

# IV124 Komplexní sítě

Eva Výtvarová, Jan Fousek, Eva Hladká

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita

9. května 2017

# Sociální sítě

---

## Početné varianty

- granularita uzlů: jedinci, skupiny
- sémantika vazeb: přátelství, příbuznost, formální, politické, sexuální, ...
  
- bohatá historie (již od 30. let): sociogram
- metodologickým zdrojem pro aplikaci v ostatních disciplínách

# Sociální sítě: struktura

---

## Dostupná data

- před nástupem ICT: dotazníky, deklarované skupiny
  - síť filmových herců, sportovní týmy, rodokmeny
- dnes: záznamy elektronické komunikace
  - telefonní a emailová komunikace, sociální sítě (FB) a další

## Potenciál pro přímé aplikace

- např. h-index pro hodnocení vědy

# Metriky I.

---

aktéři (actors) – vazby (ties), UCINET

- **homofilie (asortativita):** vazby s aktéry s podobnými vs. odlišnými atributy
- **multiplexita:** různé typy vazeb
- **reciprocita**
- **uzavření cyklu (network closure):** úplnost sousedských trojic, lokálně tranzitivita
- **podobnost (propinquity):** tendence aktérů formovat víc vazeb s geograficky bližšími aktéry

# Metriky II.

---

- **most, centralita, hustota, vzdálenost, síla vazby, shlukovací koeficient**
- **centralizace sítě:** míra, do jaké se centralita soustředí v nejcentrálnějších uzlech sítě
- **strukturální díry:** absence vazeb mezi dvěma částmi sítě, alternativní pojetí sociálního kapitálu
- **klika:** každé dva uzly v klice mají vazbu; uzavřené skupiny

# Blokové modelování

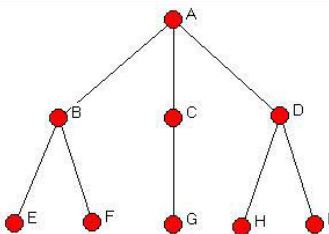
---

- odhalení **pozic** (statutů) a **rolí** (vztahy mezi aktéry) v síti
- ekvivalence v síti
- zjednodušená reprezentace sítě: redukce dat na strukturní vzorce
- **klasické** blokové modelování: explorativní účely
- **generalizované** blokové modelování: testování hypotéz o obecnější struktuře sítě

# Blokové modelování – ekvivalence

---

- **strukturní**: uzly s vazbami o stejné intenzitě a ke stejným uzlům; vzájemně zaměnitelné
- **regulární**: stejné vazby k jiným uzlům ve stejné pozici; více možností, jak uzly rozdělit do ekvivalentních tříd



# Blokové modelování – podobnost

---

perfektní ekvivalence se v praxi nevyskytuje →  
míry podobnosti

- korelace / eukleidovská vzdálenost
- sousedství v síti, geodetické vzdálenosti

multidimenzionální škálování, klastrová analýza –  
nedokáže určit role (vazby) uzlů uvnitř / napříč  
pozicemi



# Blokové modelování – postup

---

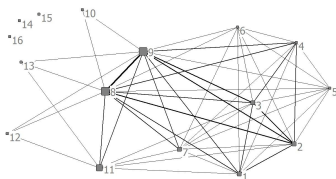
1. definice ekvivalence
2. míra ekvivalence uzlů a vazeb
3. **reprezentace ekvivalentních tříd**
4. adekvátnost reprezentace

# Blokové modelování – reprezentace ekvivalentních tříd

---

- přerovnání matice sousednosti podle příslušnosti uzlů do pozic
- **image matice** = vztahy mezi pozicemi a uvnitř nich; proces *blokové modelování*
- **image graf** = vizualizace image matice
- **blok** = dvě pozice a všechny vazby mezi jejich aktéry
- **1-bloky**: existující vazby
- **0-bloky**: žádné vazby

# Blokové modelování – příklad

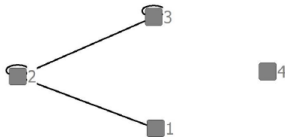


Blokmodel procedury CONCOR se čtyřmi pozicemi																
	12	13	9	11	8	7	10	4	5	2	1	3	6	14	15	16
12			1	1	2											
13			1	1	1											
9	1	1		3	10	3	1	3	1	5	3	5	2			
11	1	1		3		3	1			1	1	1				
8	2	1		10	3		3	1	3	2	5	3	4	2		
7				3	1	3			1	1	2	1	2	2		
10				1		1										
4				3	3	1		1	3	2	3	1				
5				1	2	1		1	1	1	1	1				
2				5	1	5	2	3	1	4	6	1				
1				3	1	3	1	2	1	4	4	1				
3				5	1	4	2	3	1	6	4	1				
6				2		2	2	1	1	1	1	1				
14																
15																
16																

Tabulka č. 2: Do bloků uspořádaná matice s vyznačenými pozicemi podle CONCOR

Image matice podle CONCOR				
	1	2	3	4
1	0	1	0	0
2	1	1	1	0
3	0	1	1	0
4	0	0	0	0

Tabulka č. 5: Image matice podle CONCOR s kritériem maximální hodnoty (= 1)



Graf č. 3: Image graf čtyř pozic podle CONCOR

# Blokové modelování – příklady

Bearman, P. S., K. D. Everett. 1993. *The Structure of Social Protest, 1961-1983*.

Padgett, J. F., C. Ansell. 1993. *Robust Action and the Rise of the Medici, 1400-1434*.

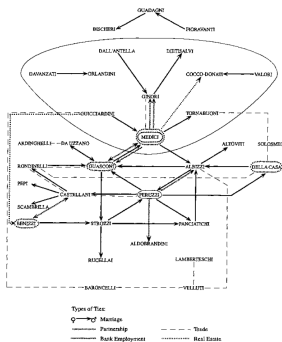


FIG. 2a.—Marriage and economic blockmodel structure (92 elite families)

# Podniková organizační struktura

---

## Firma/organizace jako sociální síť<sup>1</sup>

- posun od hierarchických modelů k realistickému popisu
- opřeno o reálná data (např. záznamy komunikace)
- otázky vlivu aktérů, robustnosti sítě, ...
- efektivita sítě (např. pro šíření informace): přímý ekonomický dopad
- otázka sociálního kapitálu

<sup>1</sup>Dodds PS. et al. (2003). Information exchange and the robustness of organizational networks.

# Sociální skupiny: šíření chorob

---

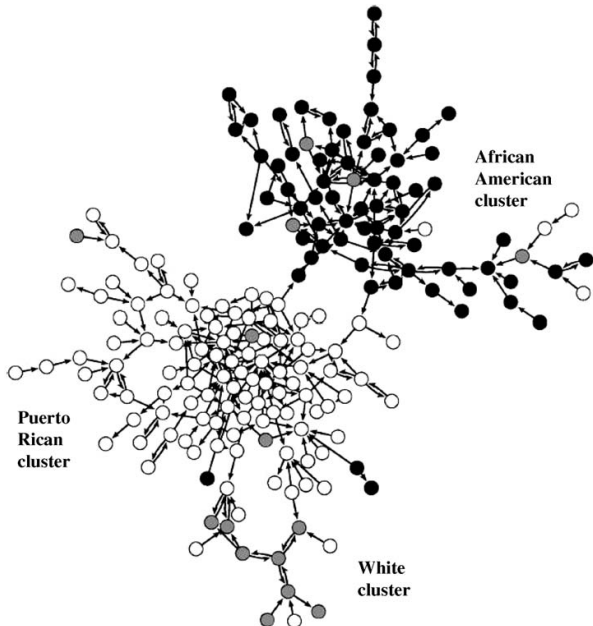
- biologický proces probíhající na společenské síti
- pohlavní choroby (sexuální partneři), sdílení jehel narkomany, ...

Cíl:

- vytvoření realistických modelů propagace nemoci v populaci
- podklady pro efektivní prevenci nebo zastavení šíření<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Weeks et al. (2002). Social Networks of Drug Users in High-Risk Sites: Finding the Connections.



# Sociální sítě: inference struktury<sup>3</sup>

---

Často pozorujeme kaskádu, samotná síť je ale neznámá

- biologické nákazy, sdílení informací, změna chování, ...

Postup

- na vstupu série kaskád
- fitujeme probabilistický orientovaný graf

---

<sup>3</sup>Gomez-Rodriguez et al. (2011). Inferring Networks of Diffusion and Influence.



# Ekonomické sítě

---

Možnosti aplikace:

- finanční systémy
- obchodní a dodavatelské sítě
- marketing – kontextová doporučení
- řízení podniku – sociální sítě
- trh práce jako sociální síť
- hry na síti

# Mezibankovní půjčky<sup>4</sup>

---

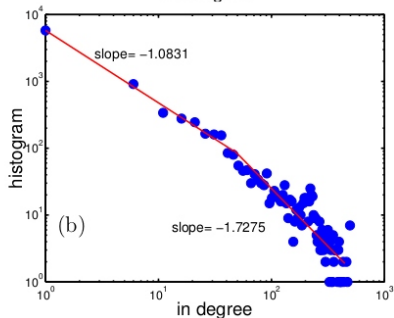
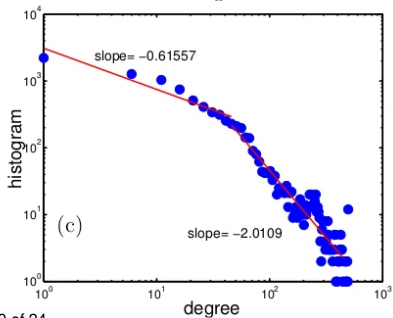
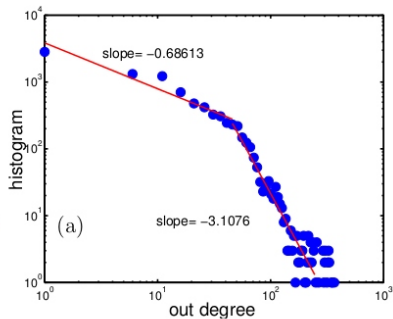
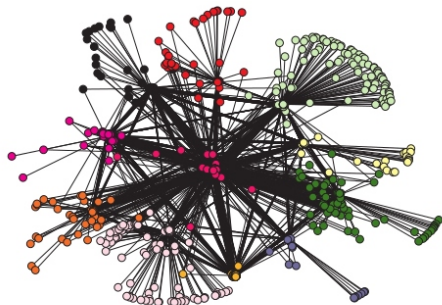
- uzly: jednotlivé banky
- hrany: přítomnost finančního závazku
- možnost orientace hran: směrem od dlužících

Příklad: rakouský bankovní sektor

- nízký klastrovací koeficient (není malý svět)
- výše závazků následuje mocninný zákon
- distribuce stupně naznačuje bezškálovou síť
- hierarchická struktura: regionální vs. celostátní

---

<sup>4</sup>Boss, M. et al. (2004). Network topology of the interbank market.



# Odolnost bankovních sítí

---

Topologie sítě:

- sdílení rizika vs. riziko kaskádového selhání

Kaskáda insolvencí

- modelováno jako SIS nákaza
- proces nákazy bere v úvahu kapitál banky
- hlavní výsledek: pro konkrétní uzly lze stanovit minimální kapitál na základě jejich polohy v topologii sítě<sup>5</sup> (nyní pouze bezkontextové riziko).

---

<sup>5</sup>Amini, H. et al. (2012) Resilience to contagion in financial networks.  
20 of 24

# Síť celosvětového obchodu

---

- uzly – státy, orientované ohodnocené hrany
- data od roku 1950, korekce na inflaci

## Zajímavé výsledky:

- s postupem globalizace se zvyšuje hustota sítě
- kontinentální regionalizace (ale mírně klesá)
- stupeň a síla uzlu dobře odráží významnost
  - log-normální distribuce
- struktura sítě následuje gravitační zákon
  - $(GDP_i \cdot GDP_j) / D_{ij}$

# Sítě doporučení

---

- uzly – obchodní artikly, hrany – spoluvýskyt
- projekce bipartitní sítě
- cíl: zpřístupnit širokou a nepřehlednou nabídku

## Vlastnosti sítě<sup>6</sup>:

- small-world – souvisí s tranzitivitou podobnosti
- scale-free – ukazuje na upřednostněného připojení
  - pokud jsou hrany konstruovány na základě deskriptorů (žánry, a pod.), je distribuce exponenciální

---

<sup>6</sup>Cano. P. et al. (2005): The Topology of Music Recommendation Networks.

# Osobní doporučení: kaskády<sup>7</sup>

---























- **uzly** – uživatelé; **hrany** – doporučení odeslaná při nákupu (sleva za referal)
- extrahovány lokální kaskády do vzdálenosti  $h$
- kaskády tříděny pomocí přibližného isomorfismu

## Výsledky

- přibližně power-law distribuce velikosti kaskády
- většina velmi krátká, jednotkové převažují

---

<sup>7</sup>Leskovec J., et al. (2006). Patterns of Influence in a Recommendation Network

Id	Graph	Nodes Edges		Book		DVD		Music		Video	
		<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>
$G_1$		2	1	1	86,430	1	36,863	1	11,518	1	1,425
$G_2$		3	2	2	10,573	4	3,238	2	492	5	33
$G_3$		3	2	3	5,089	2	5,147	3	389	3	61
$G_4$		3	2	6	1,593	5	2,419	5	115	22	4
$G_5$		3	3	4	3,115	3	4,746	4	201	2	63
$G_6$		4	3	5	2,769	15	505	6	55	20	5
$G_7$		4	3	8	726	25	416	7	30	27	4
$G_8$		4	3	10	598	7	909	8	25	0	0
$G_9$		4	3	12	398	33	312	13	12	0	0
$G_{10}$		4	3	13	362	22	424	9	18	26	4
$G_{11}$		4	3	18	156	37	276	53	4	0	0
$G_{12}$		4	3	29	82	24	418	28	8	0	0
$G_{13}$		4	3	92	21	12	549	54	4	0	0
$G_{14}$		4	4	9	625	11	552	31	7	13	8
$G_{15}$		4	4	22	112	16	495	10	15	0	0
$G_{16}$		4	4	23	111	20	435	57	3	0	0
$G_{17}$		4	4	26	85	17	485	83	2	0	0
$G_{18}$		4	4	30	79	9	706	32	7	29	3
$G_{19}$		4	4	37	64	38	273	24	9	0	0
$G_{20}$		4	4	47	51	955	28	0	0	0	0
$G_{21}$		4	4	90	21	857	31	0	0	0	0
$G_{22}$		4	4	91	21	1368	20	0	0	0	0