

Kurragömma i ett socialt nätverk

Olle Abrahamsson

Doktorand i kommunikationssystem,
Linköpings universitet

Introduktion

- Många sociala grupper kan ha anledningar att gömma sig
- Illasinnade grupper: Terrorister, organiserad brottslighet



- Medborgarrättsörelser: Politiska aktivister i diktaturer, individer som vill skydda sin integritet

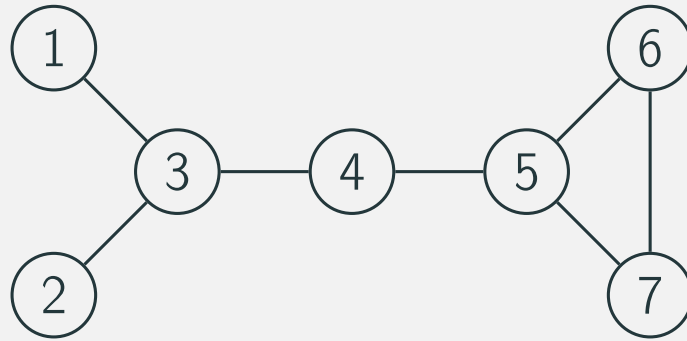


2

Många verktyg för att hitta viktiga individer i ett nätverk

- Exempel: **Grad**, **closeness**, **betweenness**, **egenvektorscentralitet**, ... Kallas för centralitetsmått
- Mäter hur *central* en individ är i ett nätverk
- Andra verktyg kan mäta socialt inflytande
- Exempel: **Linear threshold**, **independent cascade**

3



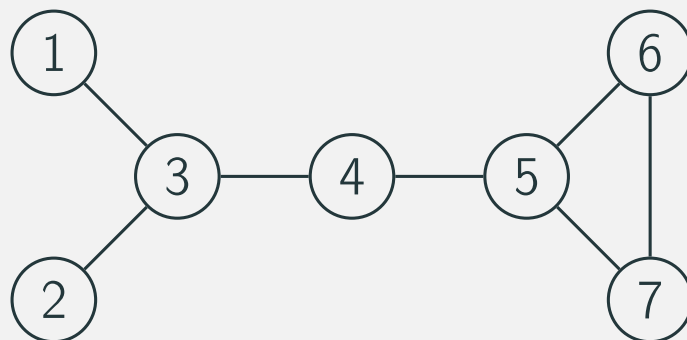
Gradcentralitet = antal grannar

$$C_D(3) = C_D(5) = 3$$

$$C_D(4) = C_D(6) = C_D(7) = 2$$

$$C_D(1) = C_D(2) = 1.$$

Det verkar rimligt att nod 3 och 5 är de mest *populära* i nätverket.



Closeness = $\frac{1}{\text{genomsnittligt kortaste avstånd till alla andra noder}}$

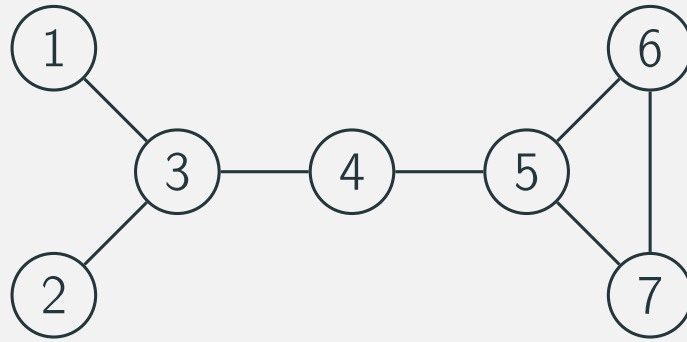
$$C_C(4) = 7/10$$

$$C_C(3) = C_C(5) = 7/11$$

$$C_C(6) = C_C(7) = 7/15$$

$$C_C(1) = C_C(2) = 7/16,$$

så nod 4 kan sägas vara den som *effektivast erhåller information* från alla andra noder.



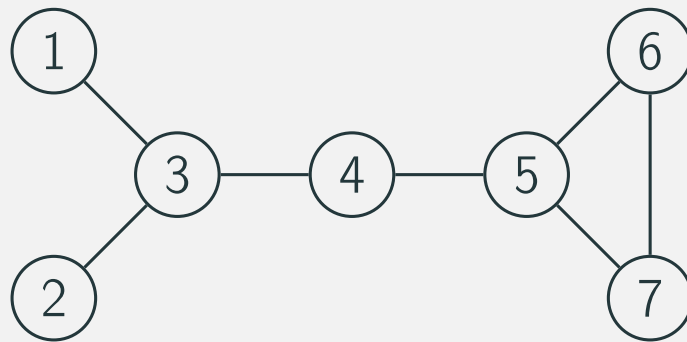
betweenness \approx genomsnittligt antal kortaste vägar som går genom den givna noden

$$C_B(3) = 16/3$$

$$C_B(4) = C_B(5) = 13/3$$

$$C_B(1) = C_B(2) = C_B(6) = C_B(7) = 0,$$

Kan tolkas som att nod 3 *oftast kontrollerar informationsflödet* i nätverket.



Egenvektorscentralitet?

$$A = \begin{cases} 1, & i \text{ granne med } j \\ 0, & \text{annars} \end{cases} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Egenvektorscentralitet? Sätt centralitet $x_i = 1$ för alla noder $i = 1, \dots, n$.
(Vårt fall: $n = 7$.) Uppdatera till en bättre gissning x'_i

$$x'_i = \sum_j A_{ij}x_j \iff \mathbf{x}' = \mathbf{A}\mathbf{x}.$$

Repetera proceduren t gånger:

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{A}^t \mathbf{x}(0). \quad (1)$$

Vi kan skriva $\mathbf{x}(0)$ som en linj.komb. av egenvektorerna till A :

$$\mathbf{x}(0) = \sum_i c_i \mathbf{v}_i, \quad (2)$$

för lämpliga konstanter c_i .

8

Egenvektorscentralitet!

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{A}^t \mathbf{x}(0). \quad (1)$$

$$\mathbf{x}(0) = \sum_i c_i \mathbf{v}_i, \quad (2)$$

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{A}^t \sum_i c_i \mathbf{v}_i = \sum_i c_i \lambda_i^t \mathbf{v}_i = \lambda_1^t \sum_i c_i \left(\frac{\lambda_i}{\lambda_1} \right)^t \mathbf{v}_i, \quad (3)$$

där λ_i är egenvärden till A , med λ_1 störst.

Det går att visa att när $t \rightarrow \infty$ så gäller:

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \lambda_1 \mathbf{x},$$

så egenvektorscentraliteten för nod i blir

$$x_i = \frac{1}{\lambda_1} \sum_j A_{ij}x_j.$$

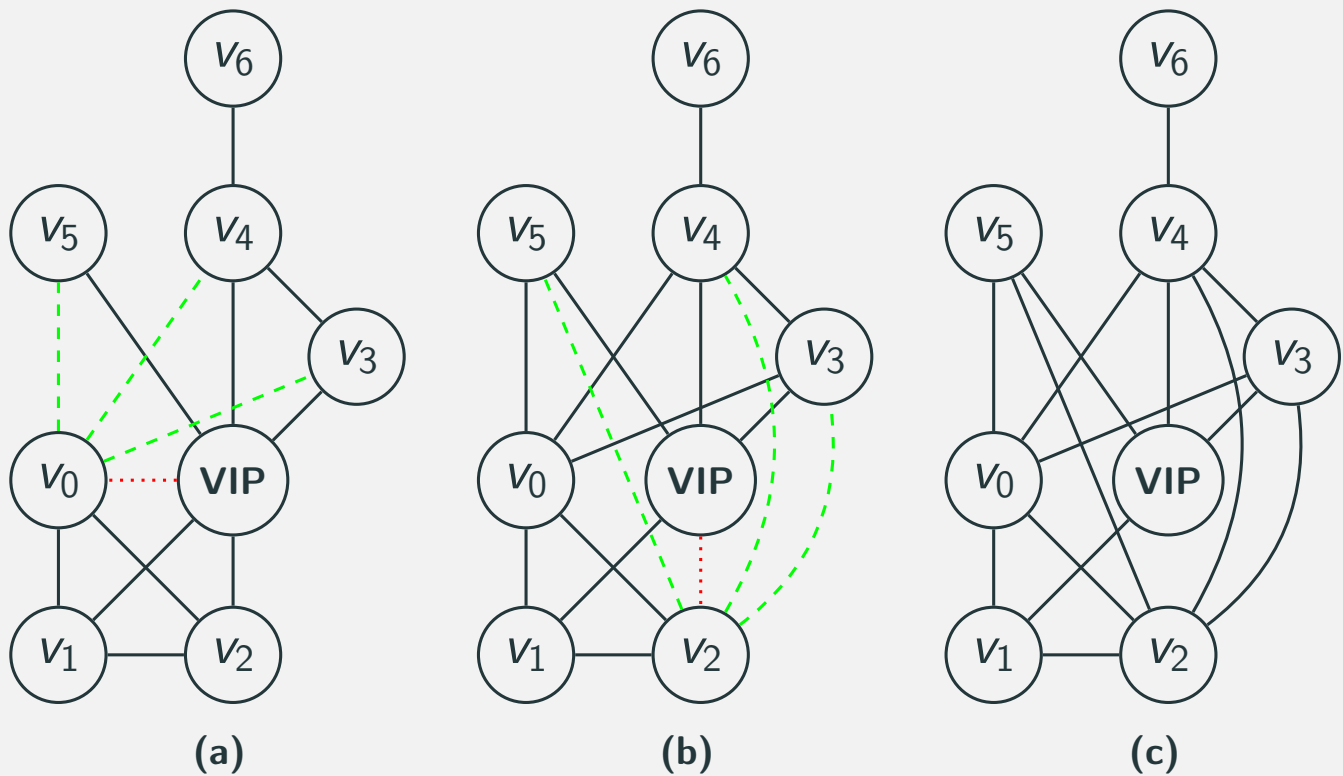
9

Hur gömmer man sig?

Kan en individ (t.ex. en ledare) undgå att bli upptäckt men ändå behålla sitt sociala inflytande över gruppen?

- Waniek¹ m.fl. (2016): Ja! Åtminstone med avseende på grad-, closeness- och betweenness-centraliteter.
- Proceduren för att gömma sig kallas ROAM (Remove One, Add Many)

¹Waniek, M., Michalak, T.P., Woolridge, M.J., Rahwan, T., *Hiding individuals and communities in a social network*, Nature Human Behaviour, **2**, 139-147 (2018)



ROAM med budget $b = 4$. Röd/prickig kant tas bort, gröna/streckade kanter läggs till.

11

- ROAM sänker grad-, closeness- och betweenness-centraliteter
- Egenvektorscentralitet är svårare att sänka
- En modifierad variant, ROAMeig², åstadkommer detta genom statistiska samband med andra centraliteter
- Så vi sänker dessa istället (enklare!)

²Abrahamsson, O., *Hide and Seek in a Social Network*, masterarbete, Linköpings universitet (2017)

12

Algoritmerna testades på olika nätverk (alla är enkla, oriktade och utan själv-loopar):

- Terroristnätverket ansvariga för attackerna på World Trade Center (WTC), 11 september, 2001.
- Ett anonymiserat fragment av Facebook, taget från SNAP – the Stanford Network Analysis Platform.

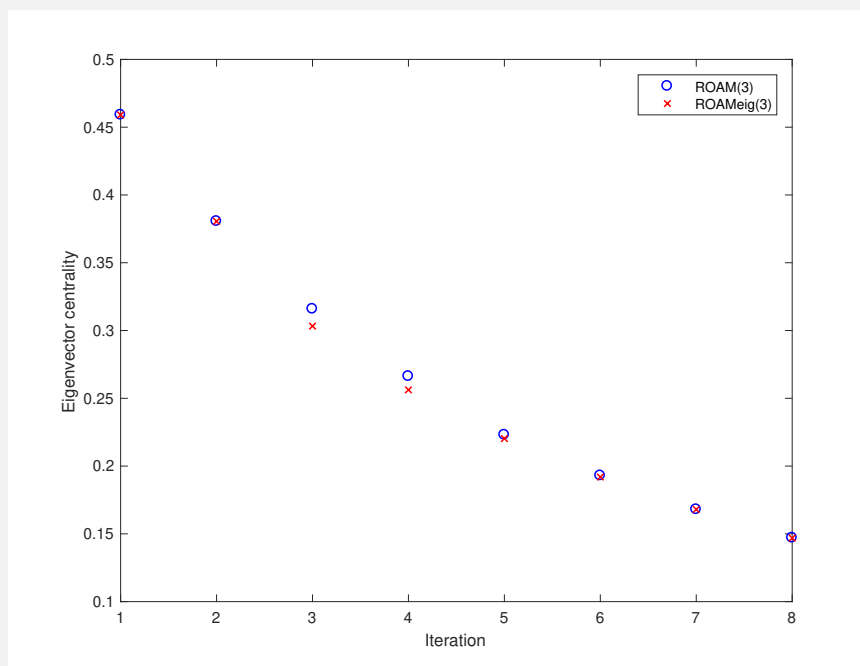
Vi studerade även slump-genererade nätverk:

- Två skal-fria nätverk baserade på Barabási-Albert-modellen.

Nätverk	Noder	Kanter
Facebook	333	2519
WTC	60	124
Litet skalfritt	200	1945
Stort skalfritt	1000	9945

13

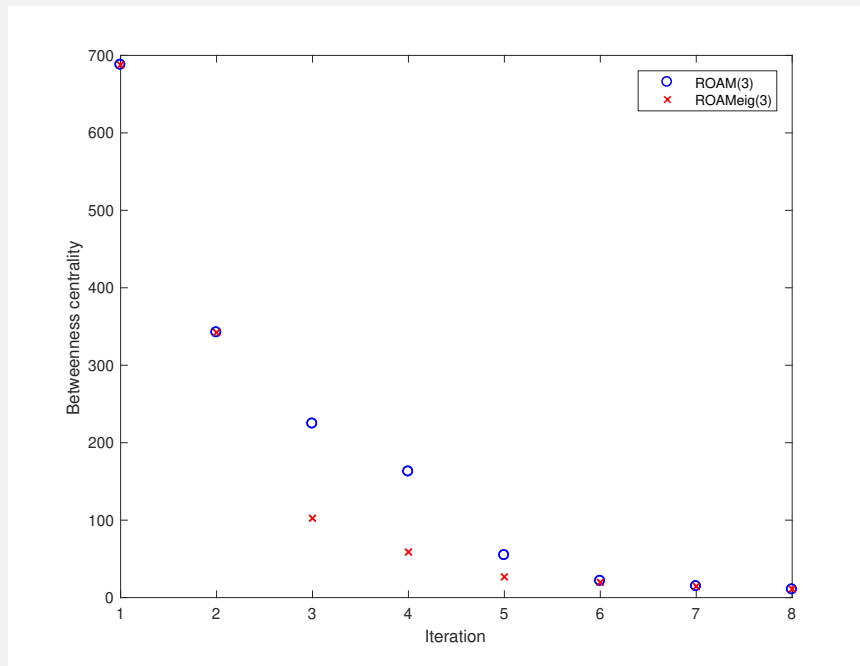
Egenvektorscentraliteten sänks



Terroristnätverket för WTC-attacken. Mohamed Atta var målnoden.

14

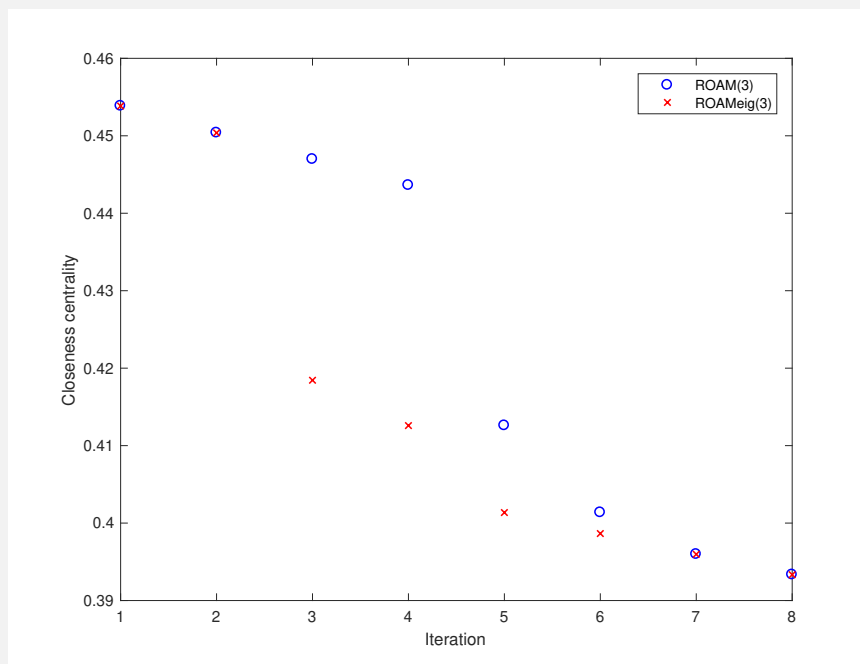
Det gör även betweenness ...



Terroristnätverket för WTC-attacken. Mohamed Atta var målnoden.

15

... och closeness



Terroristnätverket för WTC-attacken. Mohamed Atta var målnoden.

16

Kan ledaren behålla socialt inflytande över gruppen?

Två inflytelsemodeller

- Independent cascade:
En redan aktiverad nod kan aktivera sina grannar med en viss sannolikhet. En sannolikhet för varje kant.
- Linear threshold:
En inaktiv nod blir aktiv om tillräckligt många (tröskelvärdet) of dess grannar är aktiverade. Ett tröskelvärde per nod.
- I båda modellerna:
Kaskaden stannar när ingen ny nod aktiveras.
Låt en given nod vara aktiverad från början. Modellen körs flera gånger, och målnodens inflytande mäts som det genomsnittliga antalet aktiverade noder när kaskaden stannar.

Modell	Före	3×ROAM(3)	3× ROAMeig(3)
Linear threshold	42	42	57
Independent cascade	23	26	31

Antal aktiverade noder i terroristnätverket före och efter 3 rundor av ROAM(3) respektive ROAMeig(3).

Hur kan vi upptäcka dolda ledare?

Hur kan vi upptäcka dolda ledare?

Vi tar hjälp av kooperativ spelteori!

- Kooperativa spel = spel som har utformats så att spelarna tvingas samarbeta
- Förutsätter att spelare tänker rationellt = vill bli belönade
- Koalitioner (samarbeten) som är gynnsamma för spelets mål tilldelas högre **belöningar**
- Ger en prognos: Vilka koalitioner kommer sannolikt att formos? Vilka beslut kommer troligen att fattas av gruppen som helhet?

Socialt inflytande kan vara en sådan **belöning!**

19

Vårt spel:

- Varje person kan endast påverka sina grannar (inflytandesfär med radie $r = 1$).
- Om 2 eller fler personer ingår i en koalition kan de snabbt öka det totala inflytandet (unionen av deras sfärer), även för små koalitioner (2-3 personer).
- Mål: Maximera summan
antal personer i koalitionen + antal personer ett steg från koalitionen
- Koalitionens belöning = summan av medlemmarnas så kallade *Shapley-värden*.

20

Shapley-värdet för vårt spel: Låt $d(i)$ vara graden (= antalet grannar) för person i . Då är Shapley-värdet för i definierat såhär:

$$SV(i) = \frac{1}{1 + d(i)} + \sum_{j \in N(i)} \frac{1}{1 + d(j)},$$

där $N(i)$ är grannarna till i .

Högre Shapley-värde \implies högre socialt inflytande

21

Högre Shapley-värde \implies högre socialt inflytande

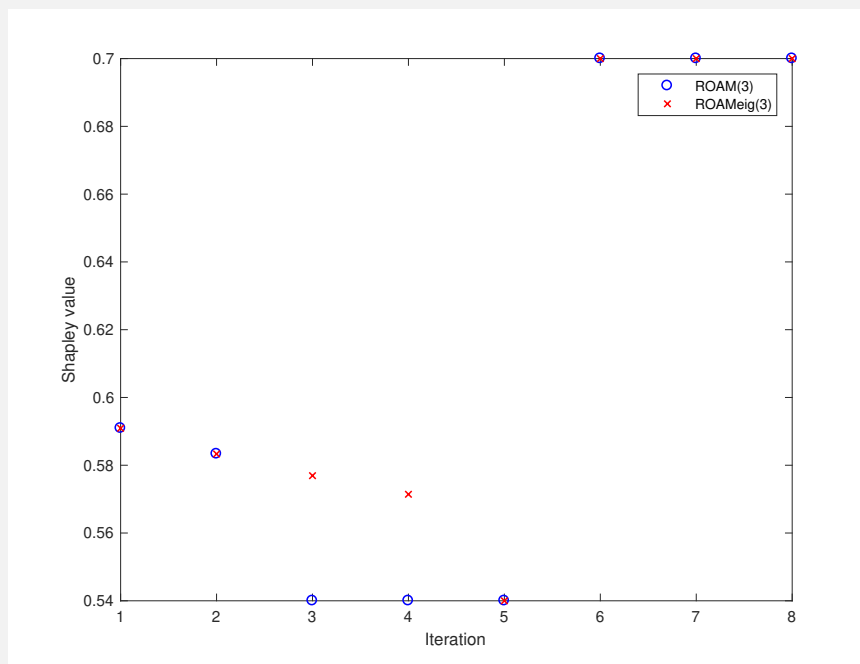
Detta faktum gör Shapleyvärde till ett intressant mått:

- Vi får ett mått på socialt inflytande som inte kan mätas med hjälp av standardverktygen (betweenness, closeness, ...)
- Men inga beräkningstunga simuleringar av socialt inflytande behöver köras! (Linear threshold, independent cascade, ...)

22

Resultat

Shapley-värden före och efter ROAM/ROAMeig



Terroristnätverket för WTC-attacken. Mohamed Atta var målnoden.

- De experimentella resultaten ger stöd åt teorin
- Shapley-värden verkar därför vara ett lämpligt mått för att studera dolda ledare
- Relativt lite forskning på området – mycket återstår att undersöka

Framtida forskning

- Andra inflytelsesfärer – t.ex. endast grannar som kan nås på k olika sätt.
- Viktade nätverk (där vikterna på kanterna kan representera tillit till olika grannar)
- Andra varianter av egenvektorscentralitet: Katz, PageRank, ...
- Andra spel?

