

IV124 Komplexní sítě

Eva Výtvarová, Jan Fousek, Eva Hladká

Fakulta informatiky, Masarykova univerzita

16. května 2017

Transportní sítě

Obecněji sítě s prostorovým rozměrem:

- na pomezí geografie
- poloha uzlu v prostoru hraje roli

Například

- dopravní infrastruktury
- oběhové soustavy (krevní řečiště, žilky listů)

Transportní sítě – vlastnosti

Poznámka:

- často planární grafy – lze vykreslit bez křížení hran
- ne vždy: např. letecká doprava

Distribuce stupně uzlu $P(k)$

- vybudování spojení spojeno s náklady \implies cutoff na distribuci uzlu $P(k)$
- pro planární sítě je $P(k)$ navíc díky prostorovým omezením velmi špičatá (nezajímavá)

Transportní sítě – vlastnosti

Klastrovací koeficient C

- blízké uzly mají vyšší pravděpodobnost spojení: vyšší klastrovací koeficient

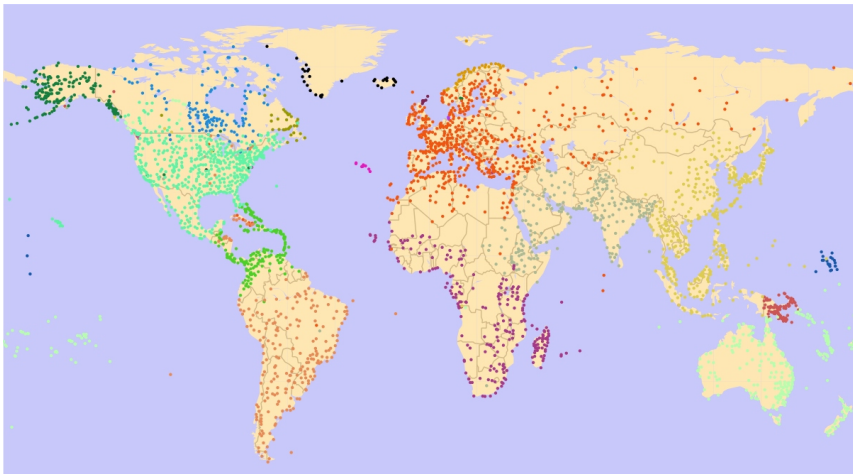
Mezilehlost

- přirozená metrika významnosti uzlu
- na mřížce homogenní: roste od periferie do středu
- zkratky způsobují výrazné nehomogenity

Letecká doprava – vlastnosti

- uzly: letiště, hrany: přímé lety
- síť je prostorová, není planární
- bezškálová i small-world
- cutoff $P(k)$ – fyzické meze kapacity letiště
- silná korelace mezi stupněm uzlu a objemem dopravy
- silná korelace mezi stupněm uzlu a dosahem dopravy
- mezilehlost a stupeň nekorelují
- komunity určené geografickými a politickými faktory

Letecká doprava



Hromadná doprava

Reálná zátěž nemusí korespondovat mezilehlosti:

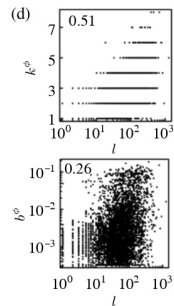
(a) Node degree k^{ϕ}



(b) Betweenness b^{ϕ}



(c) Real load l



Dojížd'ka a migrace

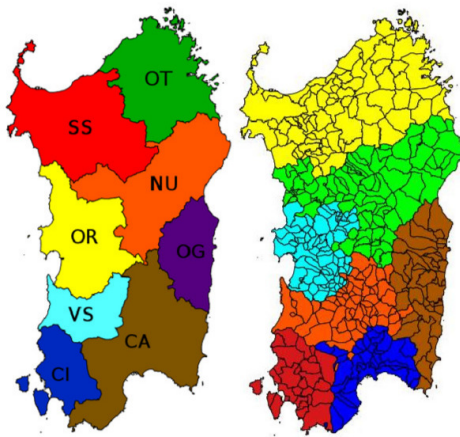
Přesuny obyvatelstva:

- uzly: destinace, ohodnocené hrany: přesun lidí
- velmi zajímavé téma s přesahem do ekonomie a sociologie

Gravitační zákon: $T_{ij} = K \frac{P_i P_j}{d_{ij}^\sigma}$

- kde d_{ij} je fyzická vzdálenost, P je populace a σ závisí na systému a T_{ij} je míra migrace
- ověřen na mnohých datasetech

Dojížd'ka a migrace – klastrování



Energetická infrastruktura

Rozvodná síť

- velmi důležitá a velmi rozsáhlá síť
- postupný rozvoj – komplexní systém
- neúplná znalost chování, možnost kaskádových selhání
- exponenciální $P(k)$, vysoké klastrování

Vodní distribuce

- řídká planární síť
- velmi špičaté $P(k)$

Internet

Celosvětová informační infrastruktura

- uzly: autonomní systémy, případně routery
- hrany: spojení na L1-L3 ISO OSI
- o úroveň výše: síť hyperlinkových odkazů

- bezškálová síť
- umístění routerů koreluje s hustotou obyvatelstva
- generativní model zahrnuje kombinaci prostorového faktoru a upřednostněného připojení

Doporučené čtení

Barthélemy, M. (2011). Spatial networks. *Physics Reports*, 499(1), 1-101.