

IV124 Komplexní sítě

Eva Výtvarová, Jan Fousek, Eva Hladká

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita

20. února 2019

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

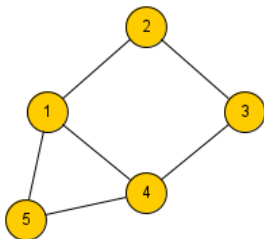
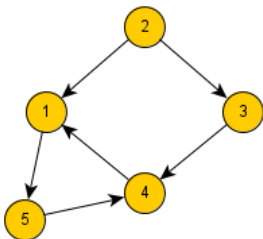
Proč nyní

- 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



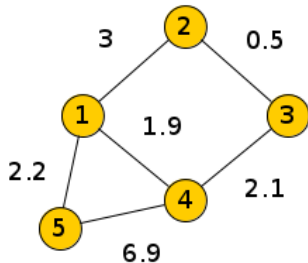
Grafy a sítě

Vážený graf

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

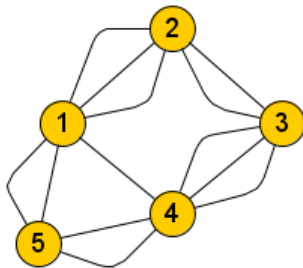
- váhová funkce

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



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
kvaskinky	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

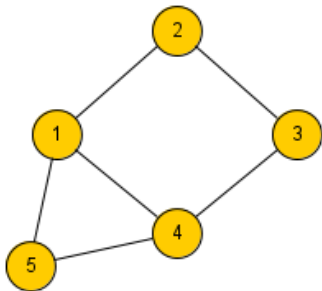
Seznam sousedů:

- pro každý uzel uložíme seznam jeho sousedů

Matice sousednosti

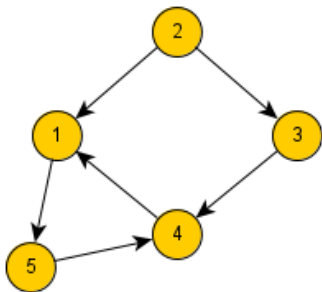
- řádky – uzly „od“, sloupce – uzly „do“
- 1 značí přítomnost hrany, jinak 0
- váhované grafy: váha hrany místo 1
- diagonála: smyčky

Matice sousednosti – příklady



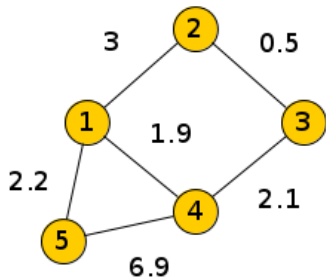
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

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



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