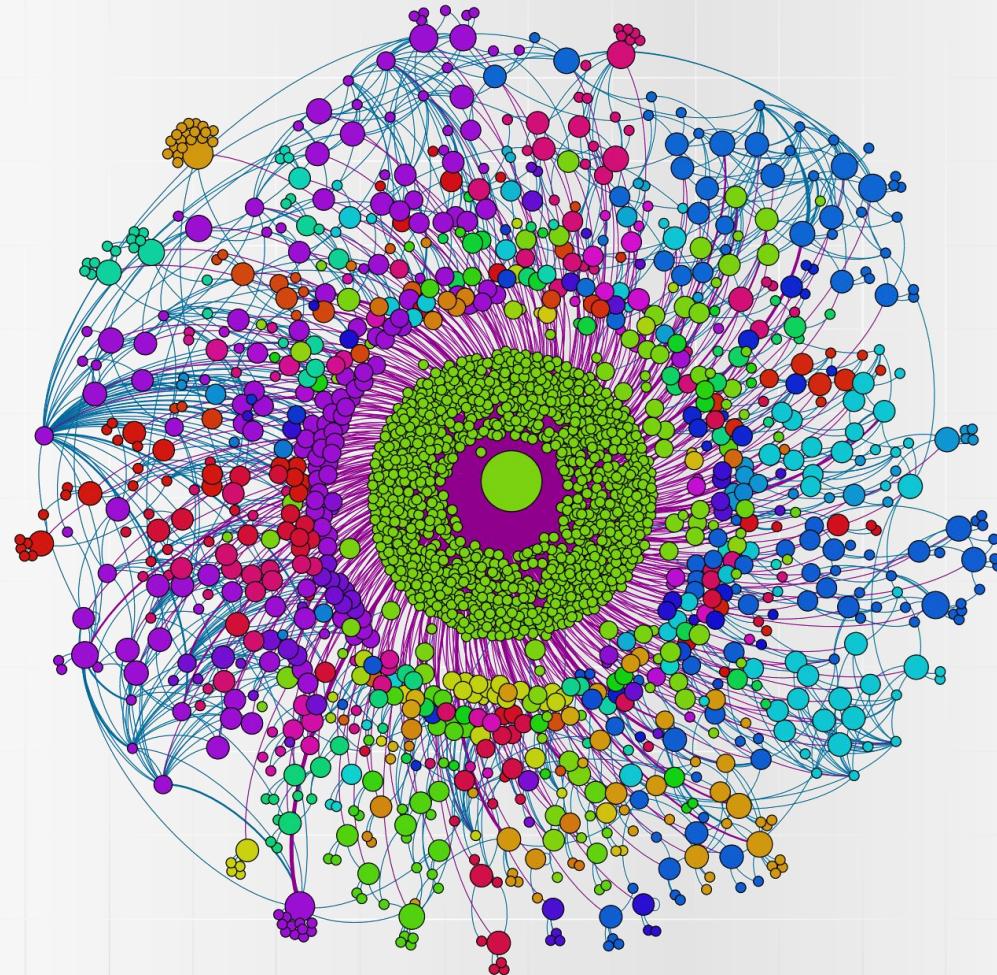




# Sieci złożone



01. Wprowadzenie



# Analiza sieci kontra Saddam Husajn

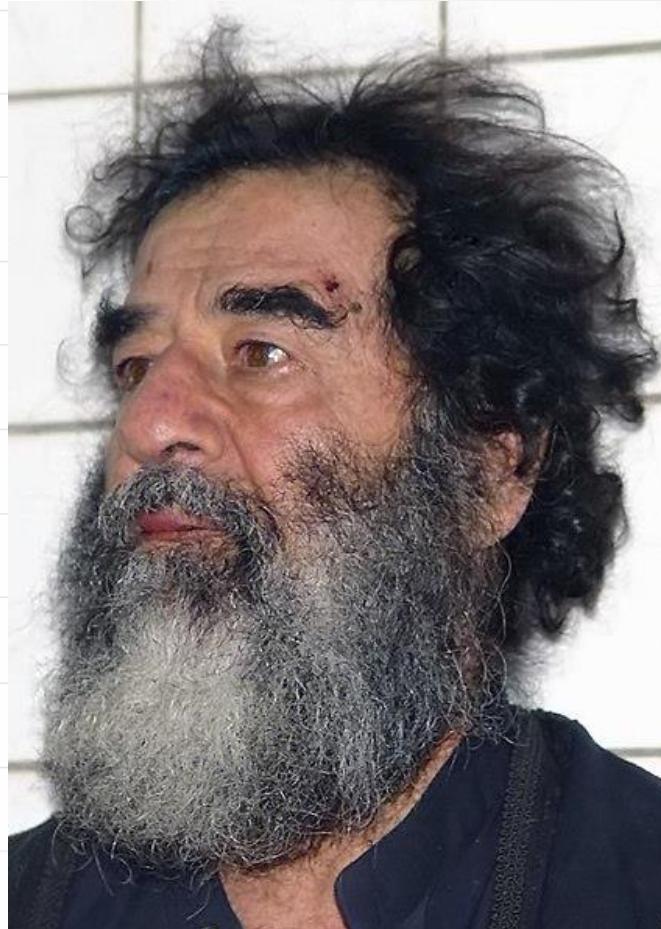


PUBLIC DOMAIN

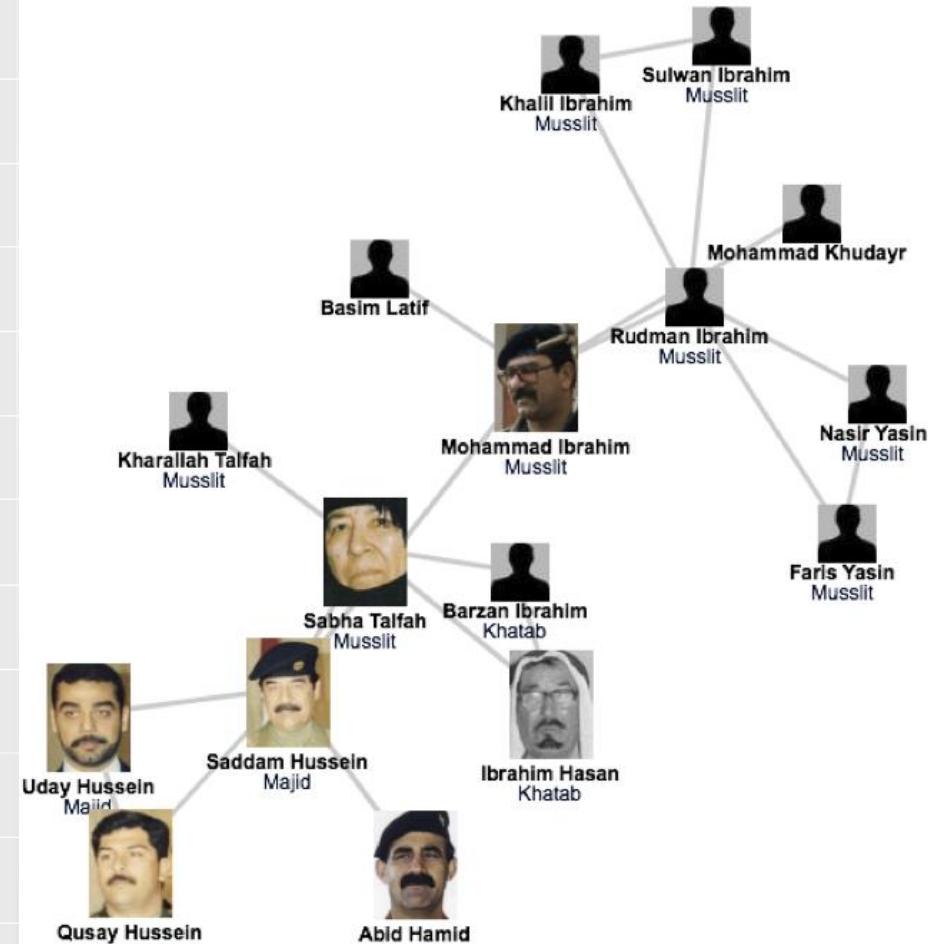


PUBLIC DOMAIN

# Analiza sieci kontra Saddam Husajn



PUBLIC DOMAIN

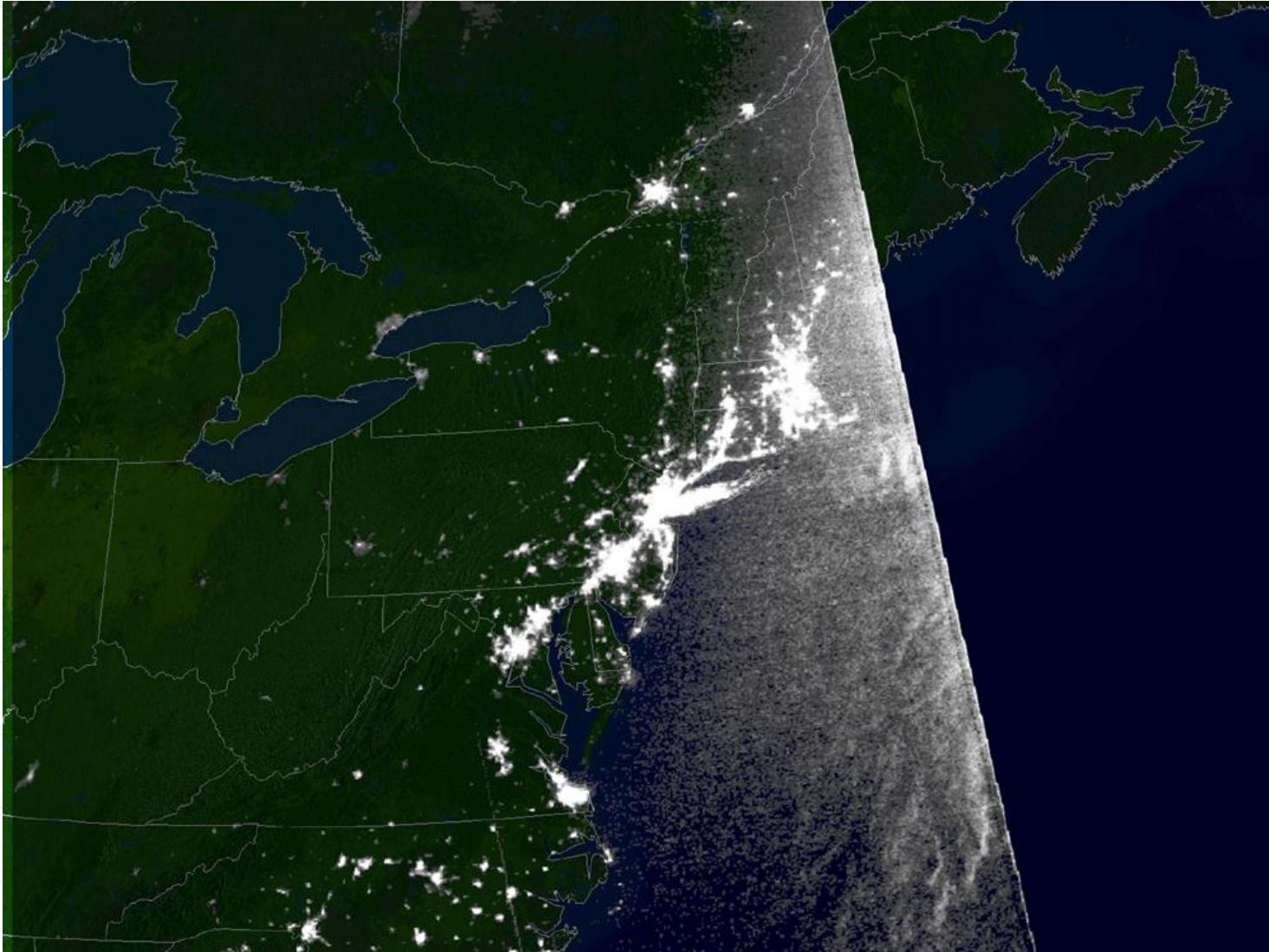




# Analiza sieci kontra Saddam Husajn

- Potencjał predykcyjny sieci .
- Potencjał drzemiący w danych oraz trudności z jakimi trzeba się zmierzyć by uzyskać kompletny obraz sieci.
- Duża stabilność sieci.
- Wybór tego na jakiej podstawie zbudujemy sieć ma ogromne znaczenie dla wiedzy jaką będziemy mogli uzyskać z tej sieci.

# Wrażliwość sieci – dlaczego warto je analizować





# Wrażliwość sieci złożonych

- musimy zrozumieć, w jaki sposób struktura sieci wpływa na odporność złożonego systemu.
- opracować narzędzia ilościowe do oceny wzajemnych zależności między strukturą sieci a procesami dynamicznymi w sieci oraz ich wpływu na awarie.
- musimy znaleźć powtarzalne zależności, które można określić ilościowo, a nawet przewidzieć za pomocą narzędzi opracowanych przez naukę o sieciach.



# Skrócona historia nauki o sieciach

- **Teoria grafów:** 1735, Euler
- **Badania nad sieciami społecznymi:** 1930, Moreno
- **Sieci komunikacyjne/Internet:** 1960
- **Sieci ekologiczne:** May, 1979.



# Skrócona historia nauki o sieciach

## Dostępność danych

- Sieć powiązań pomiędzy aktorami, 1998;
- World Wide Web, 1999.
- Sieci cytowań, 1998
- Sieci metaboliczne, 2000;
- Sieci interakcji pomiędzy białkami, 2001
- ....
- Serwisy społecznościowe (Facebook, Twitter, YT, Instagram etc.)
- Smart devices, IoT, GSM/3G/5G



Politechnika  
Wrocławska

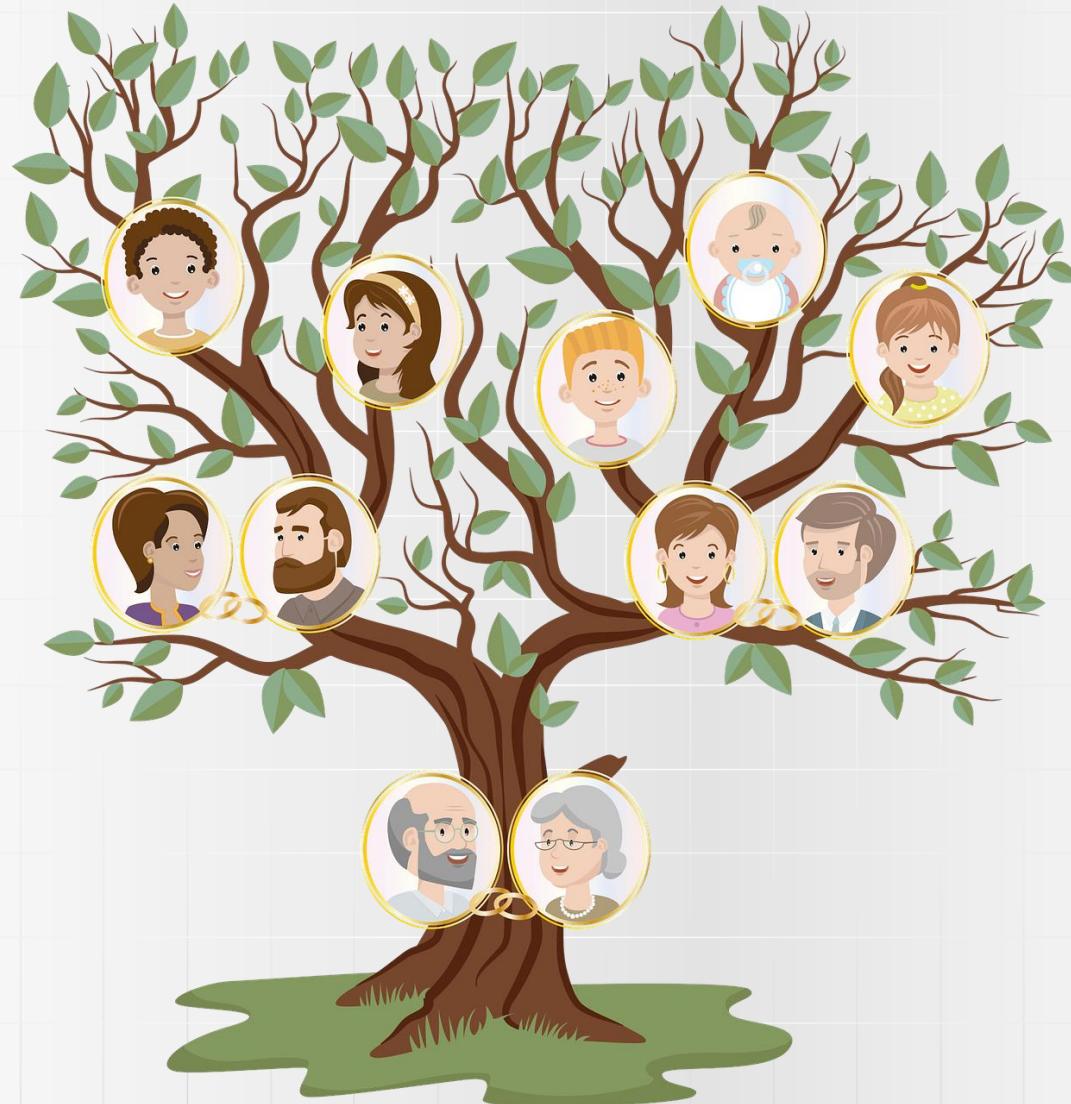
# Sieci wokół nas



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



# Sieci społeczne





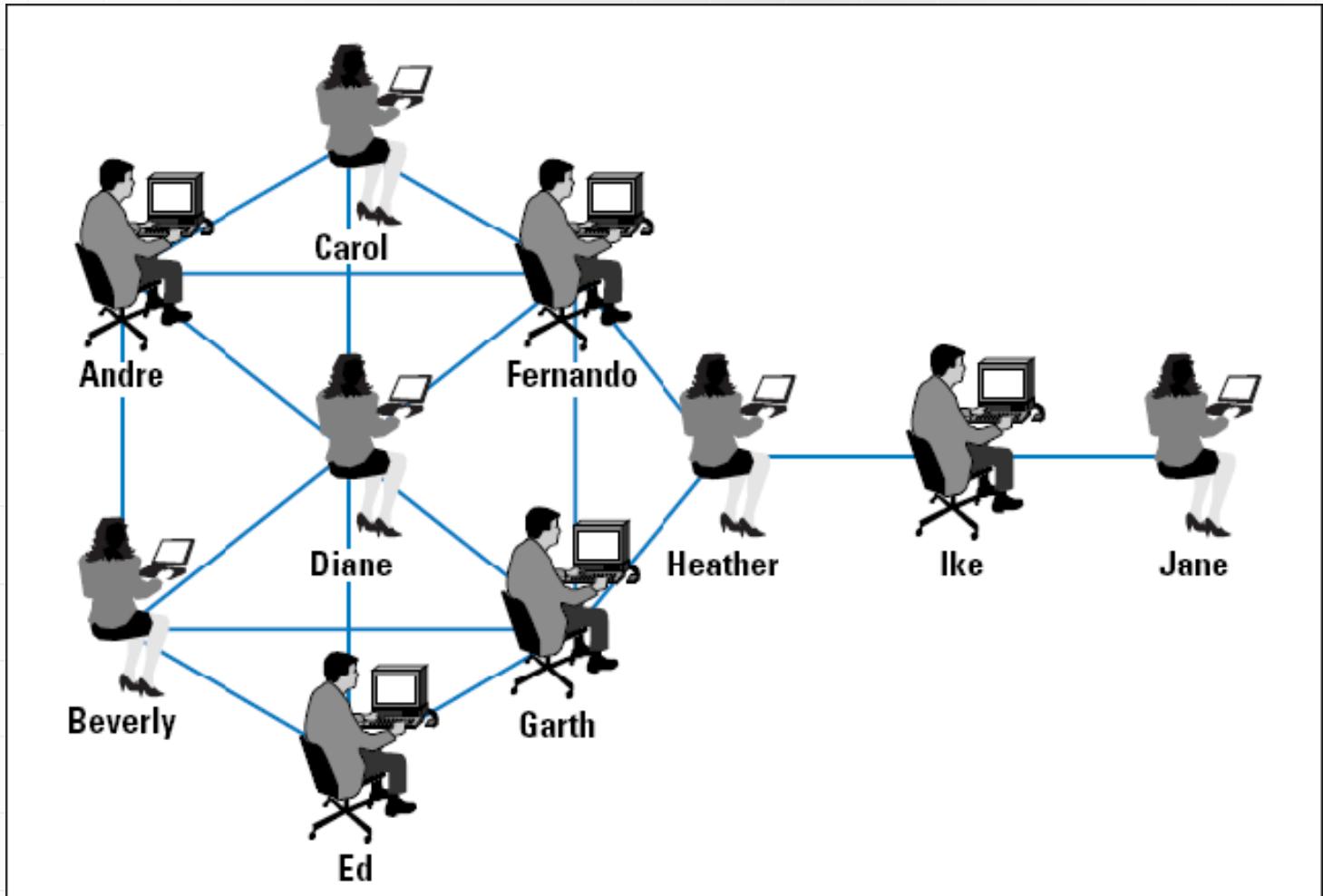
# Sieci społeczne



# Sieci społeczne

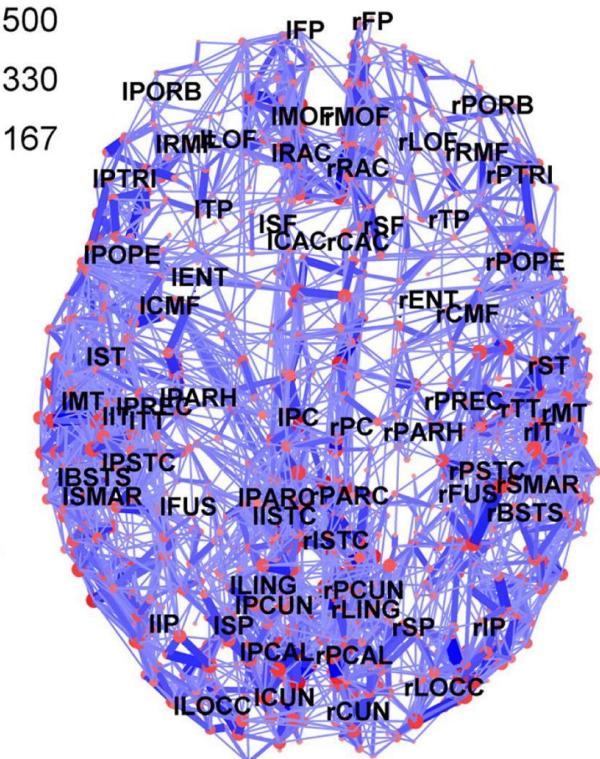
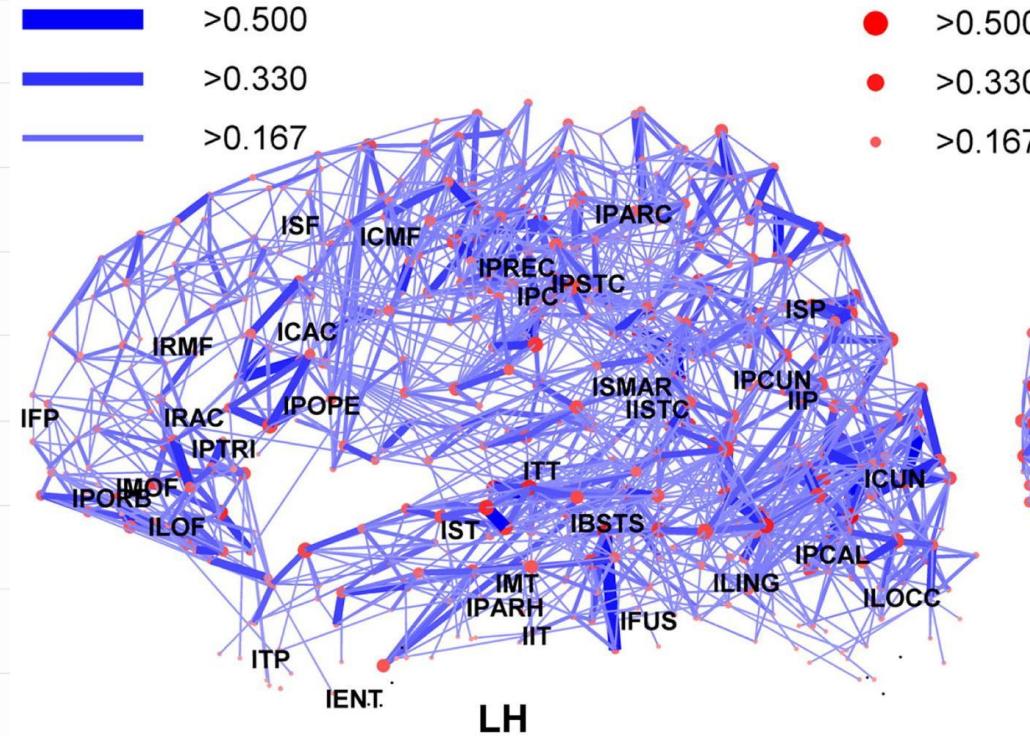


# Sieci organizacyjne



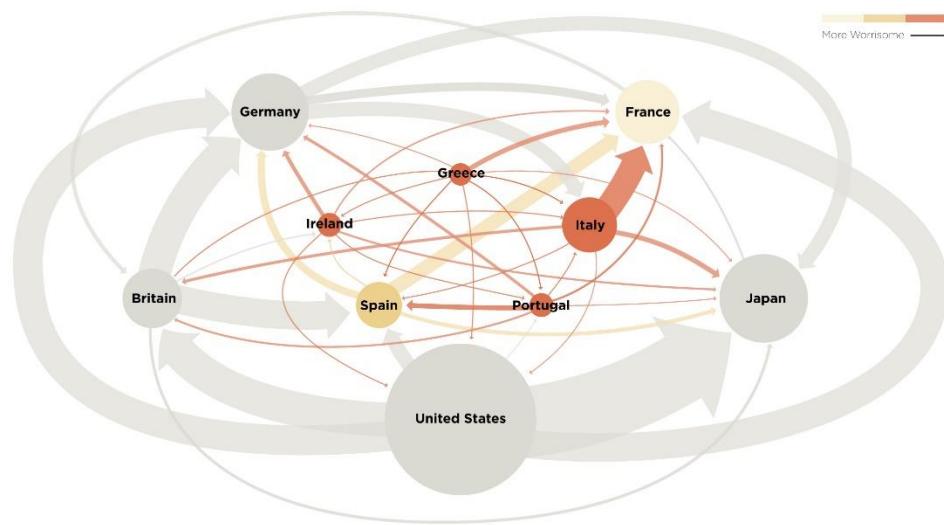
# Sieć neuronów – mózg

- **84,6 +/- 9,8 miliardów neuronów w ludzkim mózgu** (Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *Journal of Comparative Neurology*, 513(5), 2009, 532-541.)





# Sieci Finansowe

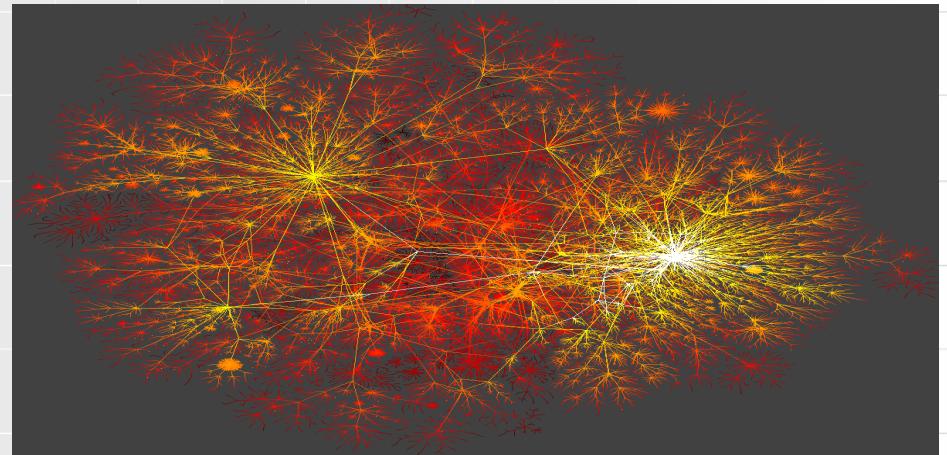
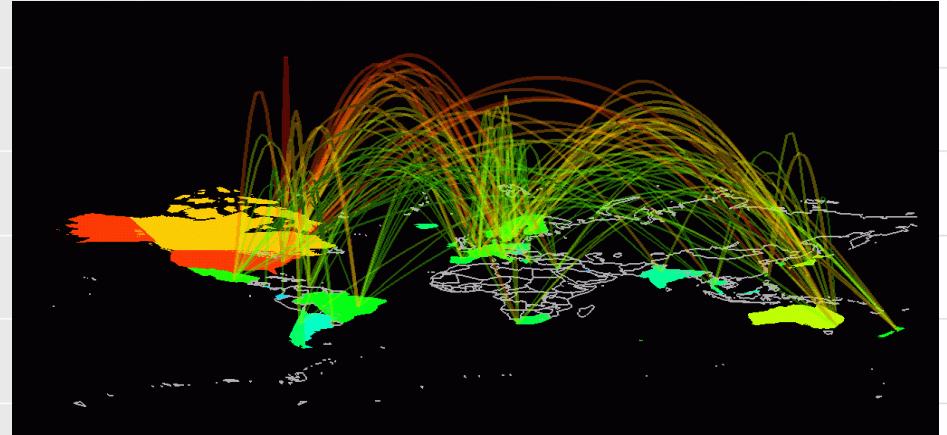
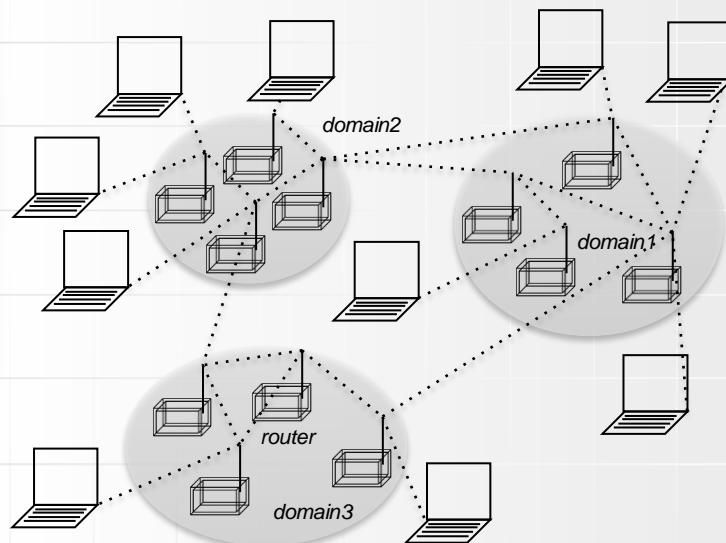




# WWW

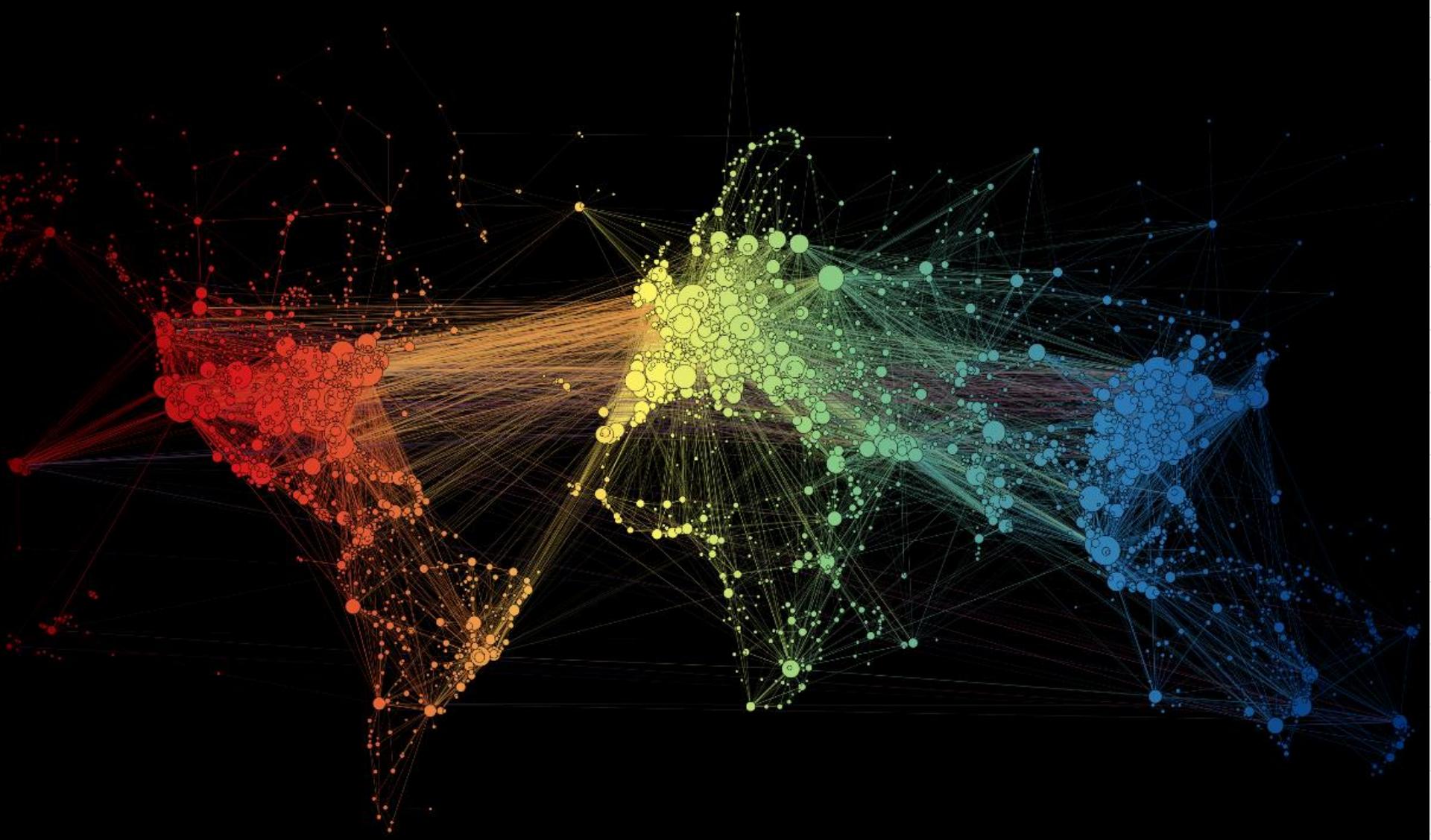


# Sieci infrastrukturalne - Internet





# Sieci infrastrukturalne – połączenia lotnicze

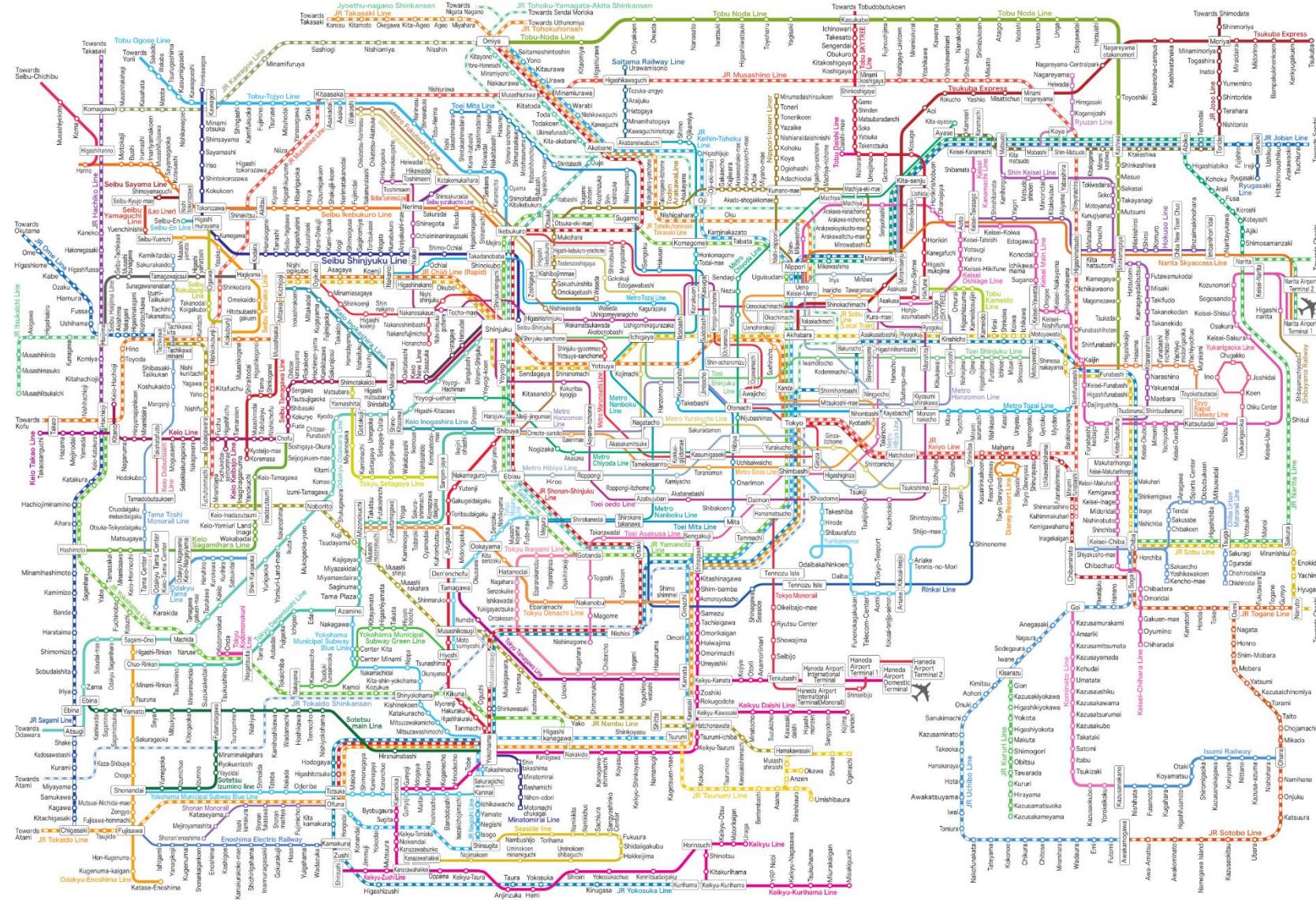


# Sieci infrastrukturalne – połączenia kolejowe

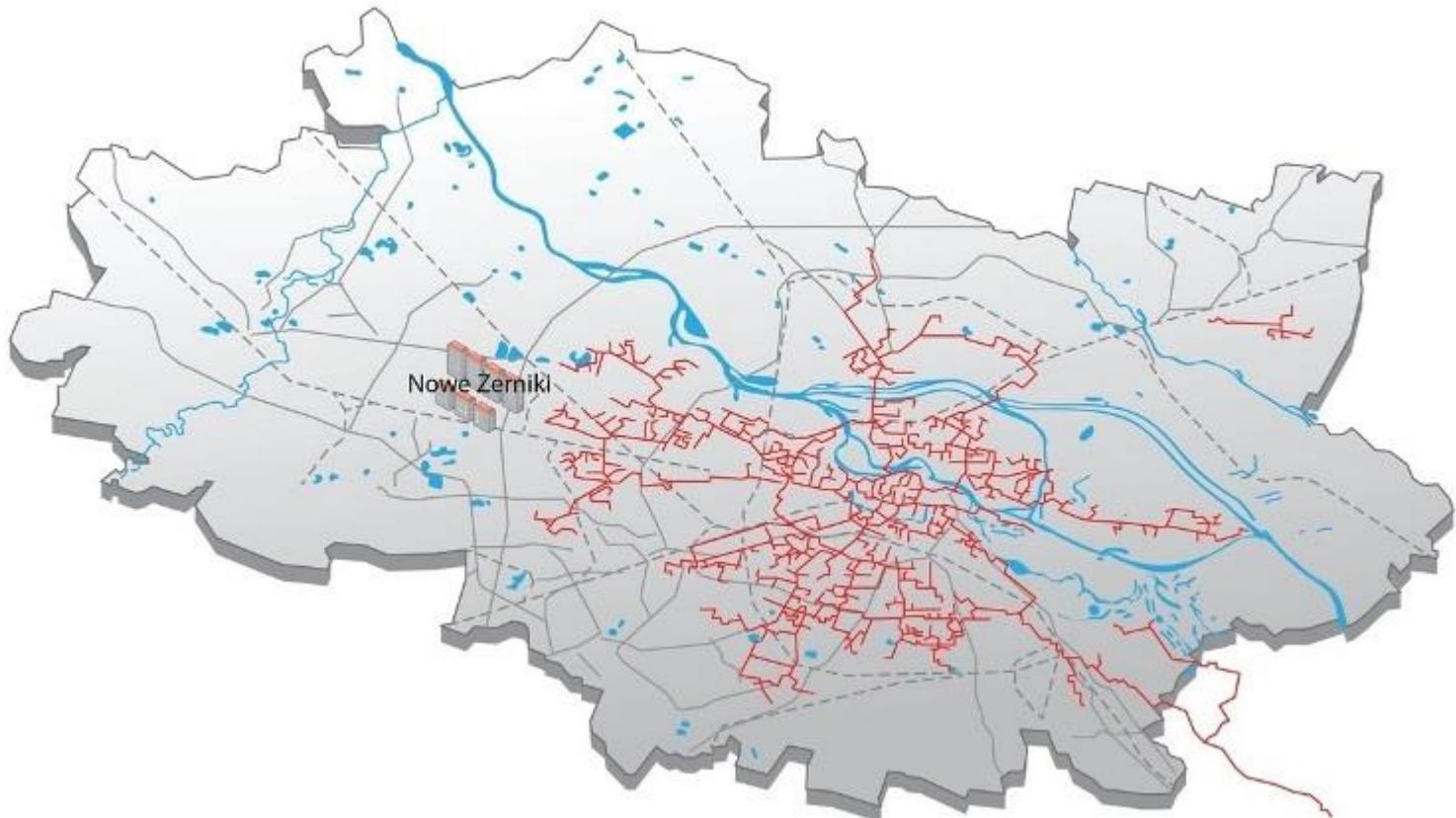




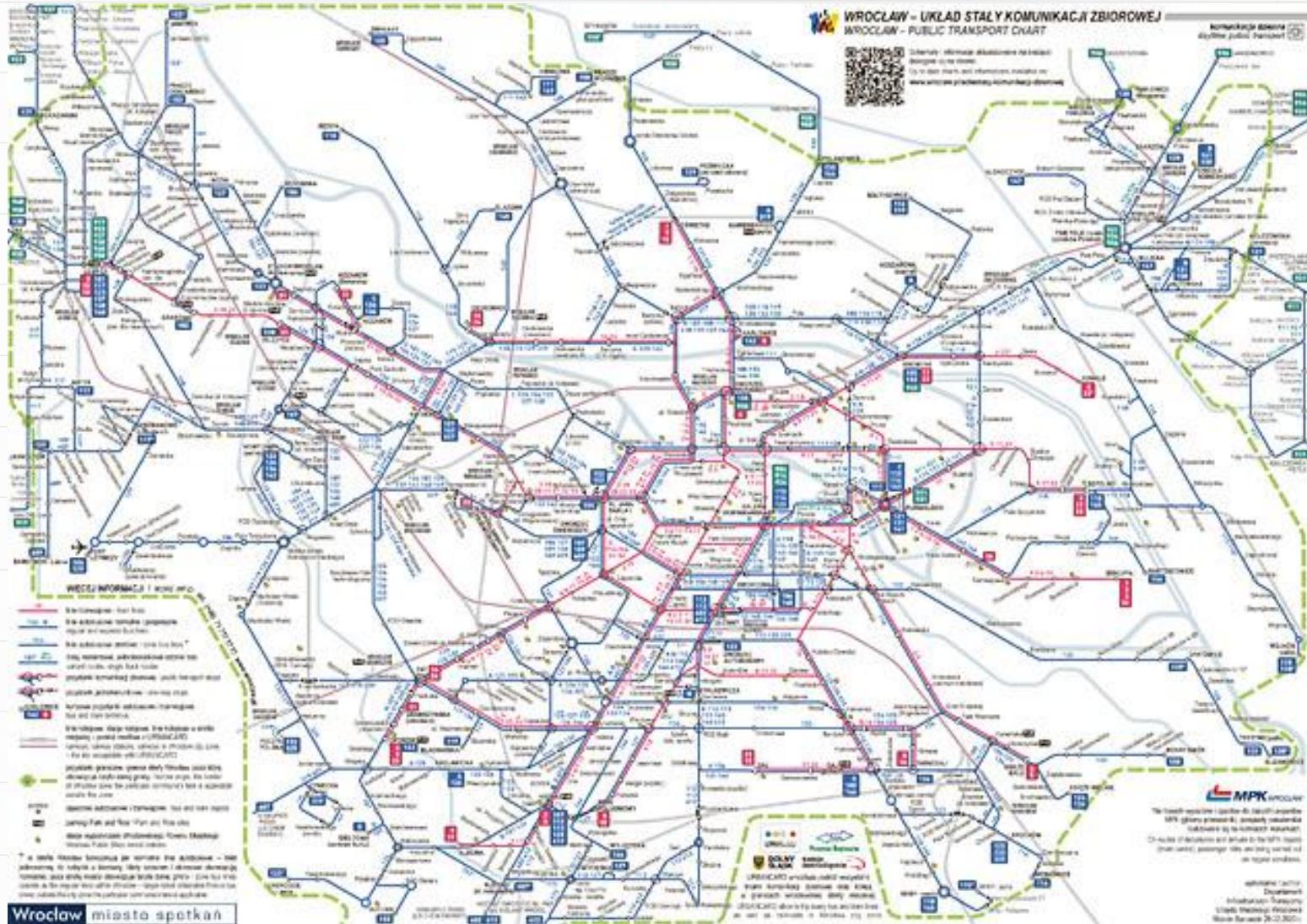
# Sieci infrastrukturalne – metro



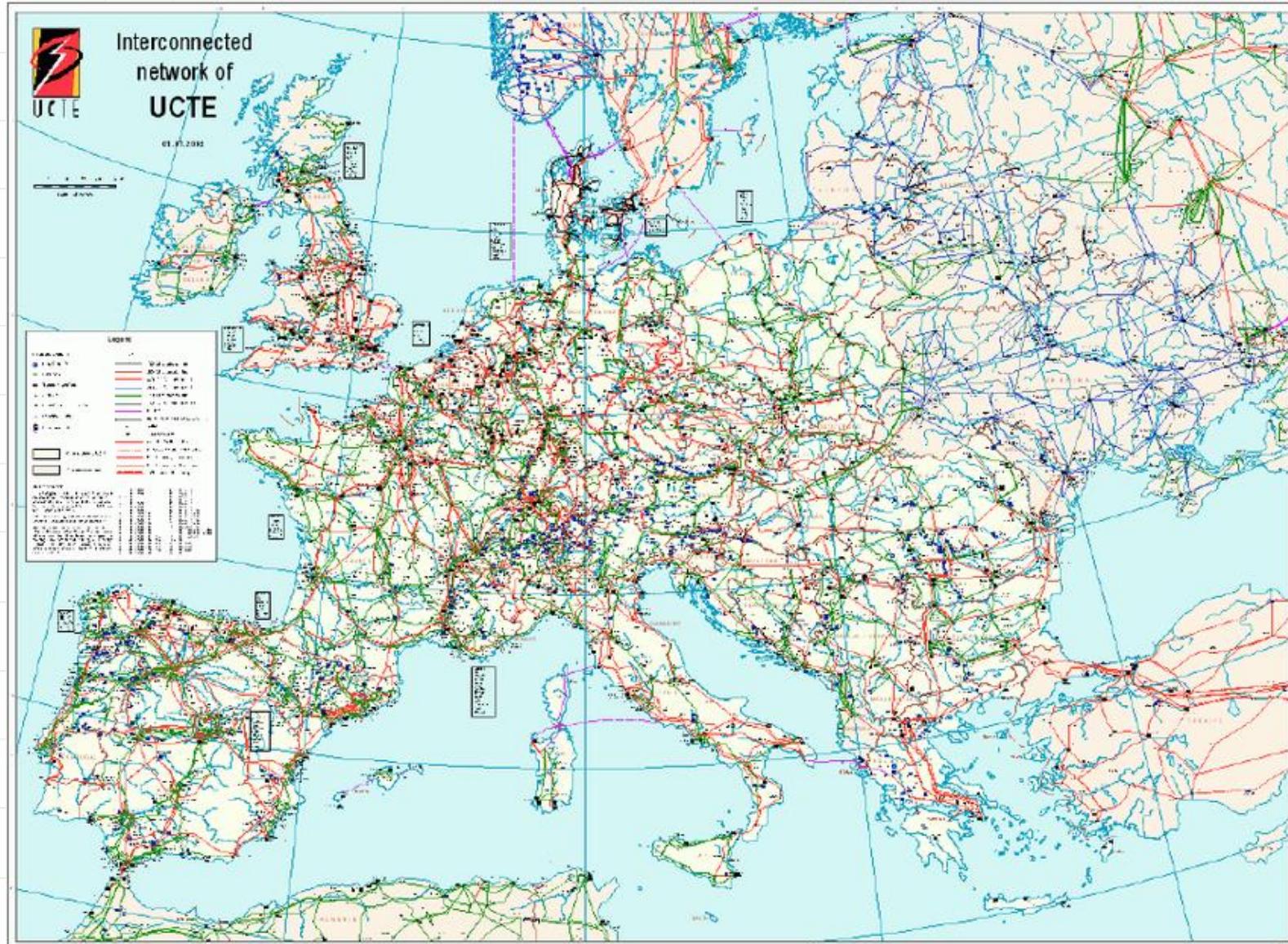
# Sieci infrastrukturalne – sieć ciepłownicza



# Sieci infrastrukturalne – komunikacja miejska



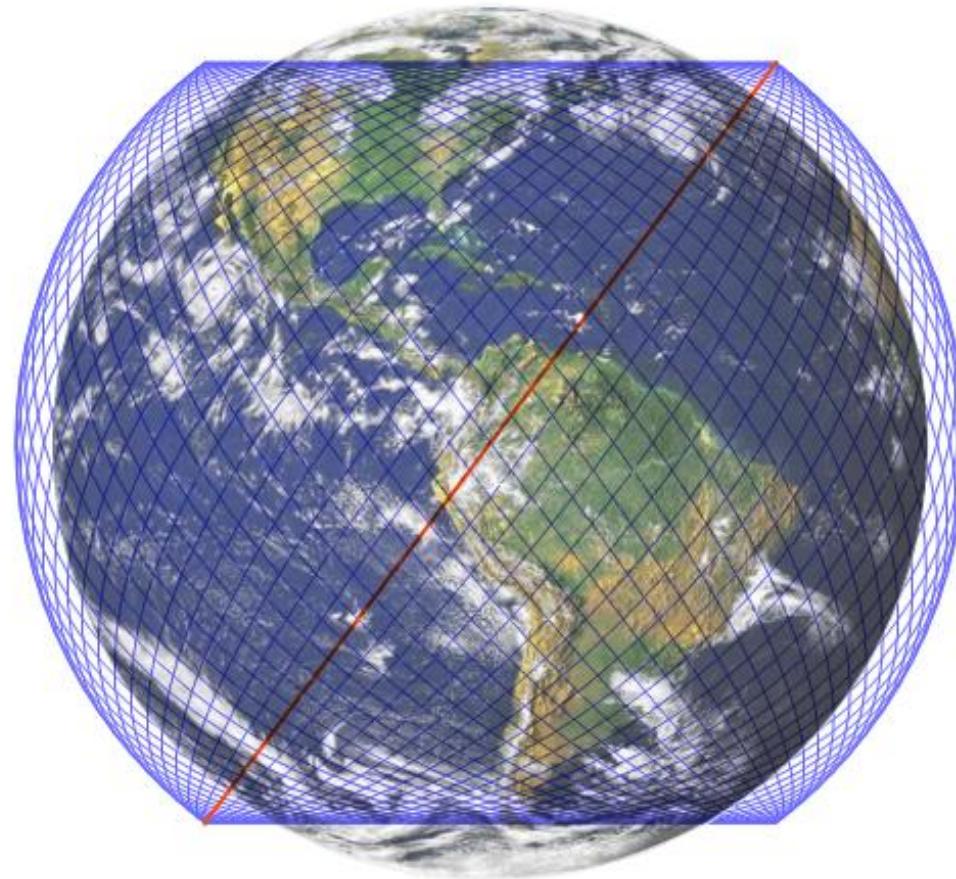
# Sieci infrastrukturalne – sieć energetyczna



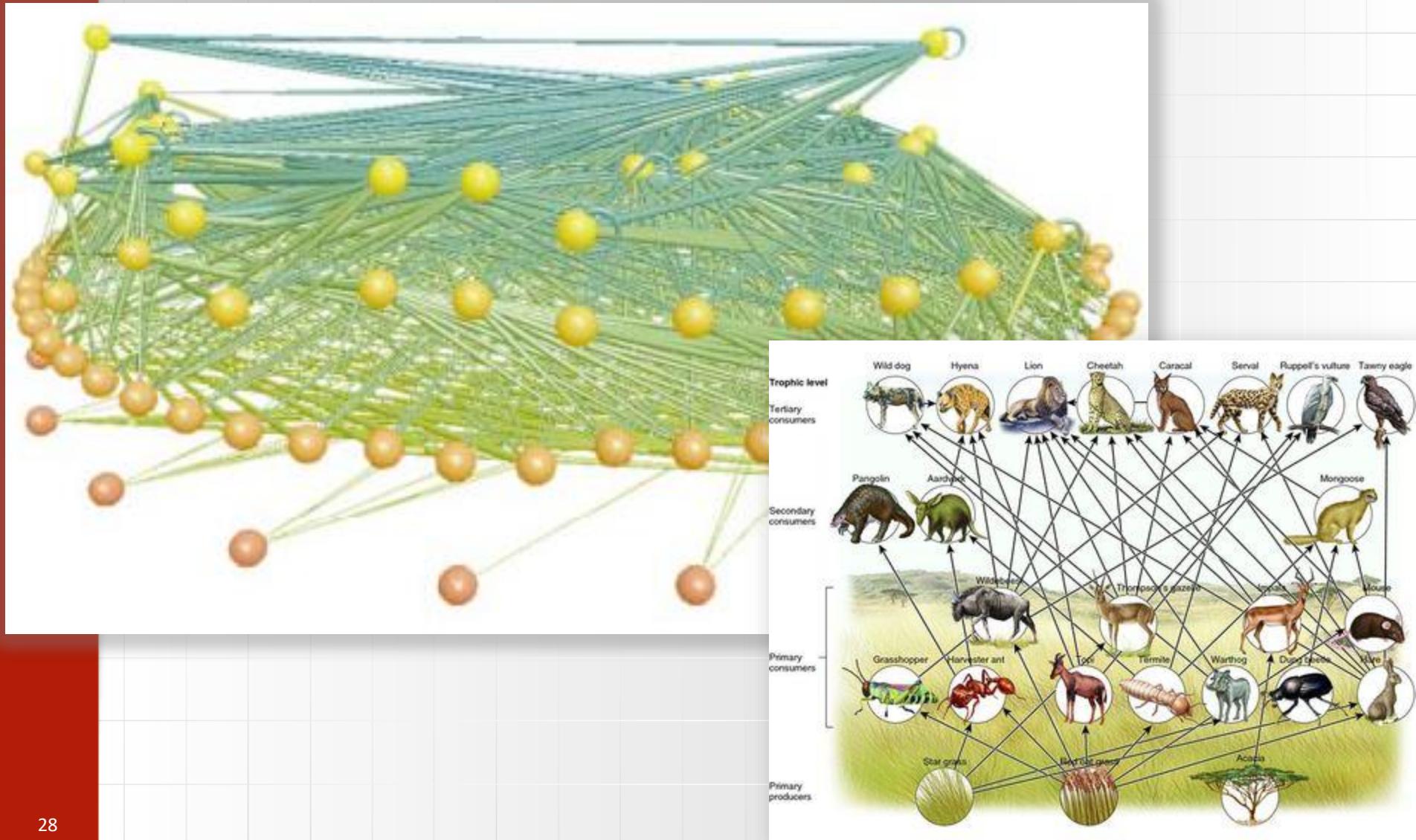
# Sieci infrastrukturalne – Stalink

Starlink Initial Phase

1,584 satellites into 72 orbital planes  
of 22 satellites each



# Biological networks/Food chains





# Uniwersalność sieci

Architektura sieci powstających w różnych dziedzinach nauki, przyrody i technologii jest do siebie bardziej podobna niż można by się tego spodziewać.

A photograph of Stephen Hawking in a zero-gravity aircraft. He is floating in the air, wearing a dark blue flight suit with "zero G" and "Hawking" patches. He has a white bandage on his right wrist and is smiling. A man in a black flight suit is holding him. The interior of the aircraft is visible, with "www.goZeroG.com" and "zero G" branding on the walls.

*„I think the next century will  
be the century of complexity,“*

Stephen Hawking



# Sieci sercem złożonych systemów

Za każdym **złożonym systemem** kryje się **sieć**, która definiuje interakcje między komponentami

Nigdy nie zrozumiemy złożonego systemu, dopóki nie zmapujemy i nie zrozumiemy sieci, które za nim stoją



# Cechy nauki o sieciach

- *Interdyscyplinarna*
- *Empiryczna, oparta na danych*
- *Matematyczna, ilościowa*
- *Obliczeniowa*



# Cechy nauki o sieciach

- *Interdyscyplinarna*
- ***Empiryczna, oparta na danych***
- *Matematyczna, ilościowa*
- *Obliczeniowa*



# Cechy nauki o sieciach

- *Interdyscyplinarna*
- *Empiryczna, oparta na danych*
- ***Matematyczna, ilościowa***
- *Obliczeniowa*



# Cechy nauki o sieciach

- *Interdyscyplinarna*
- *Empiryczna, oparta na danych*
- *Matematyczna, ilościowa*
- ***Obliczeniowa***



Politechnika  
Wrocławska

# Wpływ nauki o sieciach na dzisiejszy świat



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

# Wpływ ekonomiczny:

## Od wyszukiwarki do mediów społecznościowych



### Google (Alphabet)

2020.01.16: 1 bilion \$

2023.03.01: 1,154 biliona \$

### Cisco Systems

2020.03.03: 170 miliardów \$

2023.03.01: 198 miliardów \$

### Meta (Facebook)

2020.03.03: 530 miliardów \$

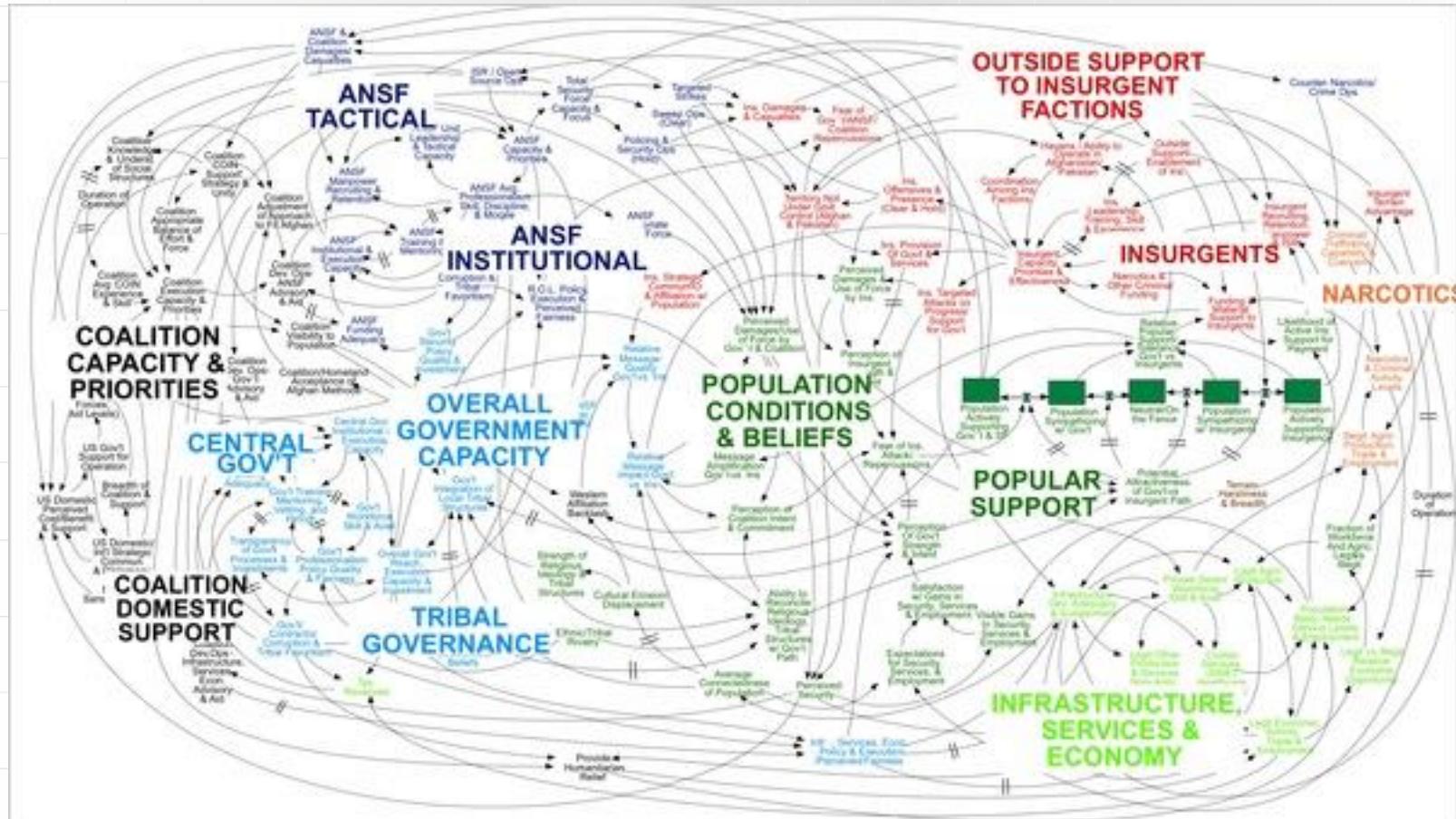
2023.03.01: 562 miliardów \$

### Amazon

2020.03.03: 0,950 biliona \$

2023.03.01: 0,965 biliona \$

# Bezpieczeństwo: Wojsko, policja i inne służby



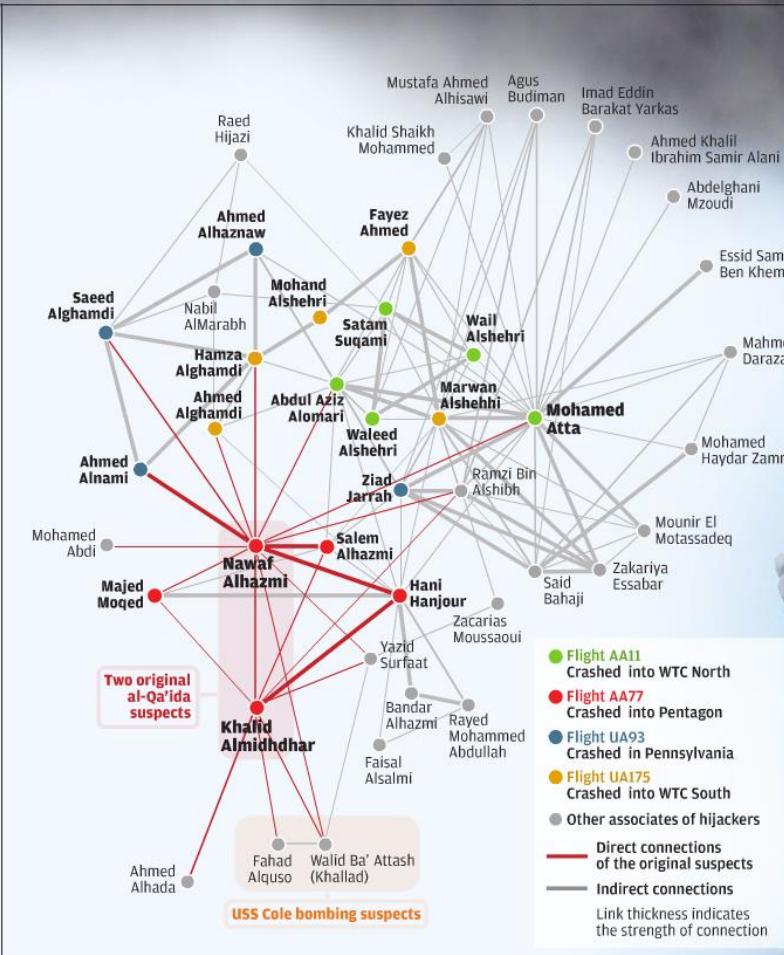
# Bezpieczeństwo: Wojsko, policja i inne służby

## How two names and a sheaf of newspaper cuttings revealed the 9/11 team

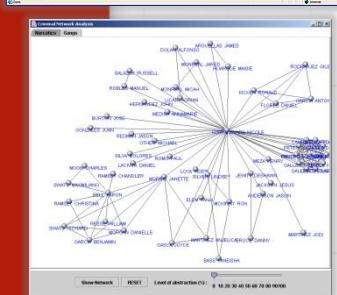
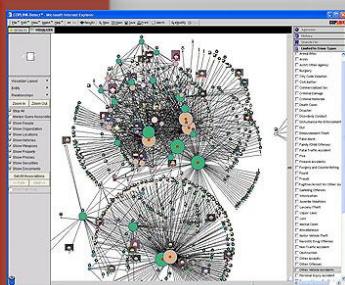
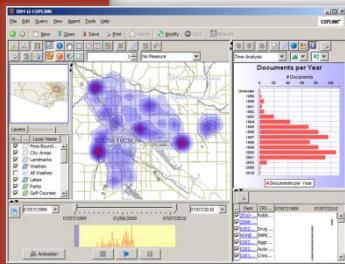
This social network of the 19 hijackers behind the 9/11 attacks in the United States, and their associates, was drawn up at the end of 2001. Valdis Krebs, a commercial consultant in network analysis, started with newspaper reports of the two original terrorist suspects, Nawaf Alhazmi and Khalid Almihdhar. He then plotted the position of the other hijackers and associates. His analysis highlighted the central role played by Mohamed Atta. It also shows the close associations between the "Hamburg cell" that Atta set up, as well as the close links with the two original suspects – critical information that may have helped to avert an attack had it been known.



Emergency services attend the scene after Flight AA77 crashes into the Pentagon

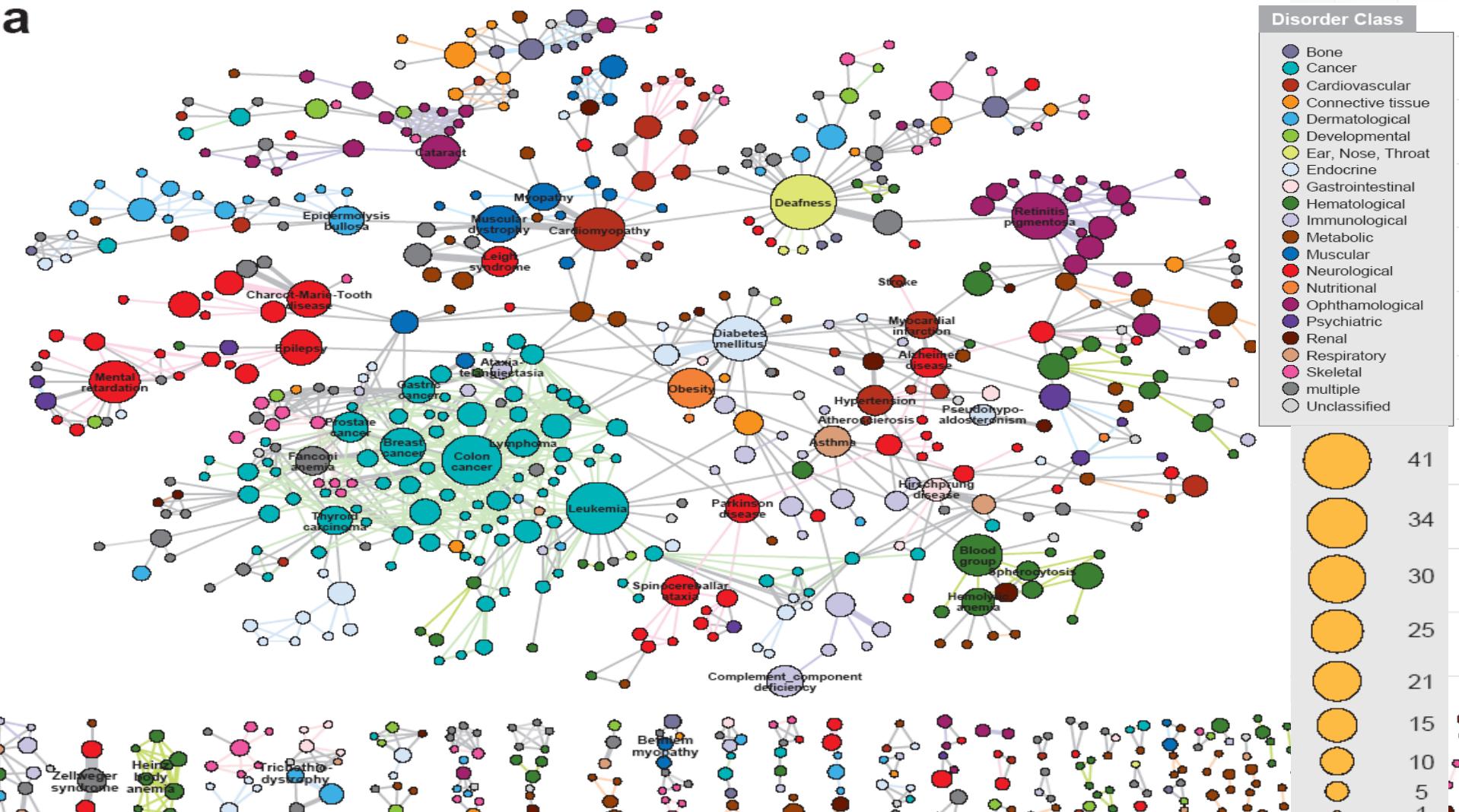


# Bezpieczeństwo: Wojsko, policja i inne służby



- Prof. Hsinchun Chen  
The Univ. of Arizona, AI Lab
  - **COPLINK®**: narzędzie do analizy danych w szczególności wykrywania połączeń pomiędzy podejrzanymi
  - 1998: Knowledge Computing Corp. (KCC)
  - 2009: połączenie z i2 Holding Ltd. (UK)
  - **2011**: sprzedany IBM za **500 million USD!!!**

# Zdrowie: Leki, choroby, białka

**a**



# Epidemie:

## Przewidywanie rozprzestrzeniania i spowalnianie epidemii

Feb 18 2009



Chicago  
New York  
Los Angeles  
Houston  
Toronto  
Vancouver  
Calgary  
Indianapolis

**La Gloria**  
Sao Paulo  
Mexico City  
Rio De Janeiro  
San Juan  
Bogota

Johannesburg  
Cairo  
Cape Town  
Nairobi

Paris  
Frankfurt  
Amsterdam  
Rome  
Milan  
Moscow  
Dublin

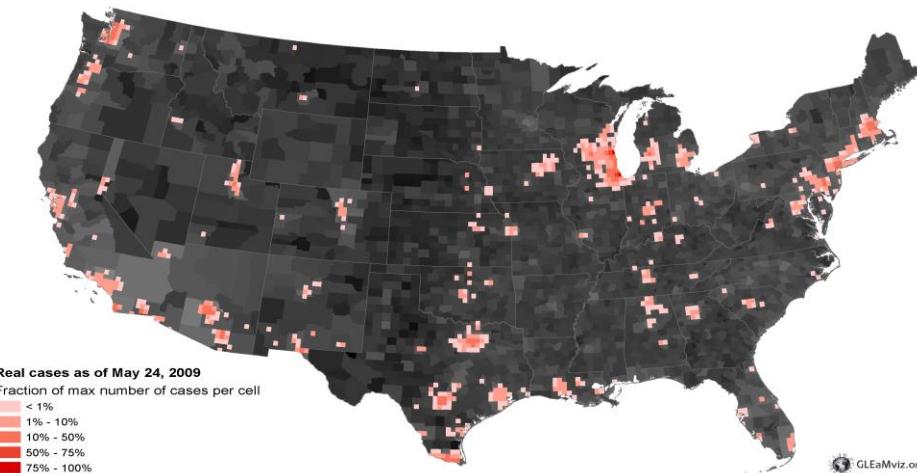
Hong Kong  
Tokyo Narita  
Bangkok  
Singapore  
Beijing  
Manila

Sydney  
Brisbane  
Auckland  
Perth

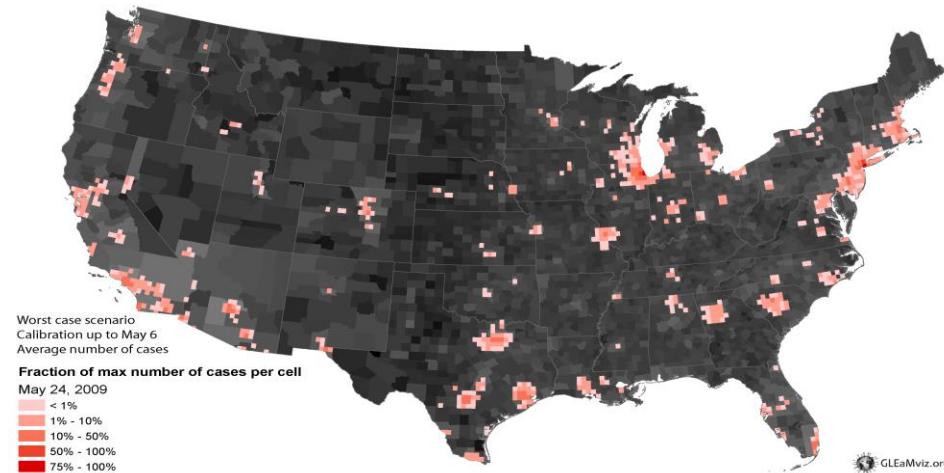
# Epidemie:

Przewidywanie rozprzestrzeniania i spowalnianie epidemii

Real



Projected



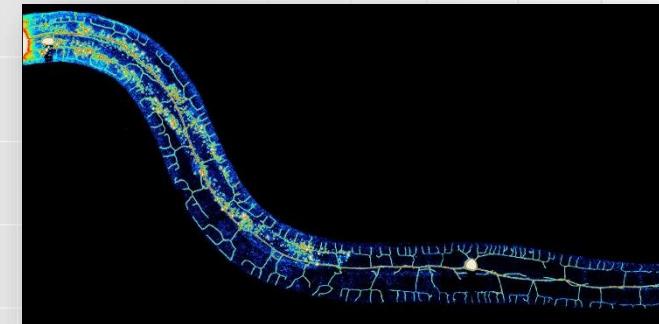
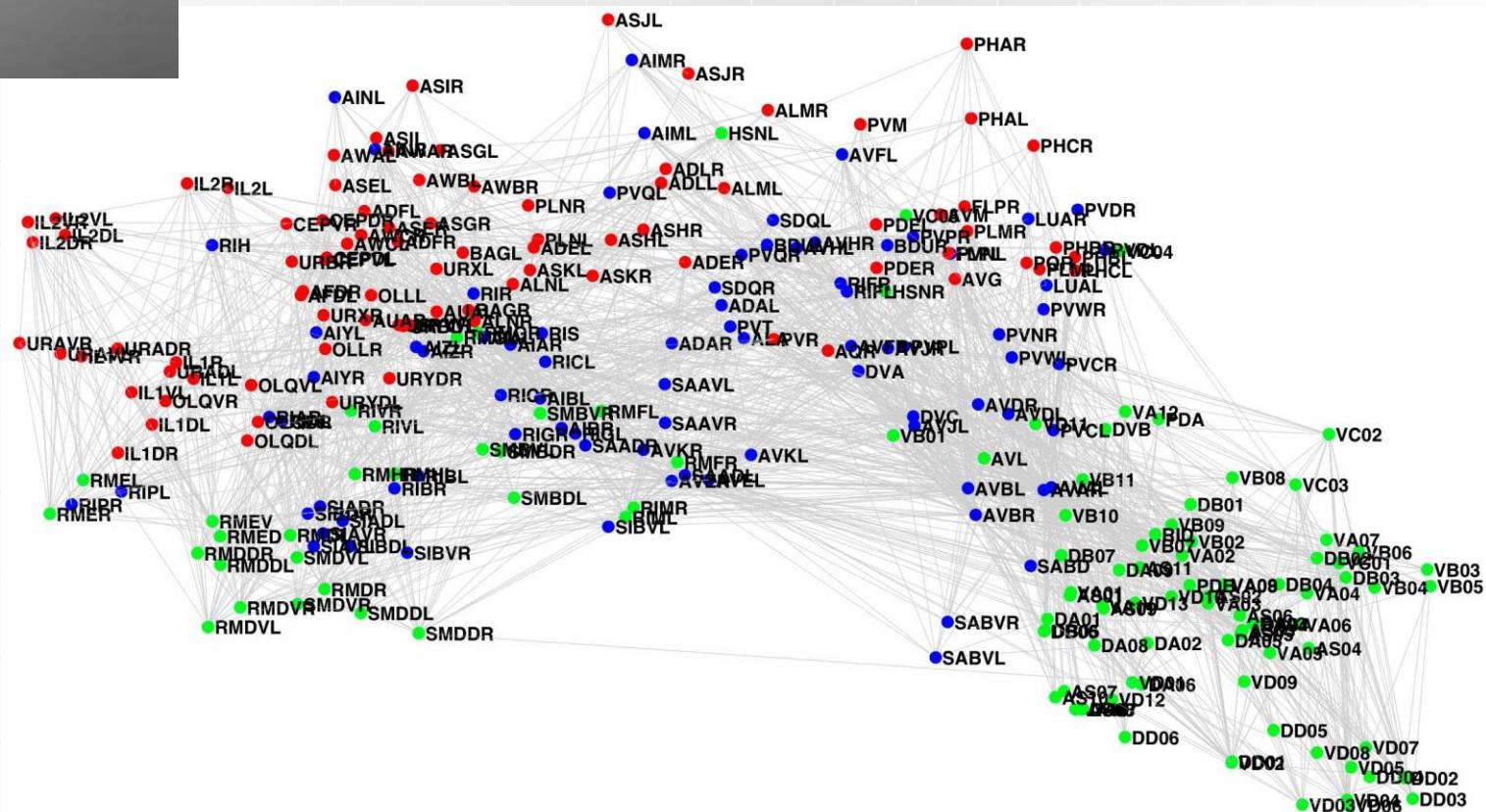


# Neuronauka:

## Mapowanie mózgu

- **The Human Connectome Project (HCP)**
  - USA, National Institutes of Health
  - 40+ milionów dolarów
  - 2010+
  - [Wikipedia projektu](#)
  - [Opis projektu](#)
- **Human Brain Project (HBP)**
  - EU, KE
  - 1+ miliard euro
  - 2013+
  - [Strona projektu](#)

# Neuronauka: Mapowanie mózgu

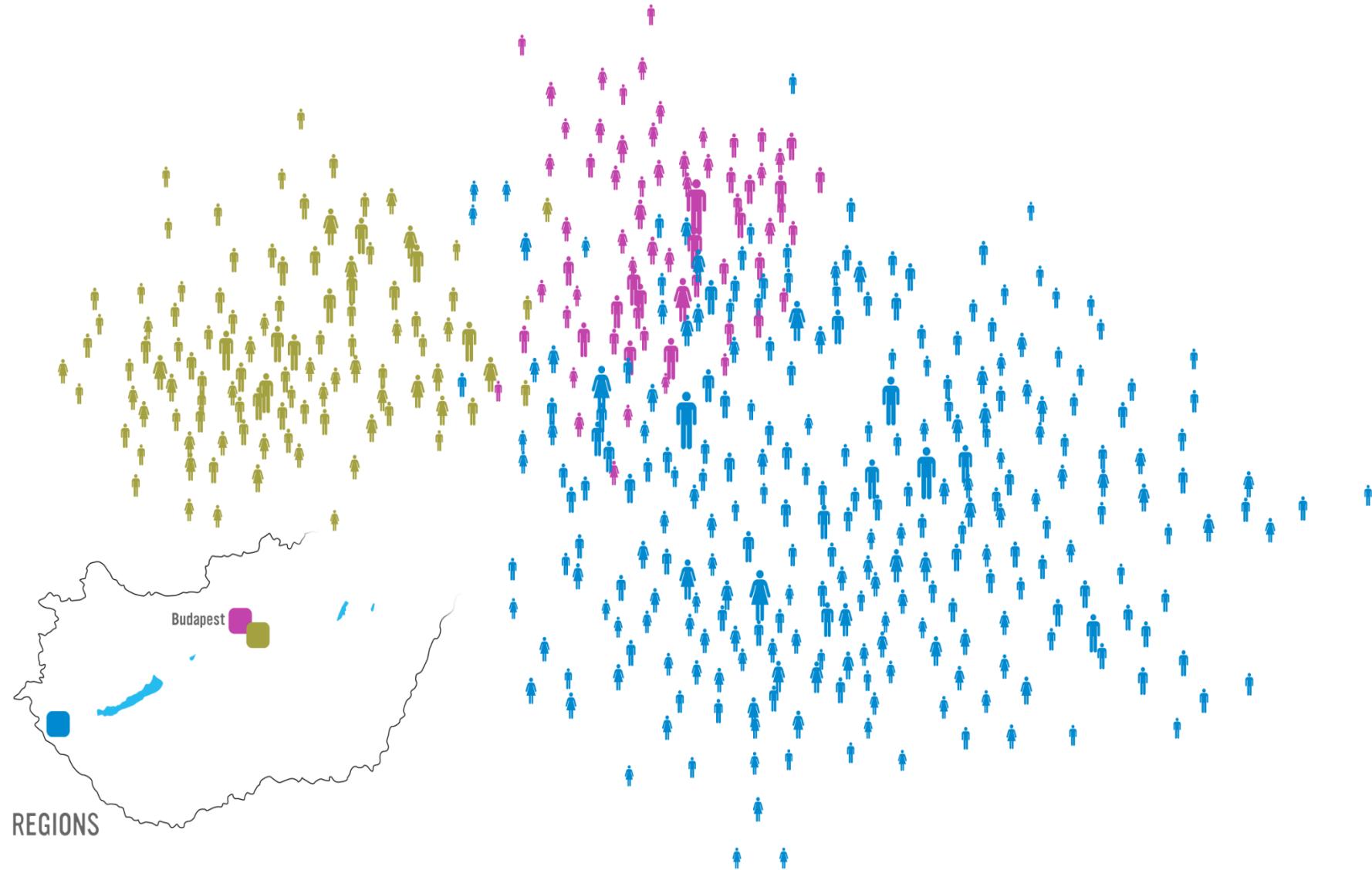




Politechnika  
Wrocławska

# Zarządzanie:

## Odkrywanie wewnętrznej struktury organizacji

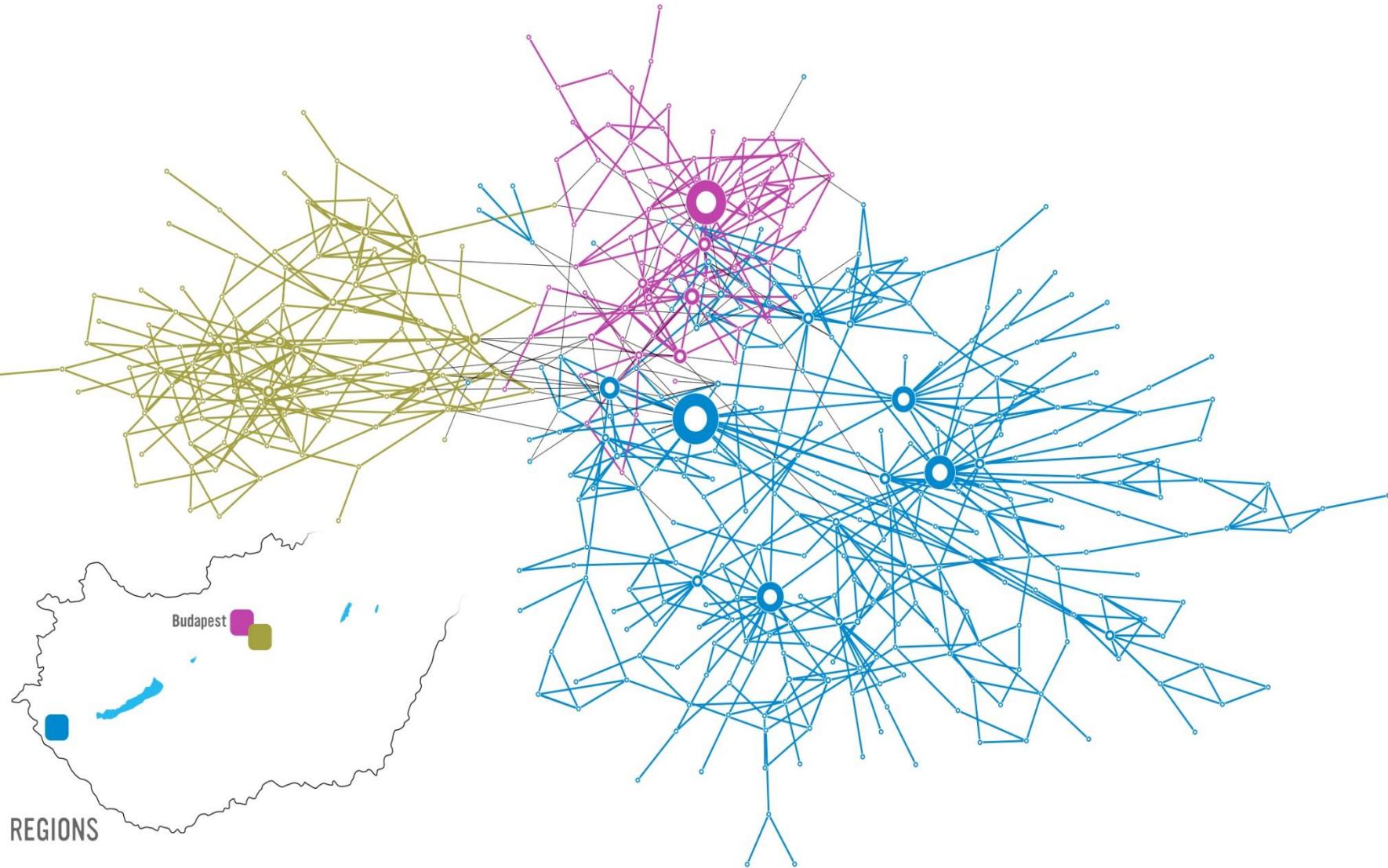




Politechnika  
Wrocławskiego

# Zarządzanie:

## Odkrywanie wewnętrznej struktury organizacji

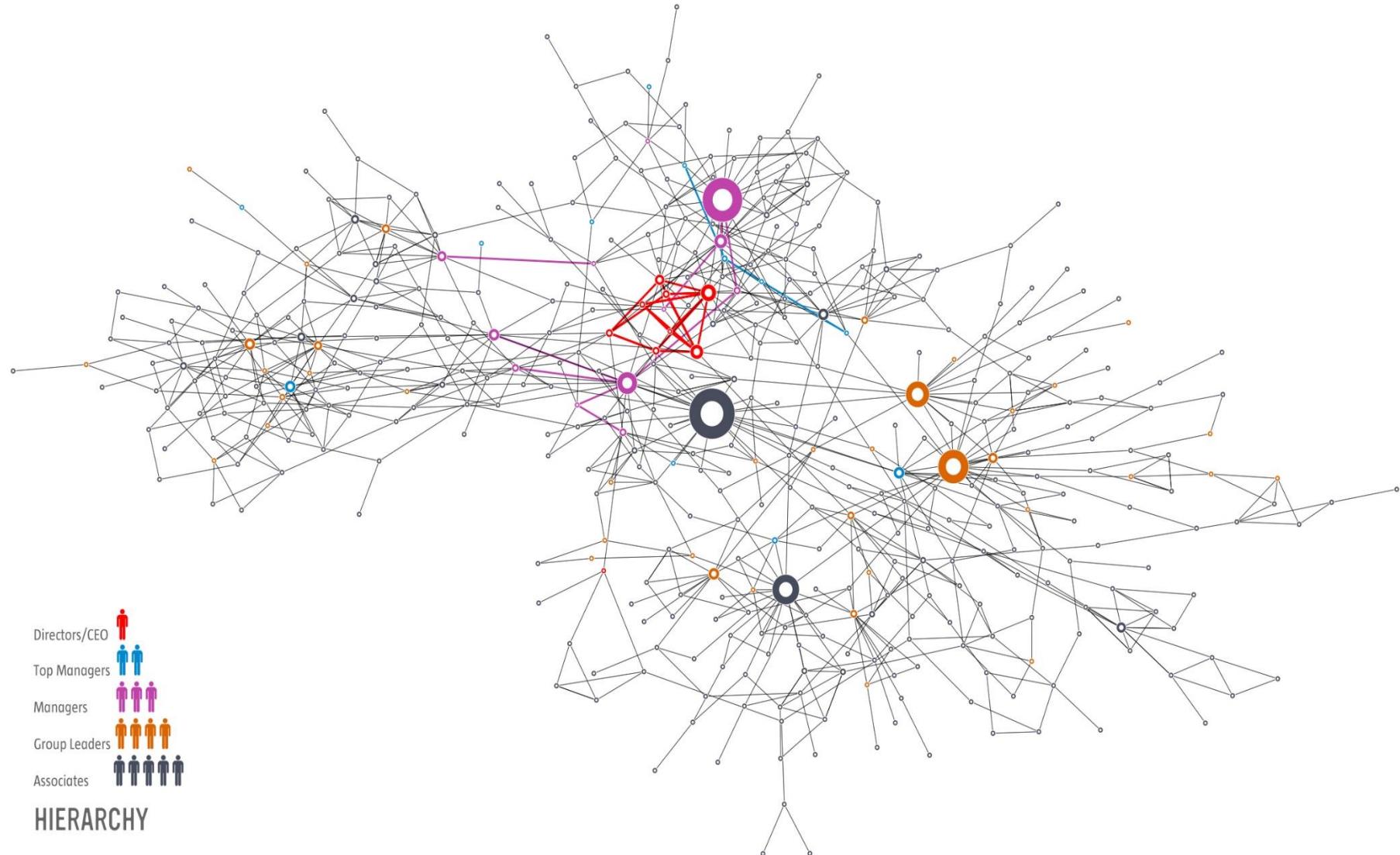




Politechnika  
Wrocławska

# Zarządzanie:

## Odkrywanie wewnętrznej struktury organizacji

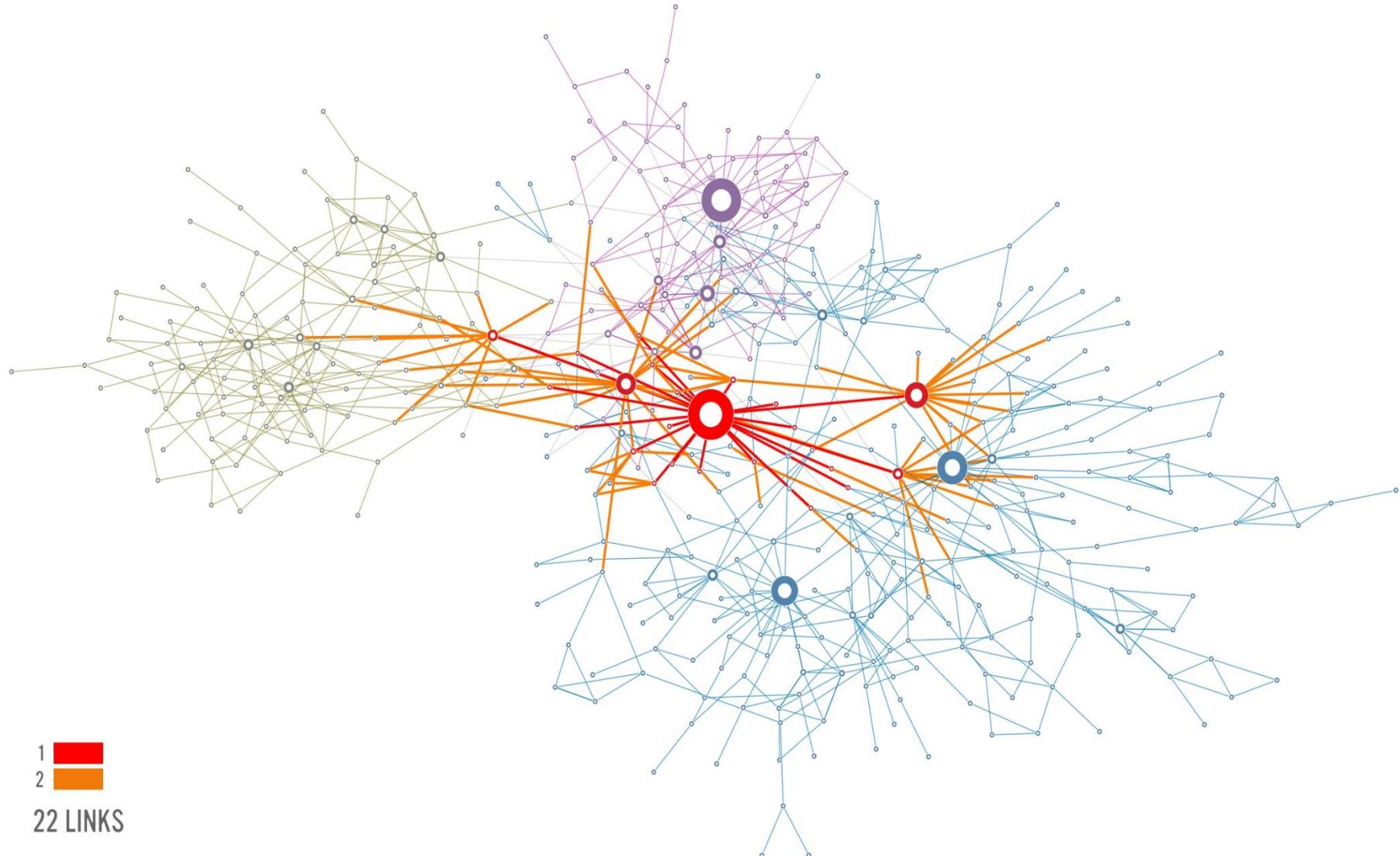




Politechnika  
Wrocławskiego

# Zarządzanie:

## Odkrywanie wewnętrznej struktury organizacji



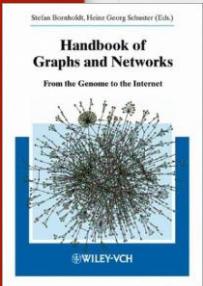


# Wpływ na naukę

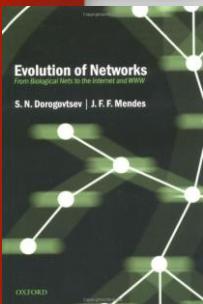
- 1998: Watts-Strogatz paper in the most cited **Nature** publication from 1998; highlighted by ISI as one of the ten most cited papers in physics in the decade after its publication.
- 1999: Barabasi and Albert paper is the most cited **Science** paper in 1999; highlighted by ISI as one of the ten most cited papers in physics in the decade after its publication.
- 2001: Pastor -Satorras and Vespignani is one of the two most cited papers among the papers published in 2001 by **Physical Review Letters**.
- 2002: Girvan-Newman is the most cited paper in 2002 **Proceedings of the National Academy of Sciences**.



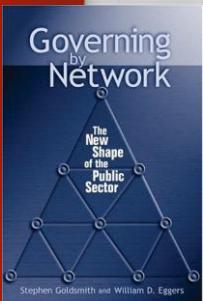
# Wpływ na naukę



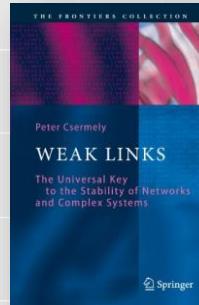
Handbook of Graphs and Networks: From the Genome to the Internet (Wiley-VCH, 2003).



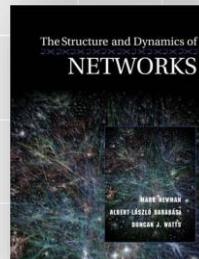
S. N. Dorogovtsev and J. F. F. Mendes,  
Evolution of Networks: From Biological Nets  
to the Internet and WWW (Oxford University  
Press, 2003).



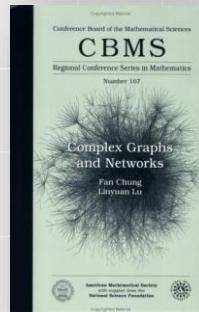
S. Goldsmith, W. D. Eggers, Governing by  
Network: The New Shape of the Public Sector  
(Brookings Institution Press, 2004).



P. Csermely, Weak Links: The Universal Key to the  
Stability of Networks and Complex Systems (The  
Frontiers Collection) (Springer, 2006), 1st edn.

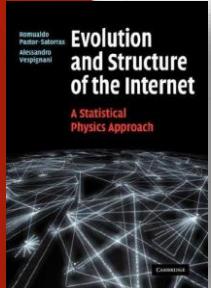


M. Newman, A.-L. Barabasi, D. J. Watts, The  
Structure and Dynamics of Networks: (Princeton  
Studies in Complexity) (Princeton  
University Press, 2006), 1st edn.

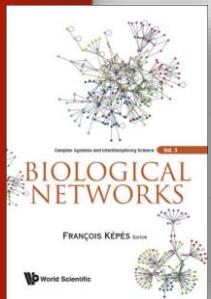


L. L. F. Chung, Complex Graphs and Networks  
(CBMS Regional Conference Series in  
Mathematics) (American Mathematical Society,  
2006).

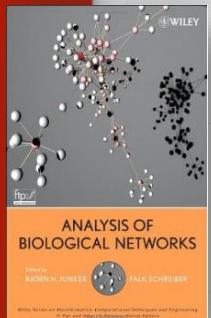
# Wpływ na naukę



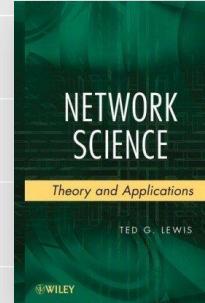
R. Pastor-Satorras, A. Vespignani, Evolution and Structure of the Internet: A Statistical Physics Approach (Cambridge University Press, 2007), rst edn.



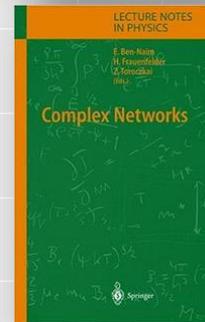
F. Kóplos, Biological Networks (Complex Systems and Interdisciplinary Science) (World Scientific Publishing Company, 2007), rst edn.



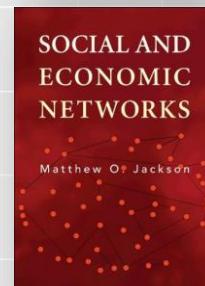
B. H. Junker, F. Schreiber, Analysis of Biological Networks (Wiley Series in Bioinformatics) (Wiley-Interscience, 2008).



T. G. Lewis, Network Science: Theory and Applications (Wiley, 2009).



E. Ben Naim, H. Frauenfelder, Z. Toroczkai, Complex Networks (Lecture Notes in Physics) (Springer, 2010), rst edn.



M. O. Jackson, Social and Economic Networks (Princeton University Press, 2010).



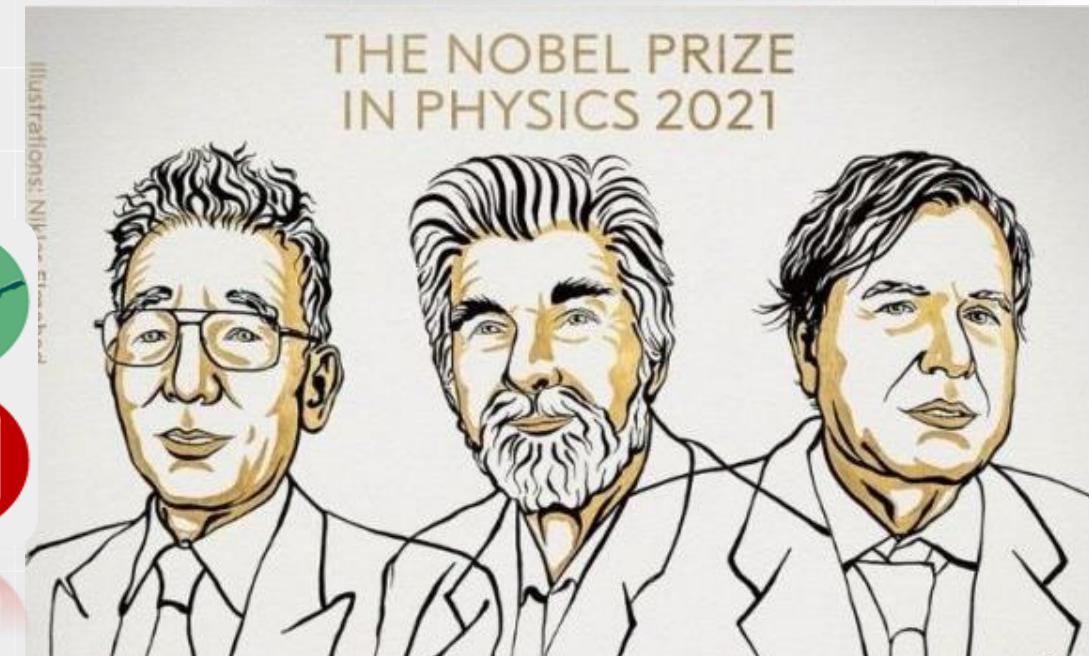
Politechnika  
Wrocławska



NARODOWE CENTRUM NAUKI

# Wpływ na naukę

Network Science Center  
West Point 



Syukuro  
Manabe

Klaus  
Hasselmann

Giorgio  
Parisi

"for the physical modelling  
of Earth's climate, quantifying  
variability and reliably  
predicting global warming"

"for the discovery of the  
interplay of disorder and  
fluctuations in physical  
systems from atomic  
to planetary scales"

THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES



Human Brain Project



# Wpływ na naukę

- Duże uniwersytety mają wydziały, instytuty zajmujące się nauką o sieciach i kształceniem w tym obszarze



Northeastern University  
*Network Science Institute*



SCNARC  
SOCIAL COGNITIVE NETWORKS  
ACADEMIC RESEARCH CENTER



CENTER FOR  
NETWORK SCIENCE

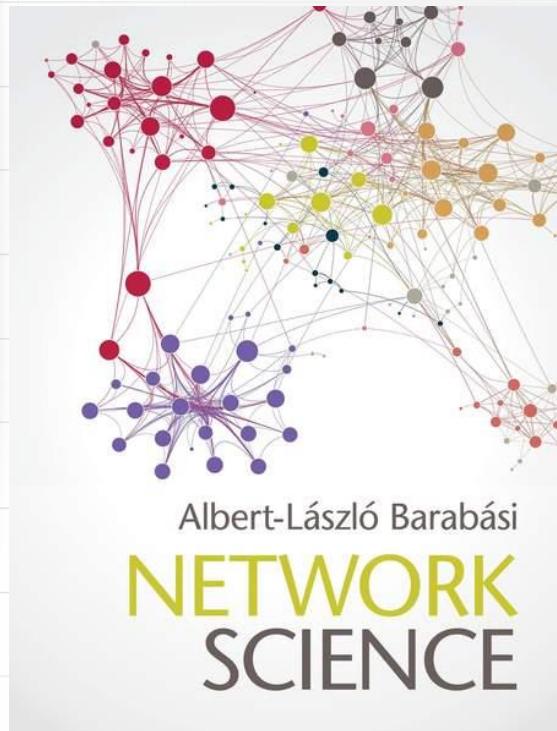
- 2014 Northeastern University i Central European University uruchomili program doktoratów z nauk o sieciach

NETWORK SCIENCE  
PHD PROGRAM @ NORTHEASTERN

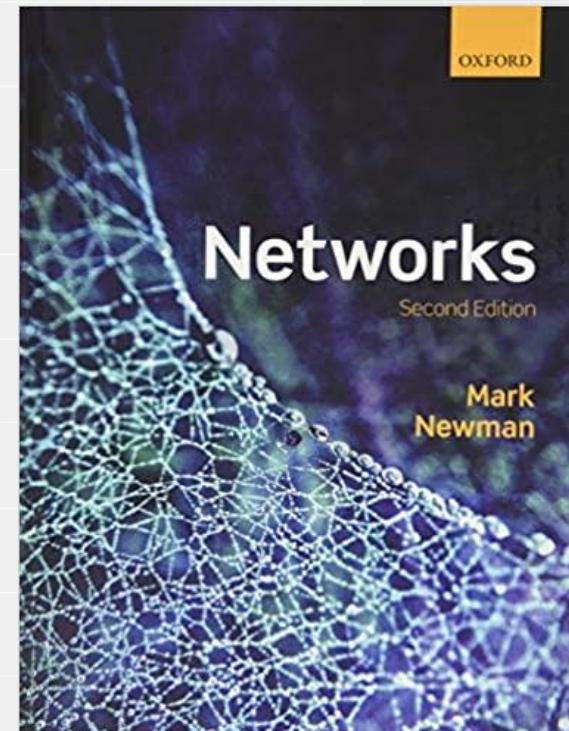


# Wpływ na naukę

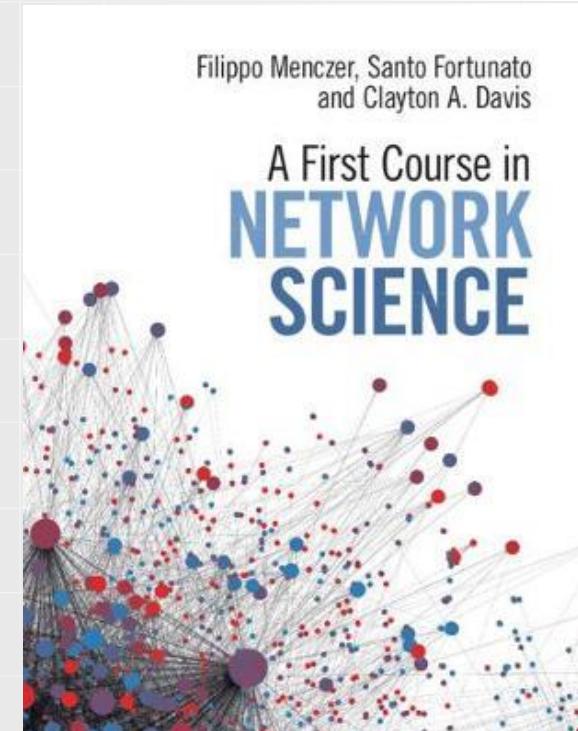
2016



2018

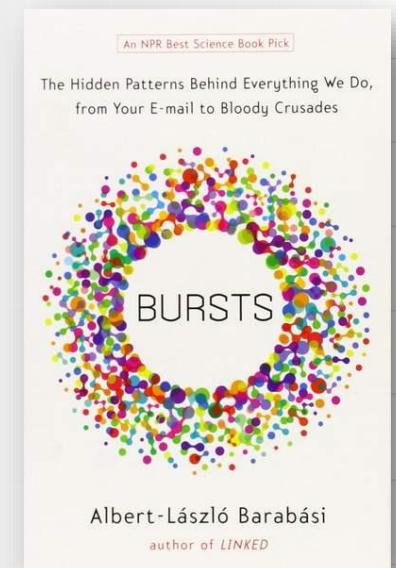
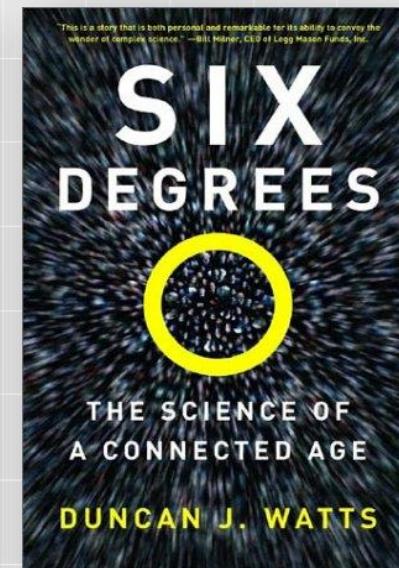
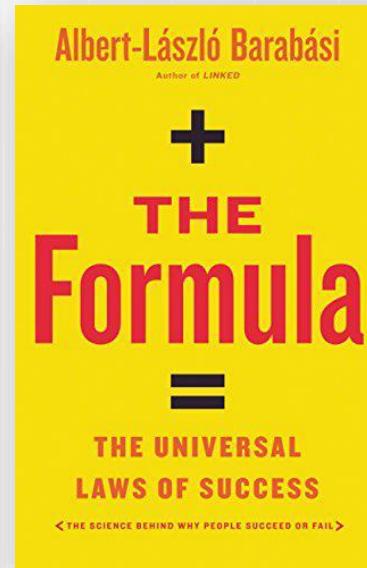
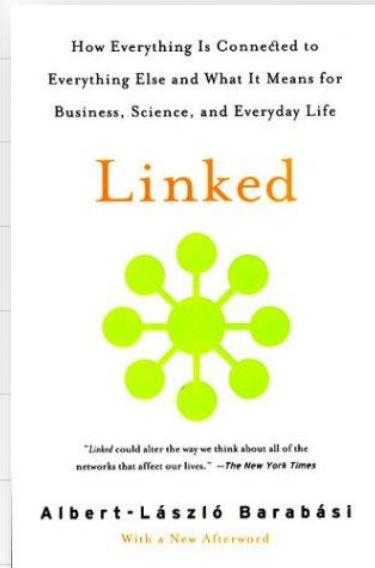


2020





# Literatura popularno-naukowa





# Dyskusja

- Czy jest potrzeba dalszego zajmowania się nauką o sieciach?
- Czy jest do czegoś potrzebne?
  - Jeżeli nie to dlaczego?
  - Jeżeli tak do dlaczego?



# Pytania

?