

# IV124 Komplexní sítě

Eva Výtvarová, Jan Fousek, Eva Hladká

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita

23. února 2017

# Organizace předmětu

---

## Přednášky formou 1/1

- hodina výklad
- hodina praktické demonstrace a cvičení

## Hodnocení

- 20 % průběžné drobné úlohy
- 40 % projekt
- 40 % závěrečná zkouška

# Organizace předmětu – projekt

---

## Zadání

- analýza reálné sítě
- možno využít volně dostupné datové sady
- možno vytvořit vlastní
- spolupráce více studentů možná
- podléhá schválení

## Forma odevzdání

- technická zpráva

# Organizace předmětu

---

## Diskuzní fórum

- možnost diskuze, sdílení doplňkové četby
- vzájemná výpomoc s praktickými problémy
- budeme číst a reagovat
- doporučeno nastavení notifikace e-mailem

## Konzultace

- po předchozí domluvě, nebo v druhé části přednášky

# Komplexita, komplexní systém

---

## Komplexní systém

- množství vzájemně interagujících částí
- netriviální struktura interakcí

## Mnohé vlastnosti sdílené

- diskrétní entity propojené binárními vazbami
- emergentní jevy: vlastnosti, které nejsou pouhým součtem dílčích složek
- důležité vlastnosti na více škálách (multiscale systémy)

# Příklady komplexních systémů

---

## Přírodní systémy

- biologické sítě: genová exprese, metabolické sítě, ...
- mezidruhová interakce: potravní síť

## Sociální systémy

- sociální sítě: přátelství, komunikace, ...
- věda: citační síť
- ekonomické sítě: světový obchod

## Technologické systémy

- internet, rozvodná elektrická síť, transportní síť

# Síťový přístup

---

## Základní charakteristika

- interdisciplinarita
- empirický a kvantitativní přístup (data-driven)
- výpočetní metoda – strojové zpracování velkého množství dat

## Proč nyní

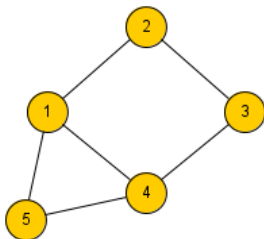
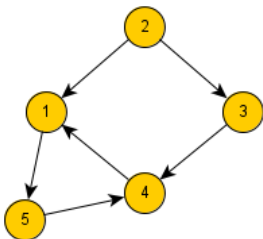
- velké množství snadno dostupných dat („Big Data“)

# Grafy a sítě

---

Graf  $G = (V, E)$ :

- $V$  množina vrcholů
- $E \subseteq V \times V$  množina orientovaných hran
- nebo  $E \subseteq \{\{a, b\}; a, b \in V\}$  neorientované hrany





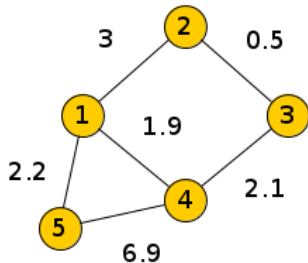
# Grafy a sítě

Vážený graf

$$G = (V, E, w)$$

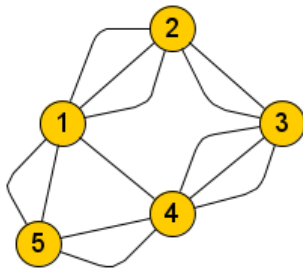
- váhová funkce

$$w : E \rightarrow \mathbb{R}$$



Multigraf  $G = (V, E)$

- $E$  je multimnožina



# Grafy a sítě – příklady

---

## Světový obchod

- orientovaný, váhovaný (objem transakcí)

## Sociální sítě – přátelství

- neorientovaný, neváhovaný

## Interakce proteinů

- neorientovaný, neváhovaný, smyčky

## Podniková sociální síť

- neorientovaný, váhovaný multigraf (vícevrstvá síť)

# Krátce k terminologii

---

## Graf vs. síť

- hrana vs. spoj
- vrchol vs. uzel

Pojem grafu se zpravidla používá v souvislosti s obecnějším matematickým aparátem, u modelů konkrétních systémů mluvíme spíše o síti.

# Charakterizace reálné sítě

---

Co jsou uzly, co hrany?

- více možností abstrakce nad stejnými daty
- závisí na konkrétním systému, dostupných datech a výzkumných otázkách

Pro stejnou množinu uzlů různé sítě

- frekvence emailové komunikace: síť spolupráce
- síť přátelství
- frekvence osobních setkání: epidemiologická síť

# Příklady sítí

---

síť	uzly	spojení	$ V $	$ E $
Pokec	profily	přátelství	1.6 M	30.6 M
Enron email	adresy	komunikace	36.7 K	183.4 K
US patenty	patenty	citace	3.8 M	16.5 M
Amazon	produkty	koupeno zároveň	400.7 K	3.2 M
C. elegans	neuron	synapse	279	2990
kvasinky	protein	interakce	2.4 K	7.2 K

# Analýza sítí – relevantní otázky

---

## Porozumění struktuře sítě

- které uzly jsou v síti významné?
- shlukují se uzly do skupin (komunit)?
- je ve struktuře spojů nějaká pravidelnost?

## Studium vývoje sítě

- jakým způsobem síť vznikla (roste)?
- existuje odpovídající model náhodné sítě?

# Analýza sítí – relevantní otázky

---

Dynamické procesy na sítích

- jakým způsobem probíhá difuze informací, či epidemie?
- jaký je temporální profil komunikace mezi uzly?

Jednotlivým tématům se budeme věnovat v následujících přednáškách

# Datové struktury

---

Seznam sousedů:

- pro každý uzel uložíme seznam jeho sousedů

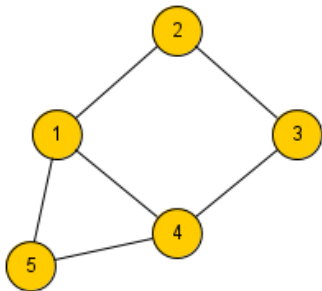
Matice sousednosti

- řádky – uzly „od“, sloupce – uzly „do“
- 1 značí přítomnost hrany, jinak 0
- váhované grafy: váha hrany místo 1
- diagonála: smyčky



# Matice sousednosti – příklady

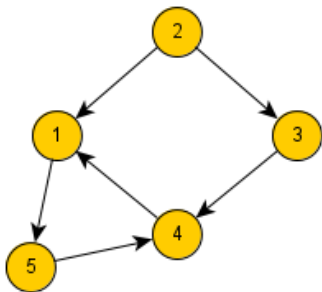
---



$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Matice sousednosti – příklady

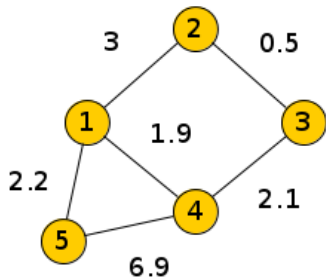
---



$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Matrice sousednosti – příklady

---



$$\begin{pmatrix} 0 & 3 & 0 & 1.9 & 2.2 \\ 3 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 2.1 & 0 \\ 1.9 & 0 & 2.1 & 0 & 6.9 \\ 2.2 & 0 & 0 & 6.9 & 0 \end{pmatrix}$$