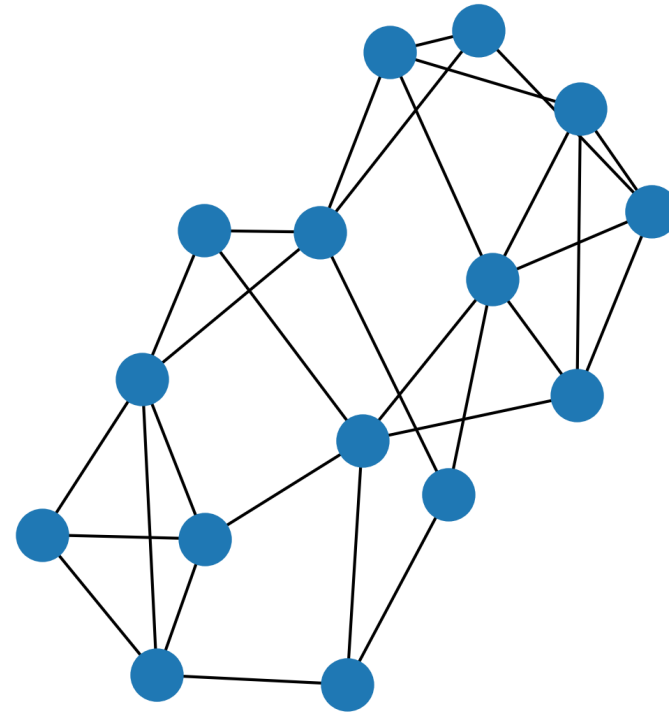
$n = 15$

$k = 4$

$p = 0.2$



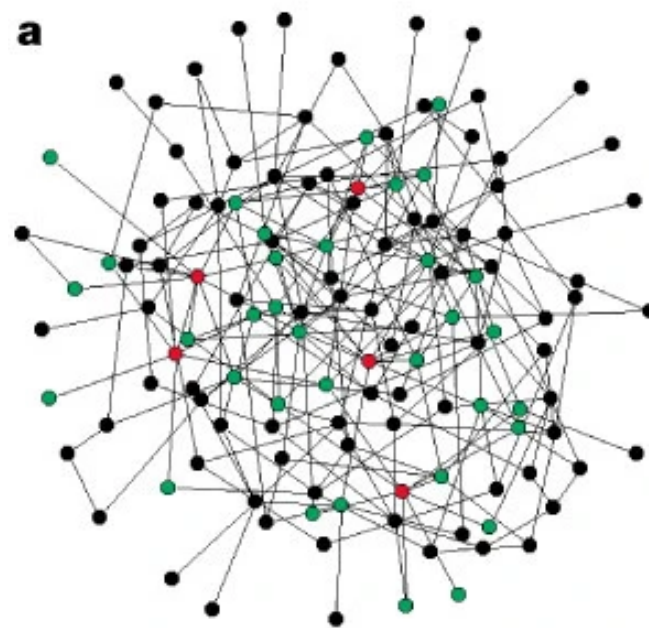
`nx.draw_circular`



`nx.draw_kamada_kawai`

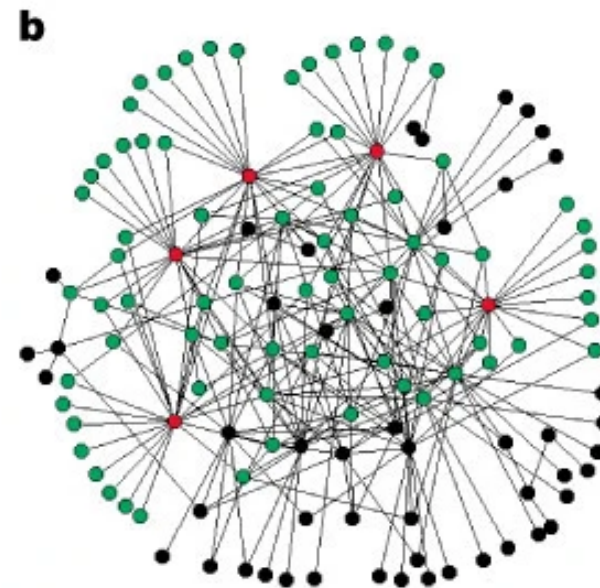


Erdős–Rényi (ER) model



Exponential

Watts–Strogatz model



Scale-free

130 węzłów
215 łączy

$$\langle k \rangle = 3.3$$

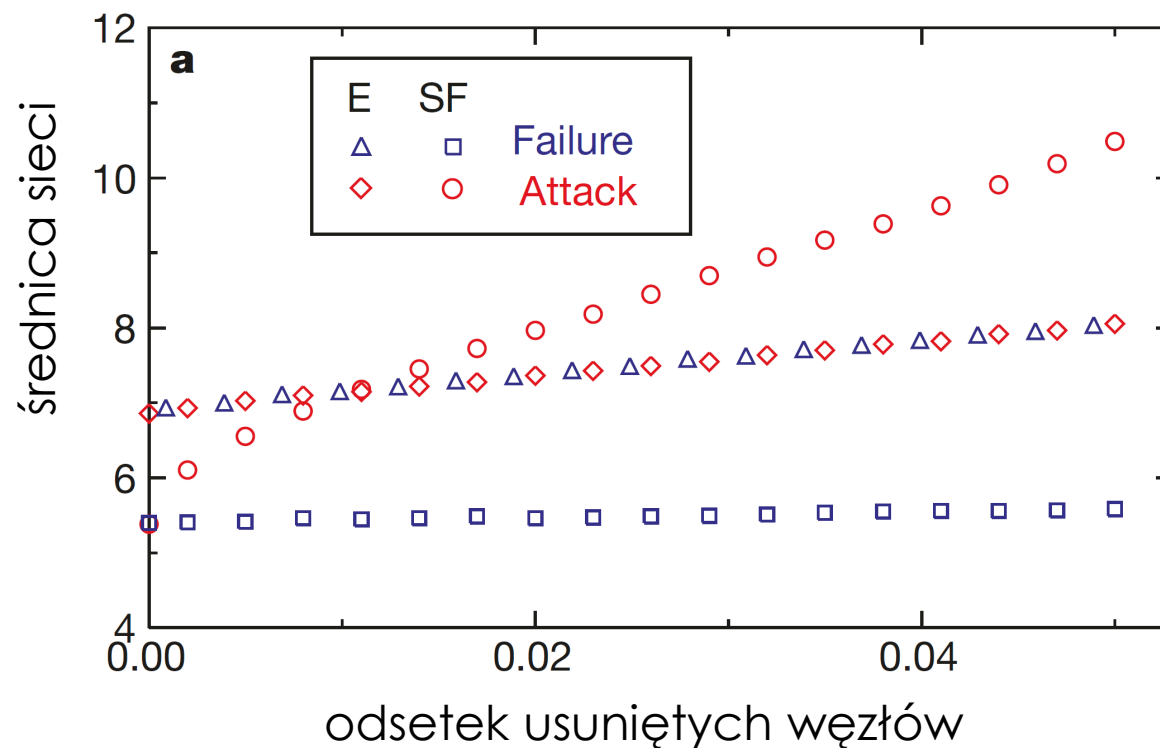
$$P(k \gg \langle k \rangle)$$

Rozkład stopni węzłów

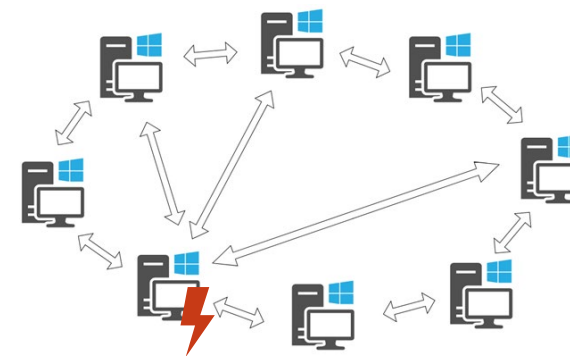
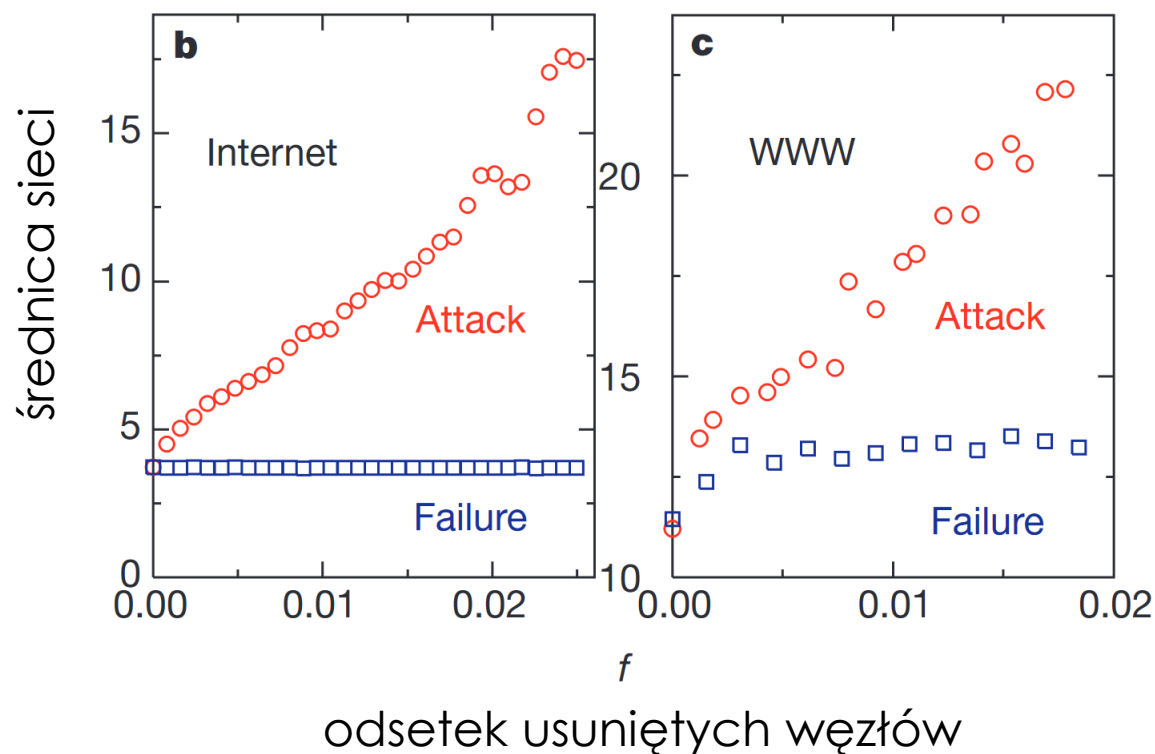
$$P(k) = \binom{N-1}{k} p^k (1-p)^{N-1-k}$$

$$\text{Dla dużych } N: P(k) \approx \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

Przypadkowe uszkodzenia i celowe ataki

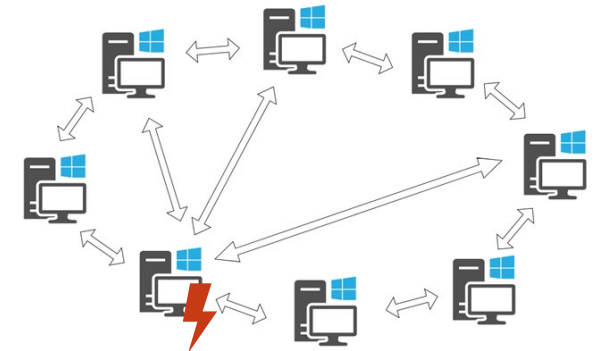


Przypadkowe uszkodzenia i celowe ataki



Przypadkowe uszkodzenia i celowe ataki

- ▶ Odporność na ataki w sieci bezskalowej
 - ▶ nieodporna na celowe ataki na huby
 - ▶ odporna na przypadkowe usterki: małe prawdopodobieństwo wylosowania huba
- ▶ W sieci o dobrze określonym średnim stopniu węzła
 - ▶ ten sam procent zablokowanych węzłów prowadzi do większych zmian średnich odległości między węzłami
- ▶ Zdecentralizowane algorytmy przesyłania informacji: *sieci p2p*



Azer Koçulu

```
1 module.exports = leftpad;
2
3 function leftpad (str, len, ch) {
4   str = String(str);
5
6   var i = -1;
7
8   ch || (ch = ' ');
9   len = len - str.length;
10
11
12   while (++i < len) {
13     str = ch + str;
14   }
15
16   return str;
17 }
```



