

BEHAVE

Reti sociali. Meccanismi e modelli

Bologna: Il Mulino, 2023

**Federico Bianchi,
Behave Lab, Dipartimento di Scienze Sociali e Politiche, Università degli Studi di Milano
federico.bianchi1@unimi.it**

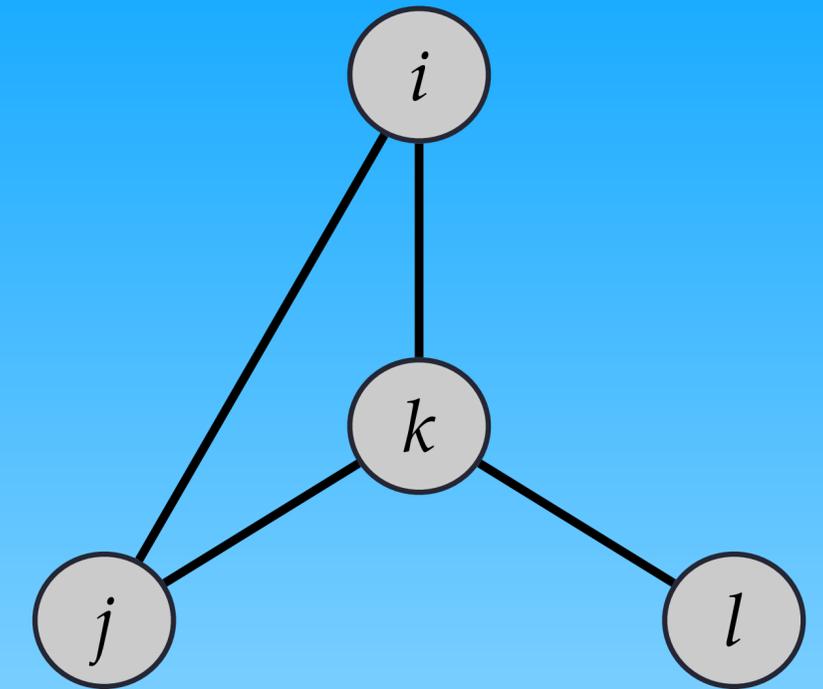
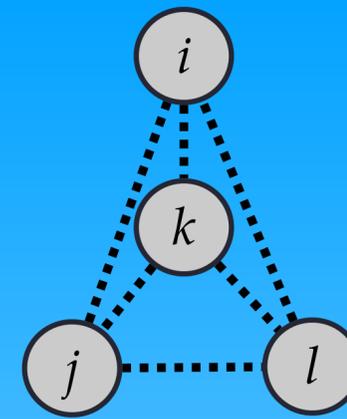
Reti sociali
Meccanismi e modelli

Federico Bianchi

il Mulino

Reti sociali

Meccanismi e modelli



Motivazione 1:
**da analisi descrittiva a
inferenziale**

- Introduzione aggiornata in italiano alle tecniche di **modellazione statistica e computazionale**
- Anni 1990 - 2000: convergenza di gruppi di ricerca (Indiana/Melbourne e Groningen) e capacità di calcolo \rightarrow modelli statistici (p^*) per test di verifica di ipotesi e analisi multivariata
- ***Exponential Random Graph Models*** (Lusher et al., 2013) e ***Stochastic Actor-Oriented Models*** (Snijders, 2017)

Antonio M. Chiesi

L'analisi dei reticoli

FrancoAngeli

Barnes, Boissevain, Bott, Burt, Cross,
Fischer, Granovetter, Grieco, Kapferer,
Laumann, Mitchell, Pappi, Wellman

RETI

L'analisi di network
nelle scienze sociali

A cura di Fortunata Piselli



Saggi, Società e scienze sociali



L'ANALISI

John Scott

DELLE RETI

Edizione italiana a cura di Enrica Amatore

SOCIALI

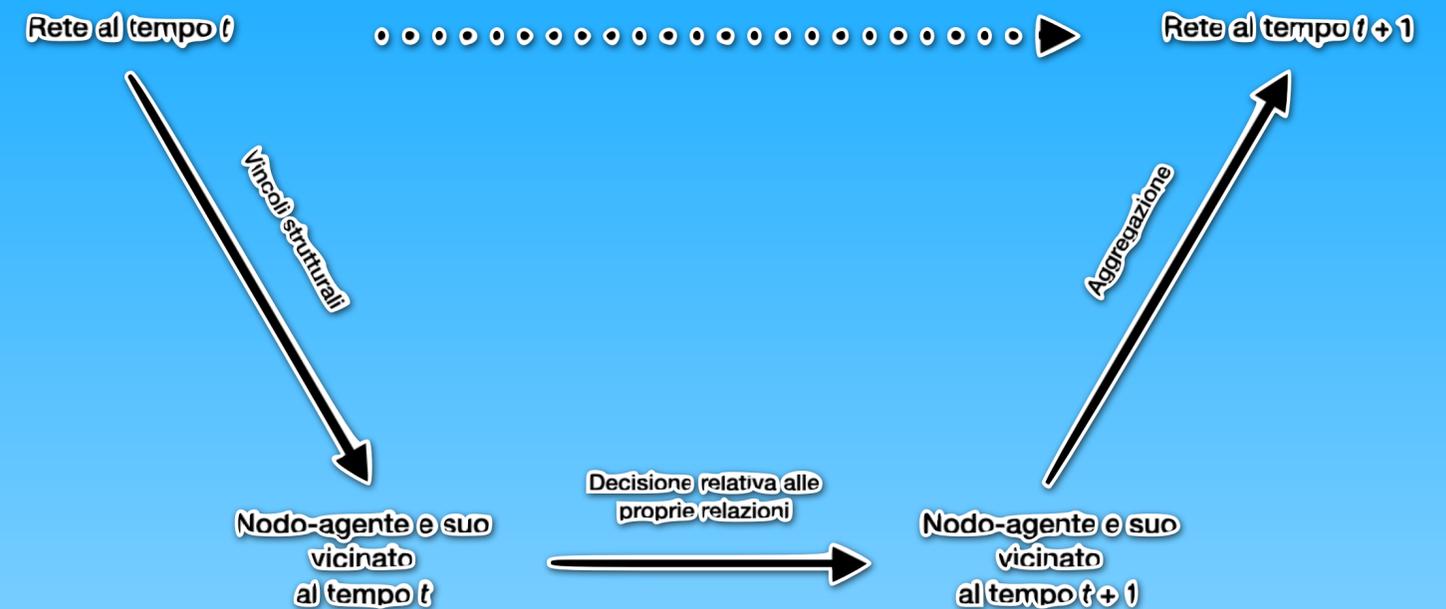
Carocci

Analisi delle reti sociali in Italia

- Il dibattito italiano è stato molto attento alla discussione metateorica: traduzione di Fortunata Piselli (1995) con saggio introduttivo; premessa di Enrica Amatore all'edizione italiana di Scott (1997 [1991]).
- Introduzione alle tecniche di Antonio M. Chiesi (1980, 1981, 1999).

Reti sociali

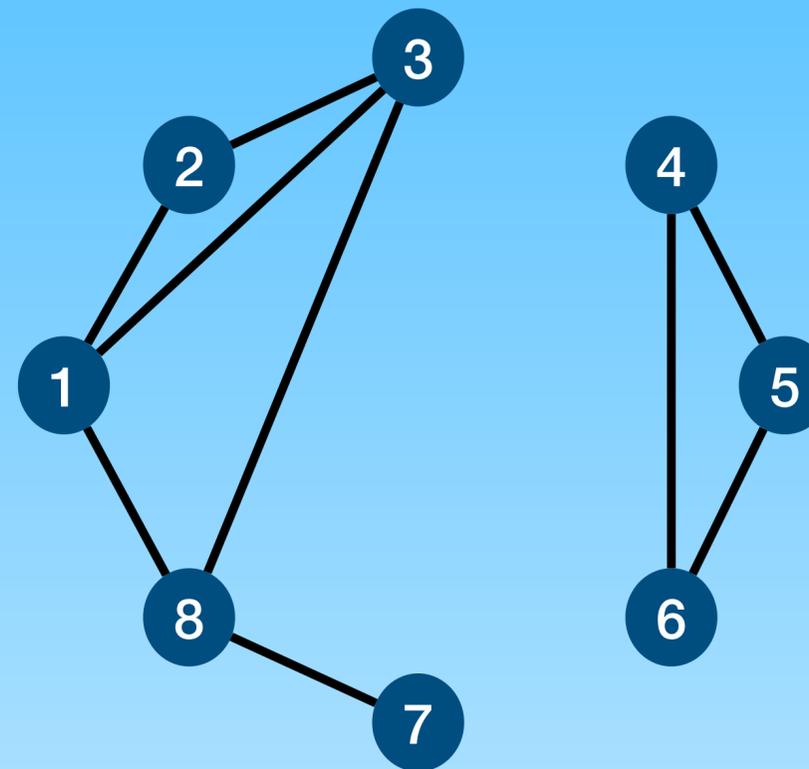
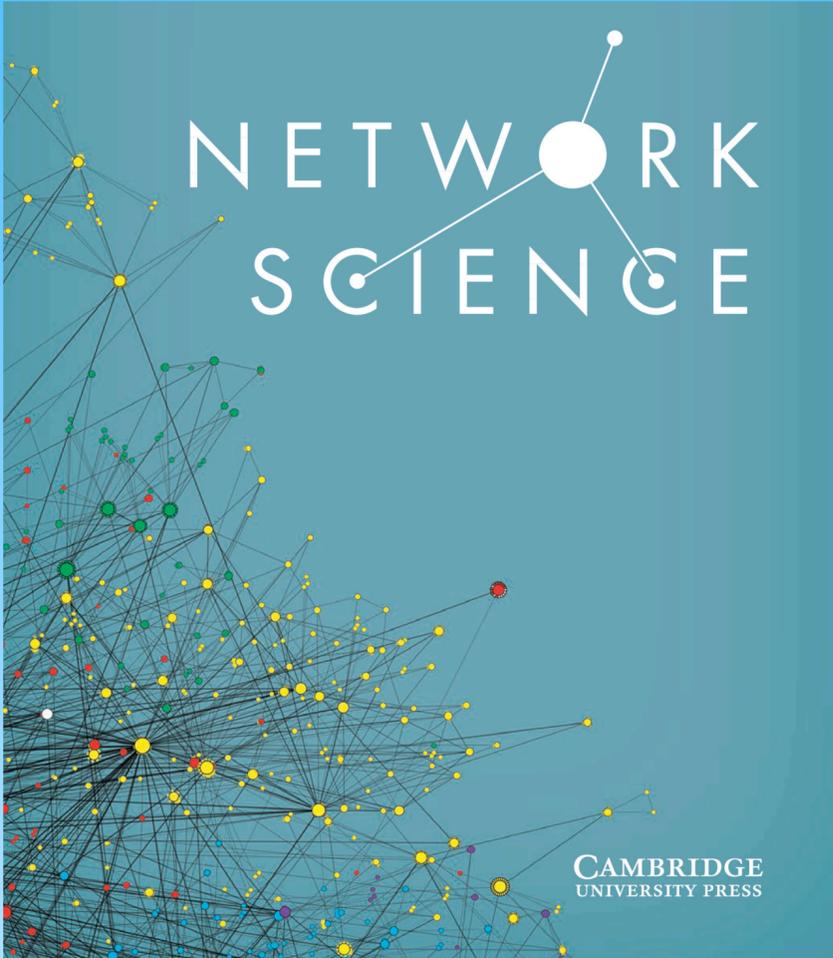
Meccanismi e modelli



Motivazione 2:

reti sociali come modelli di meccanismi causali

- Analisi delle reti sociali come **metodo di modellazione** formale dei **meccanismi causali** di un fenomeno sociale
- Due mosse:
 1. mettere il **comportamento** (cognizione e cultura) degli attori al centro dello studio delle relazioni —> *framing* contestuale delle relazioni ed euristiche decisionali
 2. integrazione dei **modelli ad agenti** nell'analisi delle reti sociali

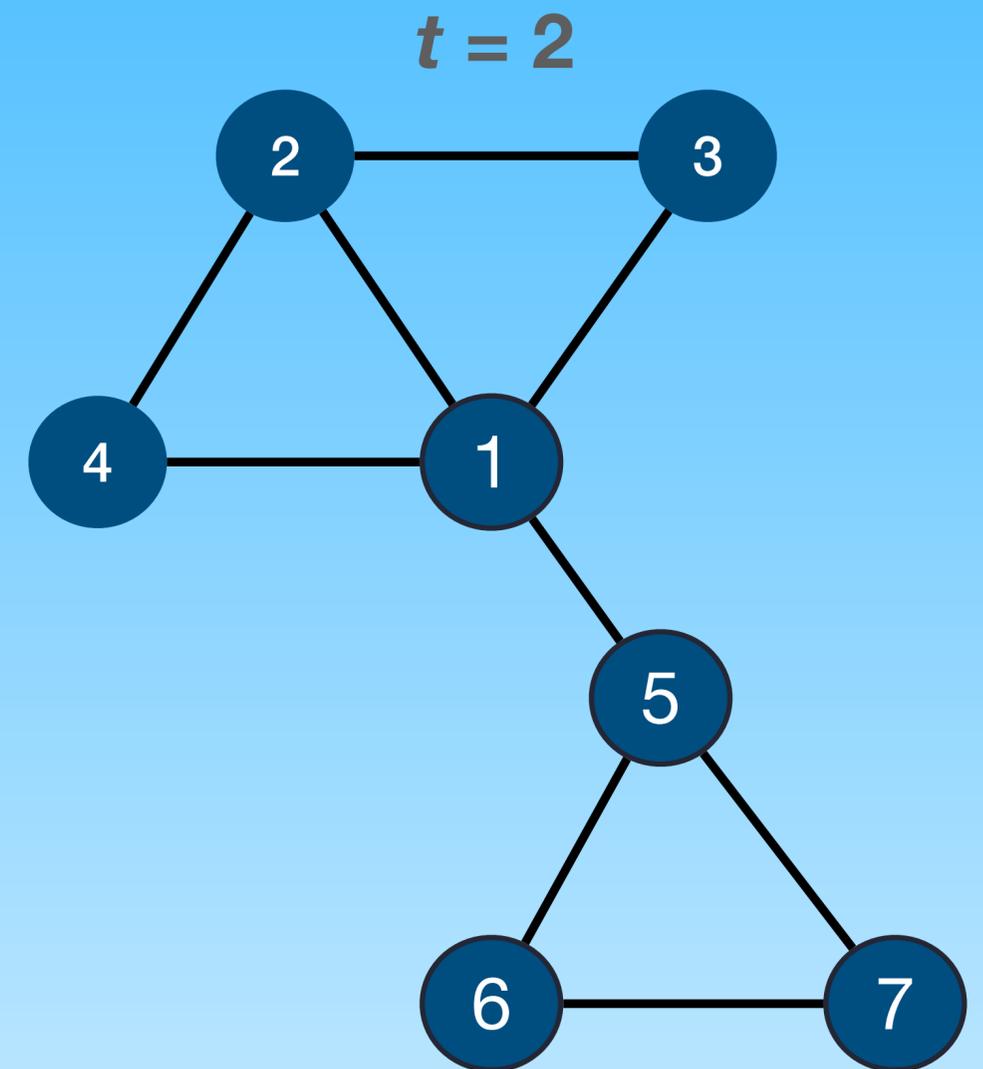
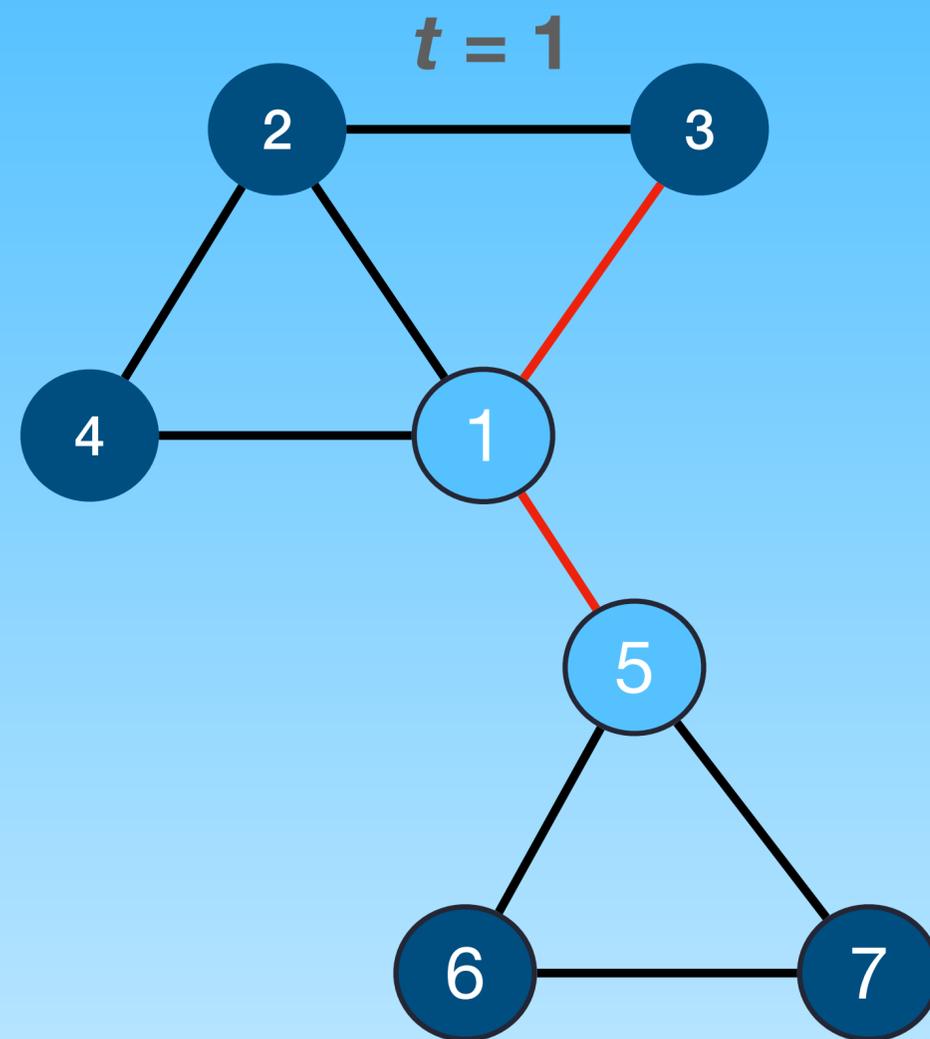
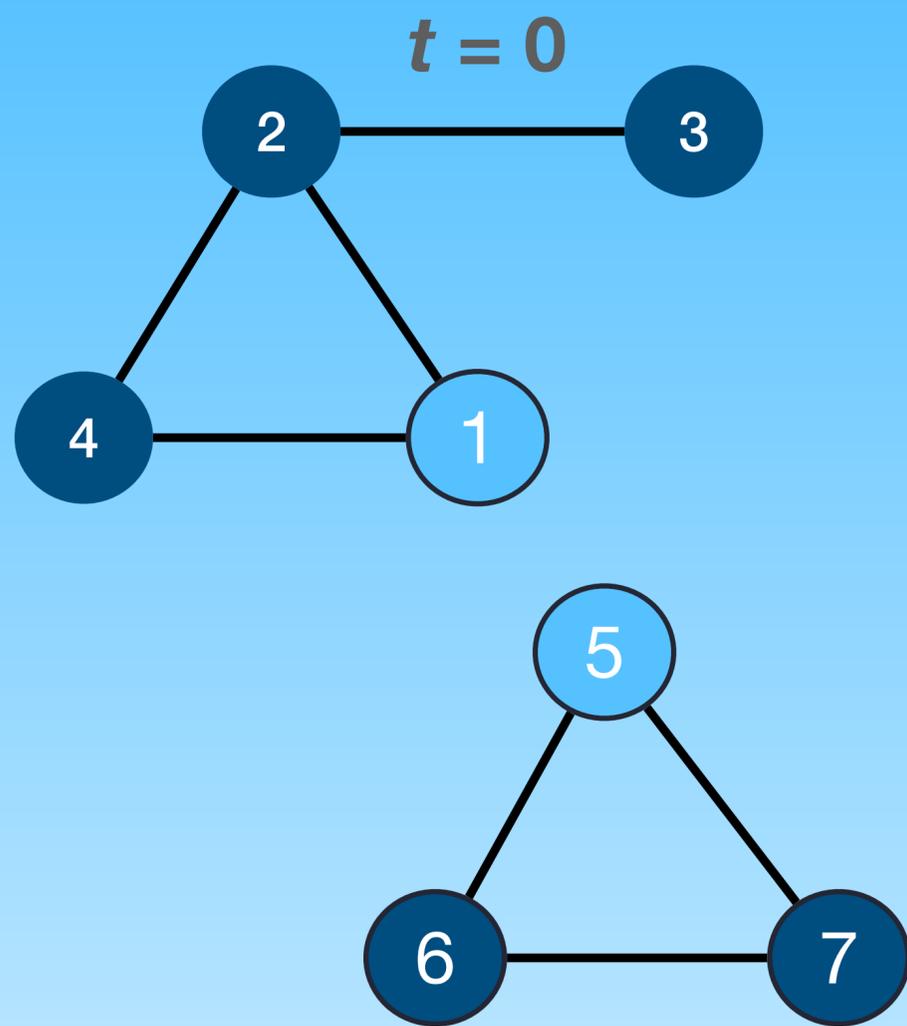


	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	1	0	0	0	0	1
2	1	0	1	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	1	1	0	0
5	0	0	0	1	0	1	0	0
6	0	0	0	1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1
8	1	0	1	0	0	0	1	0

Premessa:

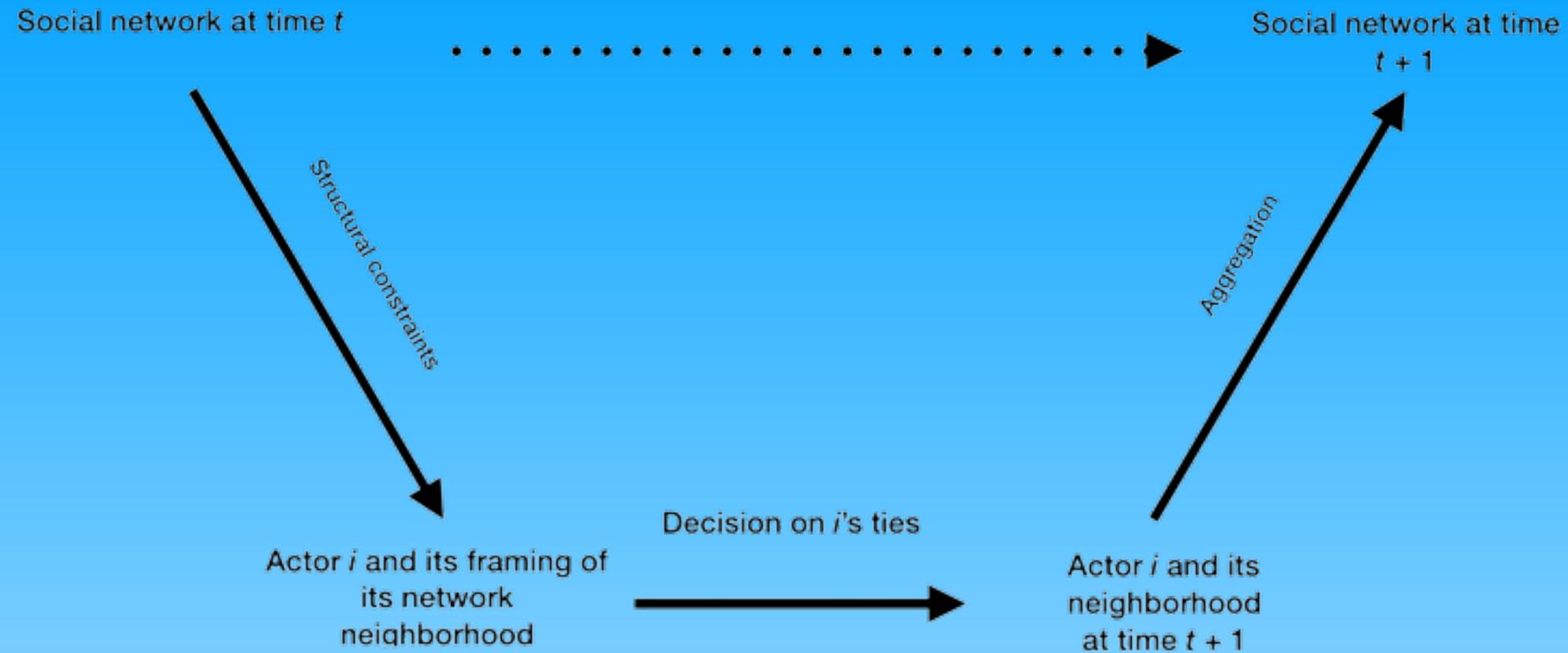
reti come modelli di fenomeni sociali

- “*Network science is the study of network models*” (Brandes et al., 2013, p. 4) → “*network analysis*” vs. “*network theory*”
- Metodi e tecniche per analizzare **dati relazionali**, ossia dati che rappresentano una relazione definibile all’interno di una coppia di enti
- Agnosticismo ontologico: analisi delle reti non è (necessariamente) la chiave di accesso alla struttura inerentemente relazionale della realtà (sociale)



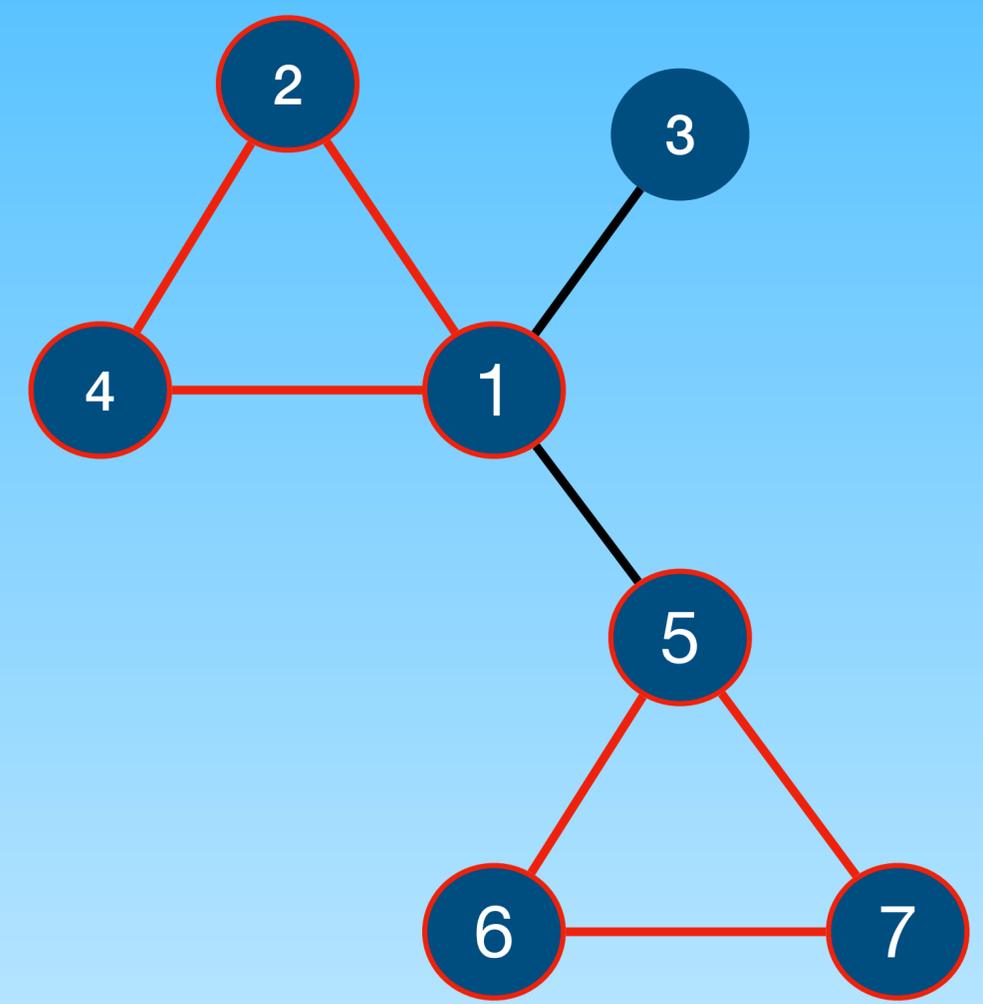
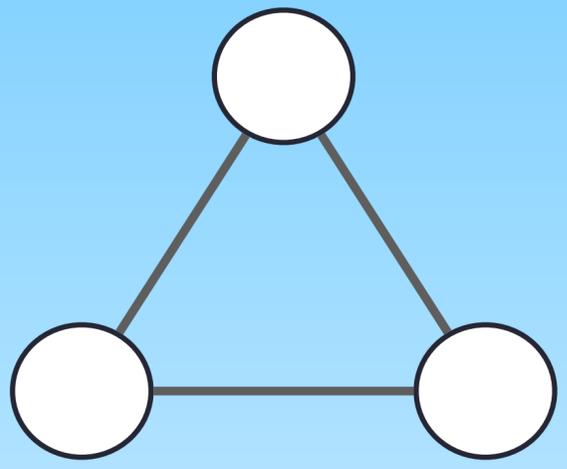
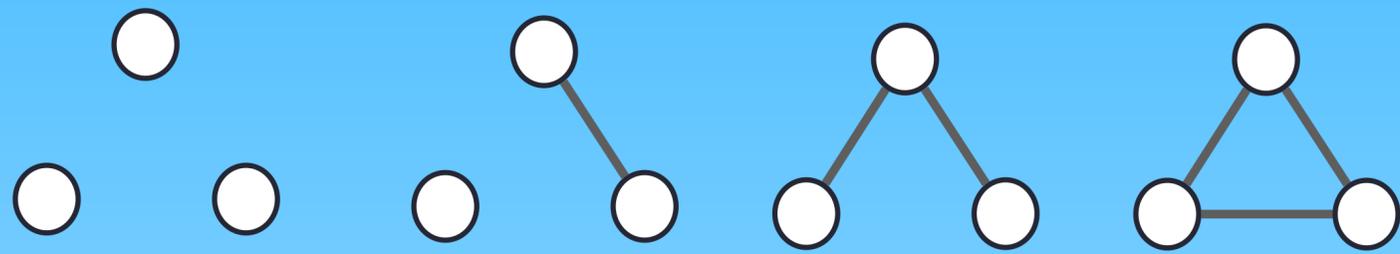
Reti sociali come modello di meccanismi sociali

- Identificazione di un **meccanismo sociale** —> descrizione di uno schema regolare di azioni e interazioni situate tra attori sociali
- Interazioni sociali dinamiche: **vertici (attori)** e **legami (interazioni)** in un grafo
- Legami: “eventi” (es., il trasferimento di una risorsa simbolica o materiale) o “stati” relazionali (es., amicizia, solidarietà, ecc.) (Borgatti et al., 2009)



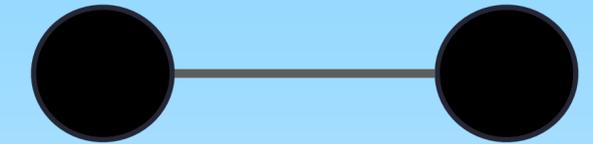
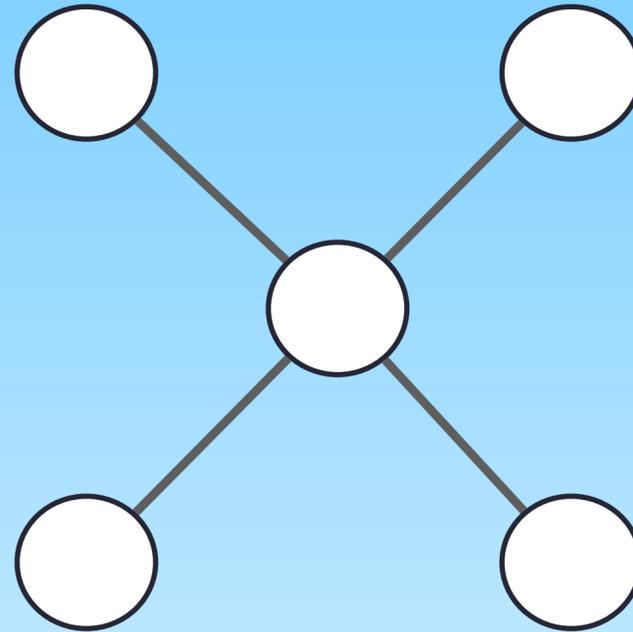
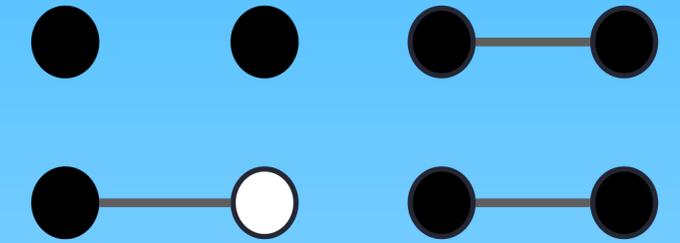
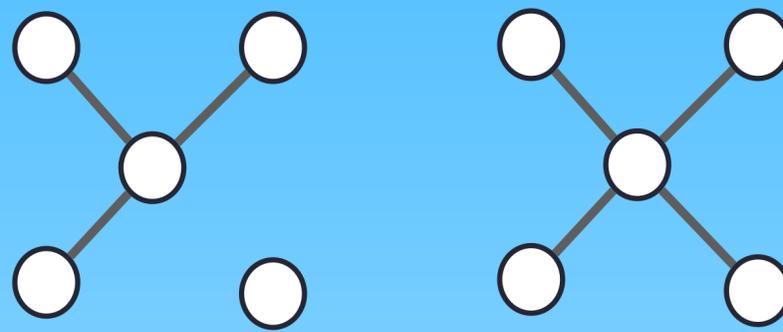
- Identificare il **meccanismo causale** della formazione di una rete sociale
- Configurazioni di **interazioni tra attori sociali** generative di strutture o composizioni di rete (Hedström & Bearman, 2009)
 - **Motivazioni** delle decisioni (desideri e preferenze)
 - **Framing del contesto** (cognizione e cultura)
 - **Tipi di legami** (eventi o stati; Borgatti et al., 2009)

Reti sociali come modello di meccanismi sociali



Modelli statistici delle reti sociali

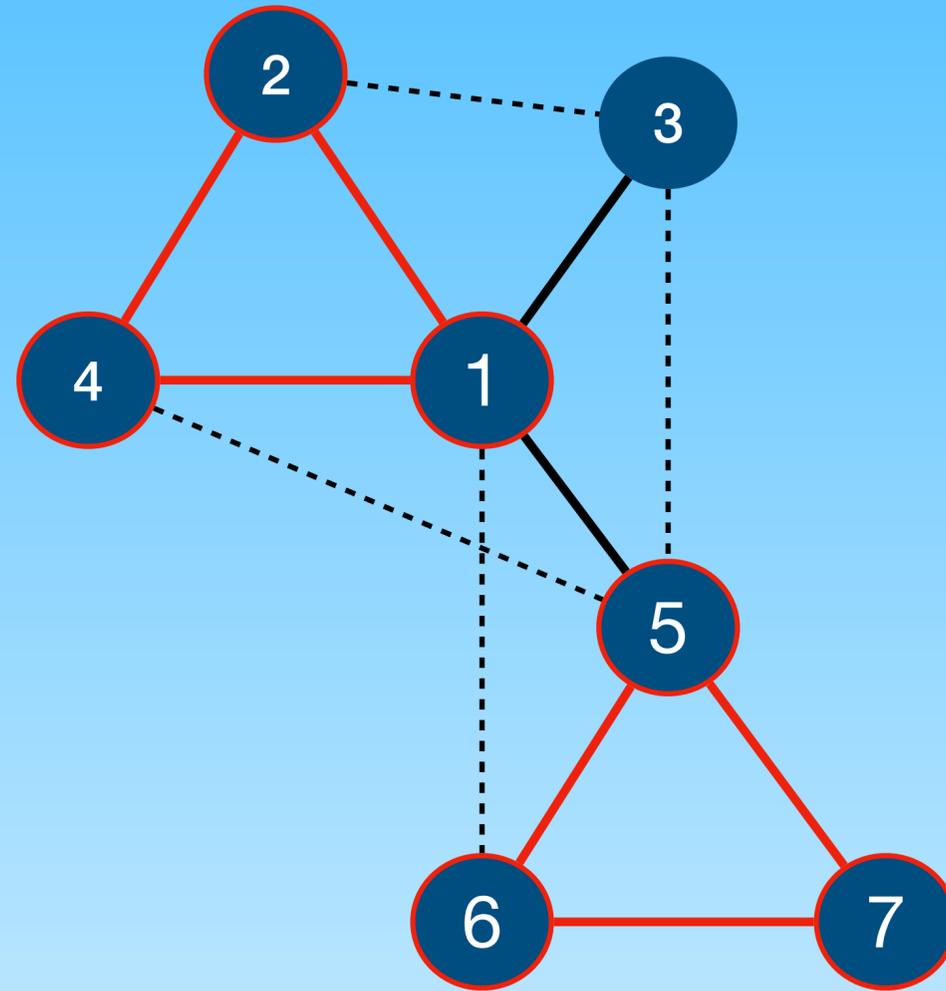
- L'effetto di processi relazionali dinamici **inosservati** sulla formazione di una rete viene inferito dalla **prevalenza** o **incidenza** di certe **configurazioni locali**
- Configurazioni locali di rete come "tracce archeologiche" lasciate da meccanismi causali (White, 1970; Lusher et al., 2013)
- La magnitudo dell'effetto relativo di questi processi è stimabile tramite **statistiche calcolabili nei dati stessi** della rete da spiegare → Massima verosimiglianza o metodo dei momenti (simulazioni numeriche)



Modelli statistici delle reti sociali:

configurazioni locali e assunti di dipendenza stocastica

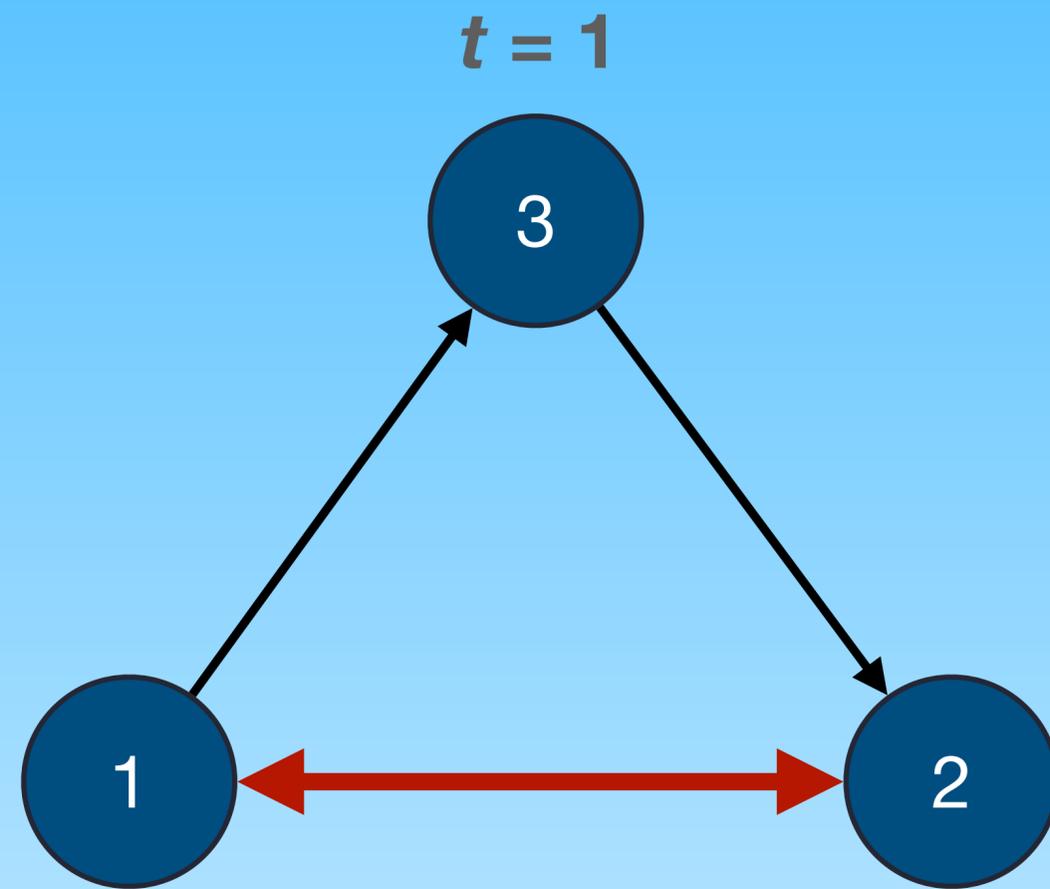
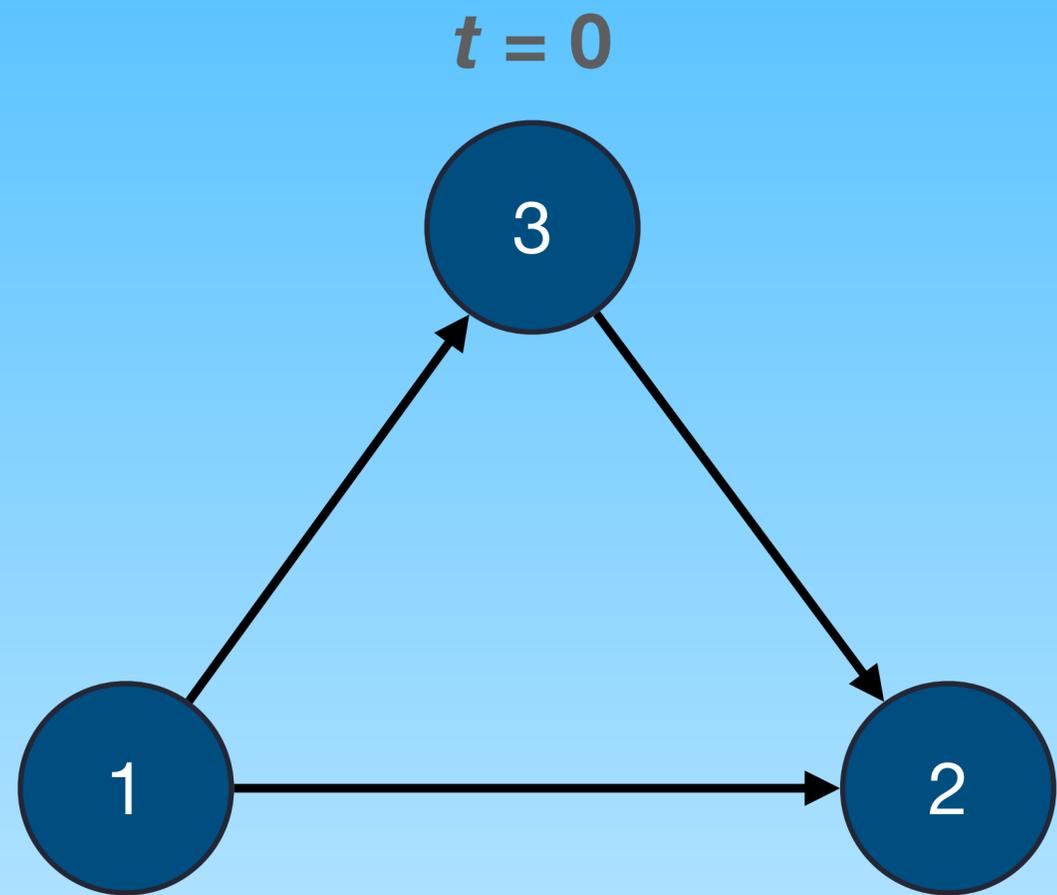
- I **processi relazionali** possono essere ricondotti a una **configurazione locale**, di cui è possibile calcolare la **frequenza**
- Osservazioni **non sono indipendenti**
- A ciascuna configurazione corrisponde un **assunto di dipendenza stocastica**: es., $P(x_{ij}) \cap P(x_{ji}) = P(x_{ij} | x_{ji}) \cdot P(x_{ji})$



Modelli statistici delle reti sociali:

test di verifica di ipotesi

- Simulazione di una distribuzione di grafi aleatori centrata sulle statistiche osservate
- Identificazione del vettore di parametri
- Calcolo delle misure di incertezza (test di verifica di ipotesi)



Modelli statistici delle reti sociali:

analisi multivariata

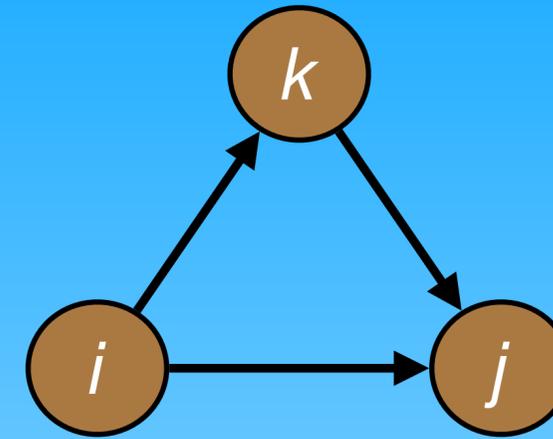
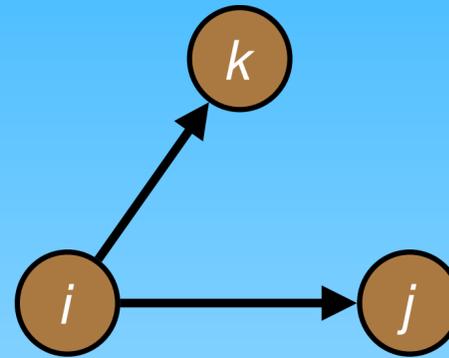
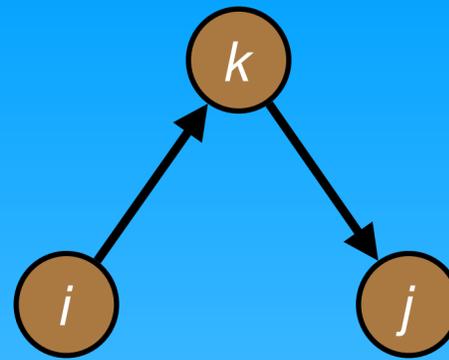
- Valutazione dell'effetto relativo di processi concorrenti
- Es.: reciprocità o chiusura transitiva?

Exponential Random Graph Models for Social Networks

THEORY, METHODS, AND APPLICATIONS

Edited by
Dean Lusher, Johan Koskinen,
Garry Robins

CAMBRIDGE

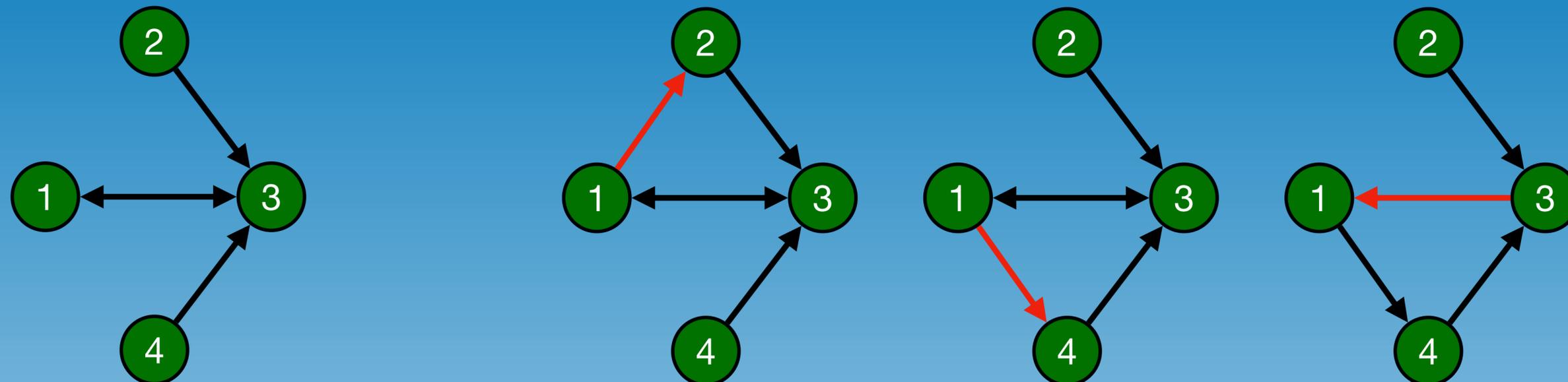


$$Pr(x \rightarrow x^{\pm ij}; \theta) = \frac{1}{n(n-1)} \cdot \frac{\exp \sum_k \theta_k \Delta z_k(x, x^{\pm ij})}{1 + \exp \sum_k \theta_k \Delta z_k(x, x^{\pm ij})}$$

ERGM

Exponential Random Graph Models

- Modello ***tie-based***: l'esistenza di un legame in una diade è valutato indipendentemente dalla scelta multinomiale degli agenti
- Non modella la scelta tra alternative tipica di alcuni contesti decisionali
- La stessa configurazione può sottendere vari processi relazionali non coerenti con il meccanismo ipotizzato (Block et al., 2019)



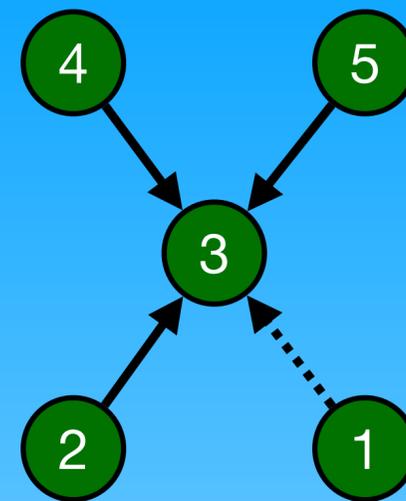
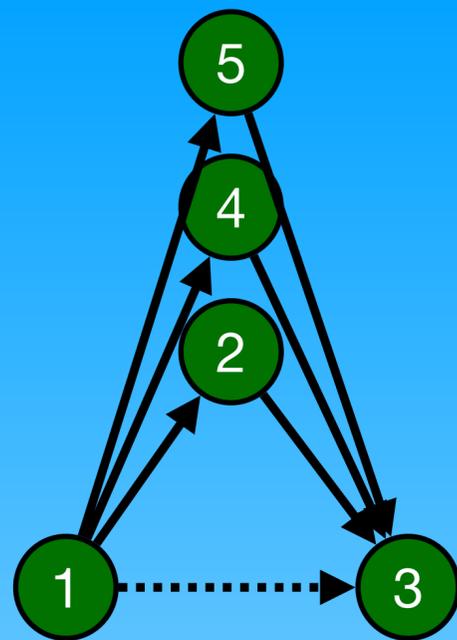
- Modello **agent-based**: l'esistenza di un legame uscente è valutata nel vicinato di un agente focale
- Ogni agente decide se modificare lo stato di una diade uscente in base a un esperimento multinomiale (McFadden, 1973) ottimizzando una

funzione obiettivo
$$P(x \rightarrow x^{\pm ij}) = \frac{\exp(f_i(\beta; x^{\pm ij}))}{\sum_{h=1}^n \exp(\beta; f_i(x^{ih\pm}))}$$

- I parametri della funzione sono interpretabili come le **preferenze relative** degli agenti relativamente alla prevalenza di certe configurazioni locali

SAOM

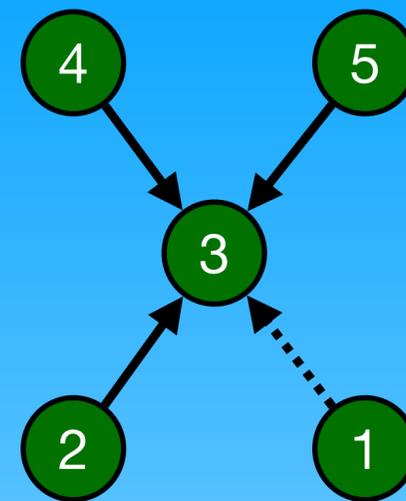
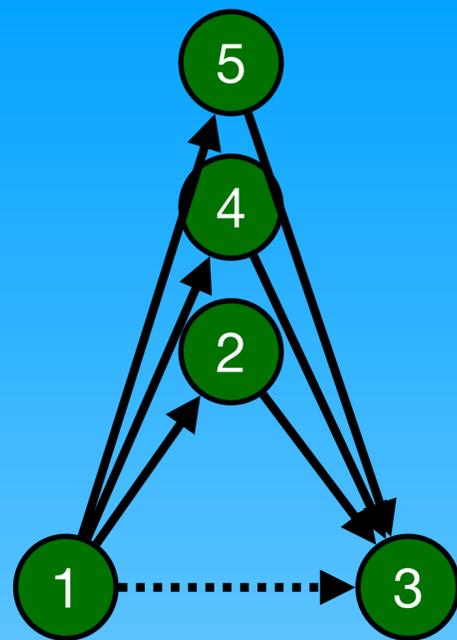
Stochastic Actor-Oriented Models



- Necessità di **convergenza** delle stime dei parametri —>
 - specifiche con configurazioni locali che implicano informazione completa di tutti i legami nella rete (no contesti competitivi)
 - Molte specifiche —> modelli altamente idiosincratici
- **Catena di Markov** (un agente valuta un solo cambiamento per ogni istante temporale)
 - incapacità di coordinamento (azione collettiva)
 - Impossibilità di modellare cambiamenti simultanei (effetti critici, soglie, *tipping points*)

SAOM:

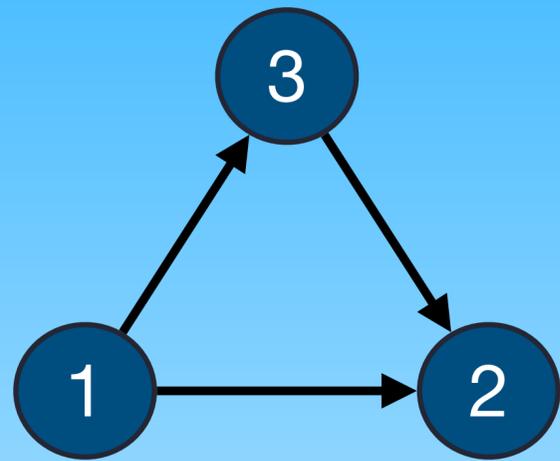
**limiti di trattabilità
matematica**



- **Ottimizzazione delle preferenze e scelta multinomiale** si applicano difficilmente alle relazioni cognitive (es. simpatia, attribuzione di status)
- **Miopia** degli agenti —>
 - Incapacità di razionalità a lungo termine (strategica)
 - Incapacità di memoria e apprendimento

SAOM:

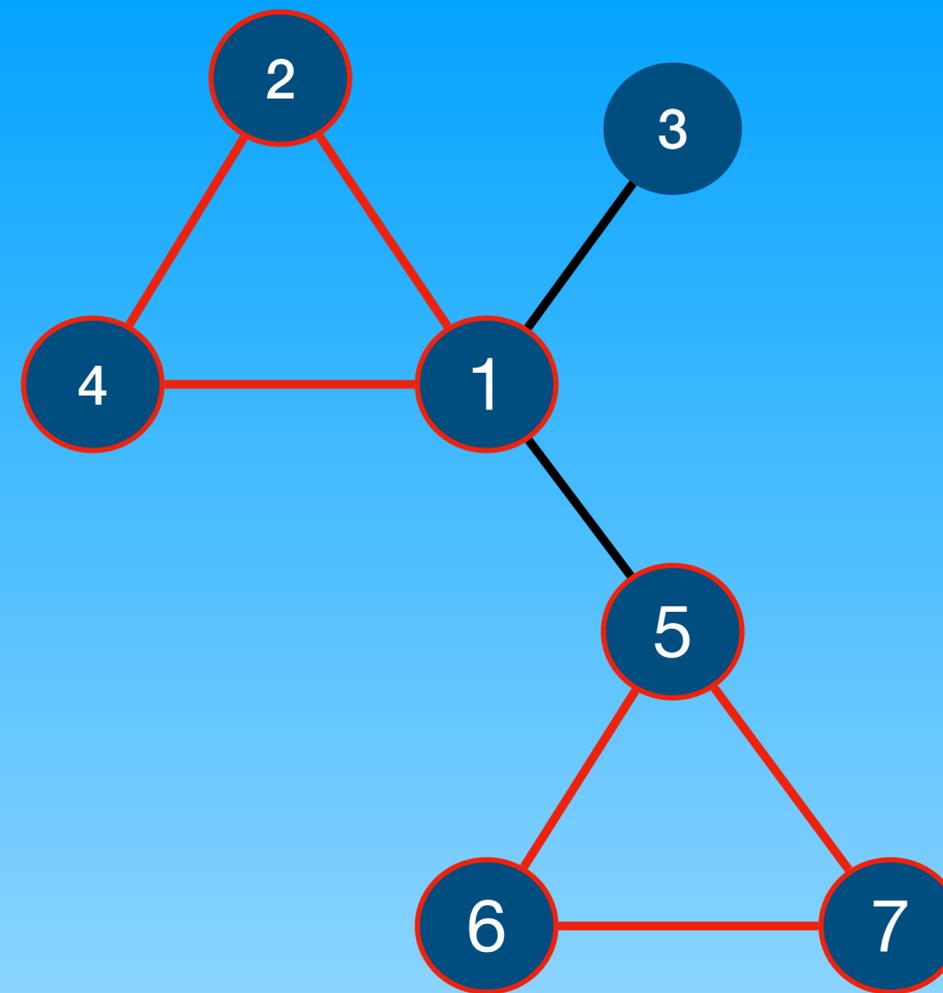
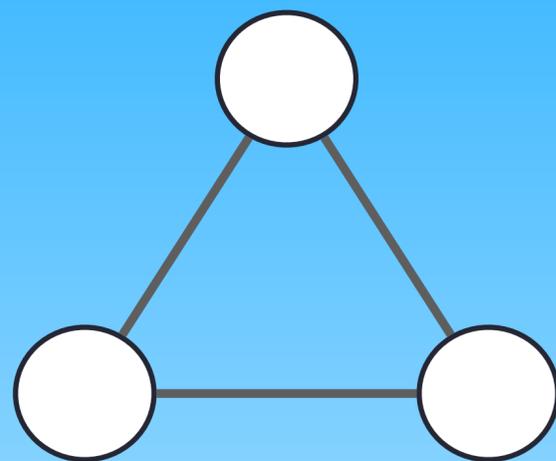
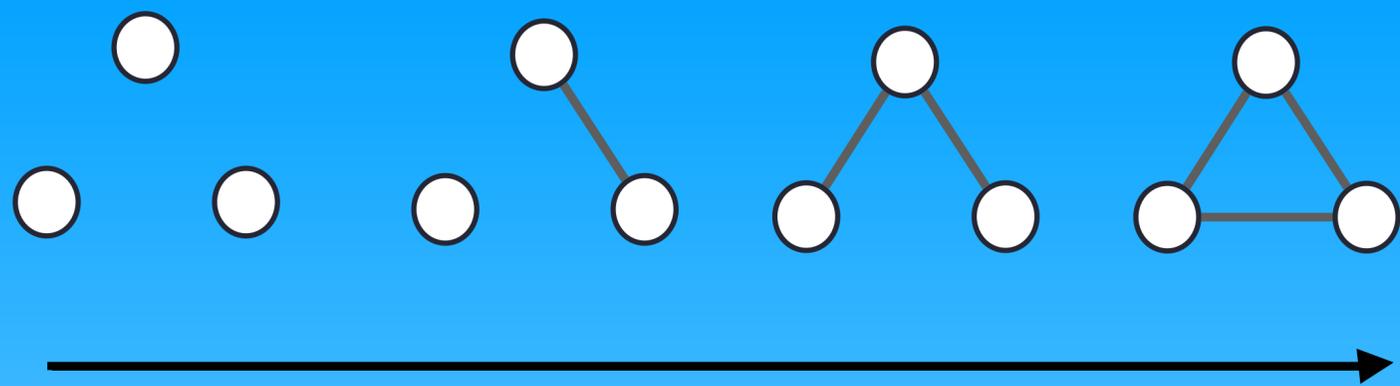
applicabilità limitata



Modelli statistici:

**processi, non
meccanismi**

- **Sottodeterminazione:** i modelli statistici non riescono a identificare meccanismi causali, ma soltanto processi relazionali più astratti: “*network patterns*” (Robins, 2015) o “*network mechanisms*” (Stadtfeld e Amati, 2021)
- Es.: reciprocità nelle relazioni di sostegno
 - adesione a una norma sociale (Lindenberg, 2015)
 - strategia di investimento in una relazione di lungo periodo (Coleman, 1991)
 - controllo della propria reputazione (Buskens e Raub, 2005)
- Es.: chiusura transitiva nelle relazioni di amicizia
 - transitività dell’omofilia (Goodreau et al., 2009)
 - desiderio di evitare squilibrio emotivo nella triade (Heider, 1958)



Perché?

**Modelli statistici
come “modelli
metodologici”**

- Prevalenza o incidenza delle “**tracce archeologiche**” di processi relazionali inosservati (White, 1970, 2008; Lusher et al., 2013)
- **Trattabilità matematica:** statistiche sufficienti di configurazioni locali + parametri stimati attraverso algoritmi frequentisti robusti (massima verosimiglianza o metodo dei momenti)
- “**Methodological models**” (Skvoretz, 1991; Sørensen, 1998): ricerca di rapporti di associazione interni a dati aggregati

```

11:   if  $i$  is low-skilled ( $L$ ) then
12:     Evaluate utility from removing ties to current advisors ( $f_i^{L,rem}$ )
13:     Evaluate utility from sending requests to potential advisors ( $f_i^{L,add}$ )
14:     Select  $f_i^{L,*} = \max\{f_i^{L,rem}, f_i^{L,add}\}$ 
15:     Compute  $f_i^{L,N}$ , the utility from doing nothing
16:     if  $f_i^{L,*} > f_i^{L,N}$  and  $f_i^{L,*} = f_i^{L,add}$  then:
17:       if New advisor is a  $H$  with In-Degree ( $H$ )  $> \tau$  then
18:         Remove and redirect between 1 and  $\tau$  low-skilled  $L$  asking to  $H$ 
19:       for Every redirecting  $L$  do

```

Modelli ad agenti come “modelli teorici”

- **Modelli computazionali dinamici** che formalizzano una popolazione di **attori sociali interdipendenti** (i.e., *agents*) dotati di specifiche **proprietà**, che interagiscono in base a un insieme di **regole comportamentali** all'interno di **vincoli ambientali** (Gilbert & Troitzsch, 2005; Squazzoni, 2012; Hedström & Manzo, 2015)
- ABM sono “**theoretical models**” (Skvoretz, 1991; Hedström & Manzo, 2015): composti da **proposizioni logiche o numeriche** di una teoria assunta come spiegazione di un fenomeno

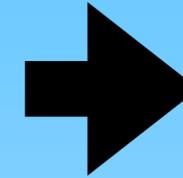


ABM:

Flessibilità e granularità

Meccanismo reale

- attori
- proprietà degli attori
- interazioni tra attori
- relazioni tra attori



Modello ad agenti

- agenti
- attributi degli agenti
- regole di comportamento
- vincoli strutturali

- “**Structural homology**” con i meccanismi causali (Manzo, 2014):
 - componenti **cognitivi** o **culturali** delle decisioni
 - **interazioni** sociali
 - vincoli **istituzionali, relazionali** o **spaziali**
- Alta **flessibilità** —> ampio spettro di **granularità** nella modellazione degli agenti (Wooldridge & Jennings, 1995)
 - Caratteristiche **sociali**: autonomia, interdipendenza, radicamento, eterogeneità
 - Caratteristiche **cognitive**: reattività, proattività, razionalità euristica, adattabilità

ABMs compensano i limiti dei modelli statistici delle reti:

- **comportamento degli attori**
- **tipi di legami**
- **contesto**

- I modelli *tie-based* (es., ERGM) sono indifferenti alle specifiche sequenze di legami attraverso cui emergono le configurazioni locali (Block et al., 2019)
- Per essere matematicamente trattabili i SAOM devono assumere:
 - accesso totale all'informazione (e.g., configurazioni *geometrically weighted*): implausibile per reti ampie o contesti competitivi in cui **l'informazione può essere strategicamente nascosta** (e.g., Renzini et al., 2024)
 - selezione dei legami come scelta multinomiale basata sull'ottimizzazione di preferenze: implausibile per relazioni cognitive **che non richiedono investimento psicologico** (simpatia vs. antipatia, attribuzione di status)
 - miopia: impedisce la modellazione di a) **razionalità backward-looking** e processi di **apprendimento**; b) **razionalità forward-looking** (comportamento strategico in contesti competitivi)
 - variazione di un solo legame alla volta: impedisce la modellazione di coordinamento, azione collettiva (Leifeld & Cranmer, 2019) e dinamiche a cascata causate da **preferenze-soglia** (Renzini et al., 2024)

ABMs compensano i limiti dei modelli statistici delle reti:

- **comportamento degli attori**

- **tipi di legami**

- **contesto**

- I modelli *tie-based* (es., ERGM) sono indifferenti alle specifiche sequenze di legami attraverso cui emergono le configurazioni locali (Block et al., 2019)
- Per essere matematicamente trattabili i SAOM devono assumere:
 - accesso totale all'informazione (e.g., configurazioni *geometrically weighted*): implausibile per reti ampie o contesti competitivi in cui l'informazione può essere strategicamente nascosta (es., **legami strumentali**, Renzini et al., 2024)
 - selezione dei legami come scelta multinomiale basata sull'ottimizzazione di preferenze: implausibile per **relazioni cognitive** che non richiedono investimento psicologico (simpatia vs. antipatia, attribuzione di status)
 - miopia: impedisce la modellazione di a) razionalità backward-looking e processi di apprendimento; b) razionalità forward-looking (comportamento strategico in contesti competitivi)
 - variazione di un solo legame alla volta: impedisce la modellazione di coordinamento, azione collettiva (Leifeld & Cranmer, 2019) e dinamiche a cascata causate da preferenze-soglia (Renzini et al., 2024)

ABMs compensano i limiti dei modelli statistici delle reti:

- comportamento degli attori
- tipi di legami
- **contesto**

- I modelli *tie-based* (es., ERGM) sono indifferenti alle specifiche sequenze di legami attraverso cui emergono le configurazioni locali (Block et al., 2019)
- Per essere matematicamente trattabili i SAOM devono assumere:
 - accesso totale all'informazione (e.g., configurazioni *geometrically weighted*): implausibile per **reti ampie** o **contesti competitivi** in cui l'informazione può essere strategicamente nascosta (es., legami strumentali, Renzini et al., 2024)
 - selezione dei legami come scelta multinomiale basata sull'ottimizzazione di preferenze: implausibile per relazioni cognitive che non richiedono investimento psicologico (simpatia vs. antipatia, attribuzione di status)
 - miopia: impedisce la modellazione di a) razionalità backward-looking e processi di apprendimento; b) razionalità forward-looking (comportamento strategico in **contesti competitivi**)
 - variazione di un solo legame alla volta: impedisce la modellazione di coordinamento, azione collettiva (Leifeld & Cranmer, 2019) e dinamiche a cascata causate da preferenze-soglia (Renzini et al., 2024)

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

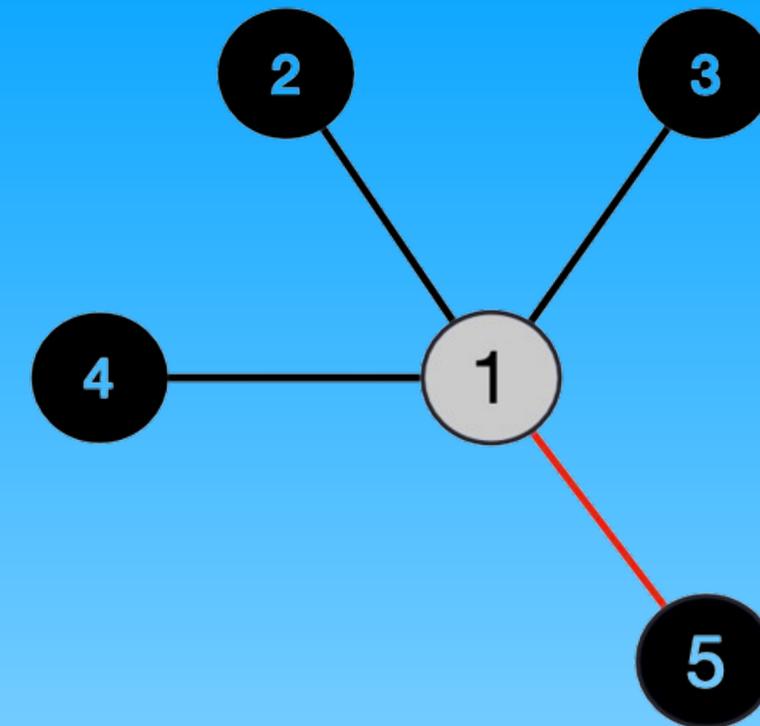
Social Networks

journal homepage: www.elsevier.com/locate/socnet

Status, cognitive overload, and incomplete information in advice-seeking networks: An agent-based model

Francesco Renzini*, Federico Bianchi, Flaminio Squazzoni

Department of Social and Political Sciences, University of Milan, Via Conservatorio 7, 20125 Milan, Italy



ABM empirici di reti sociali

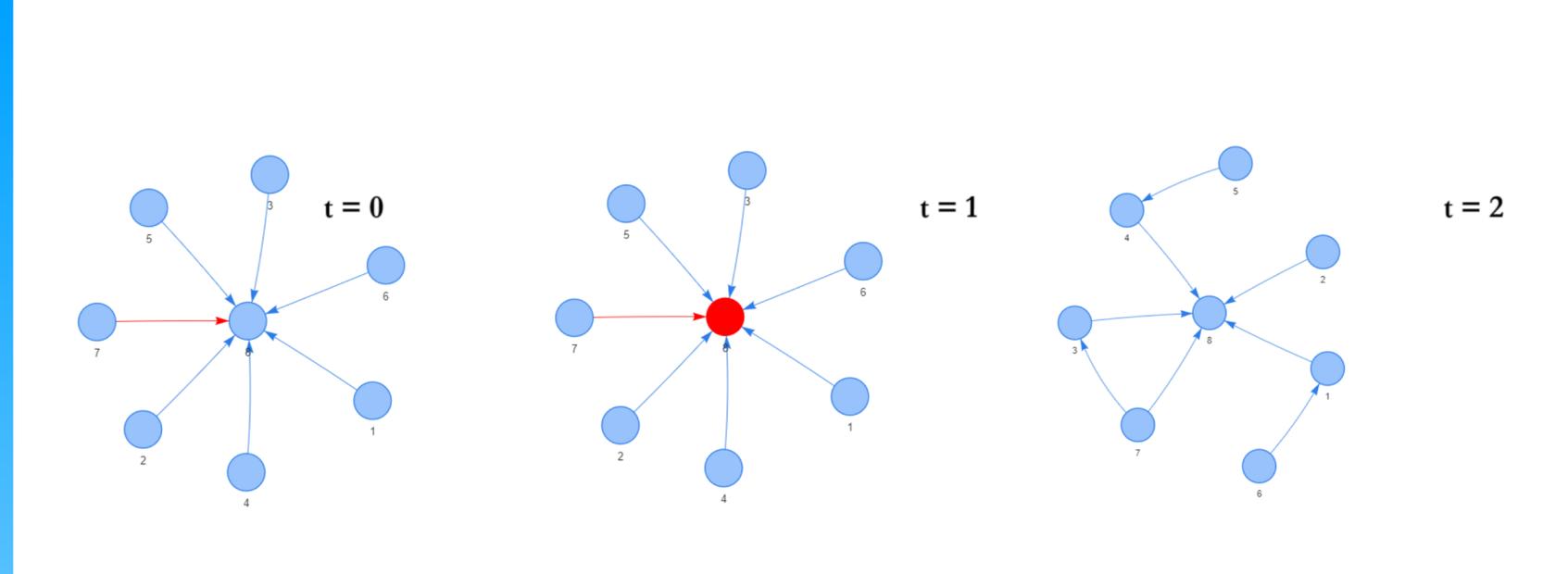
- Svolta empirica degli ABM nelle scienze sociali (Bianchi e Squazzoni, 2015)
- **Modelli empiricamente calibrati** (Boero e Squazzoni, 2005): stima dell'effetto generativo di **meccanismi non direttamente osservati**
- Disponibilità di algoritmi di **stima dei parametri** e di **misure di incertezza** (Thiele et al., 2014; Fagiolo et al., 2019; Carrella, 2021)
- Esempio 1: stima dell'effetto di eventi critici nella riallocazione dei legami di consulenza in seguito a sovraccarico cognitivo in un'organizzazione (Renzini et al., 2024)
- Esempio 2: stima delle soglie di contagio complesso nella diffusione di pratiche di prevenzione della malaria (Bianchi et al., work in progress)



Status, cognitive overload, and incomplete information in advice-seeking networks: An agent-based model

Francesco Renzini*, Federico Bianchi, Flaminio Squazzoni

Department of Social and Political Sciences, University of Milan, Via Conservatorio 7, 20125 Milan, Italy

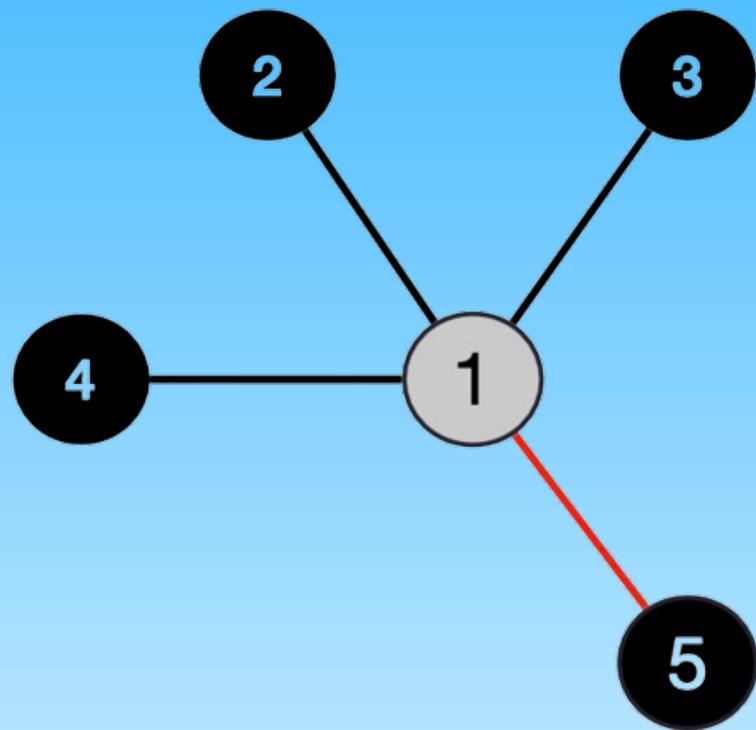


Renzini, Bianchi, & Squazzoni (2024), *Social Networks*

- Reti di **consulenza intra-organizzative** (status, transitività, assenza di reciprocità)
- Competizione + **sovraccarico cognitivo** + distribuzione asimmetrica delle risorse (Lazega et al. 2006) —> riallocazione simultanea di rapporti di consulenza —> **evento critico** —> **dinamica a cascata** sull'intera rete
- Impossibile studiare con modelli ERGM/SAOM
- **ABM** calibrato su dati classici di Lazega (2001)

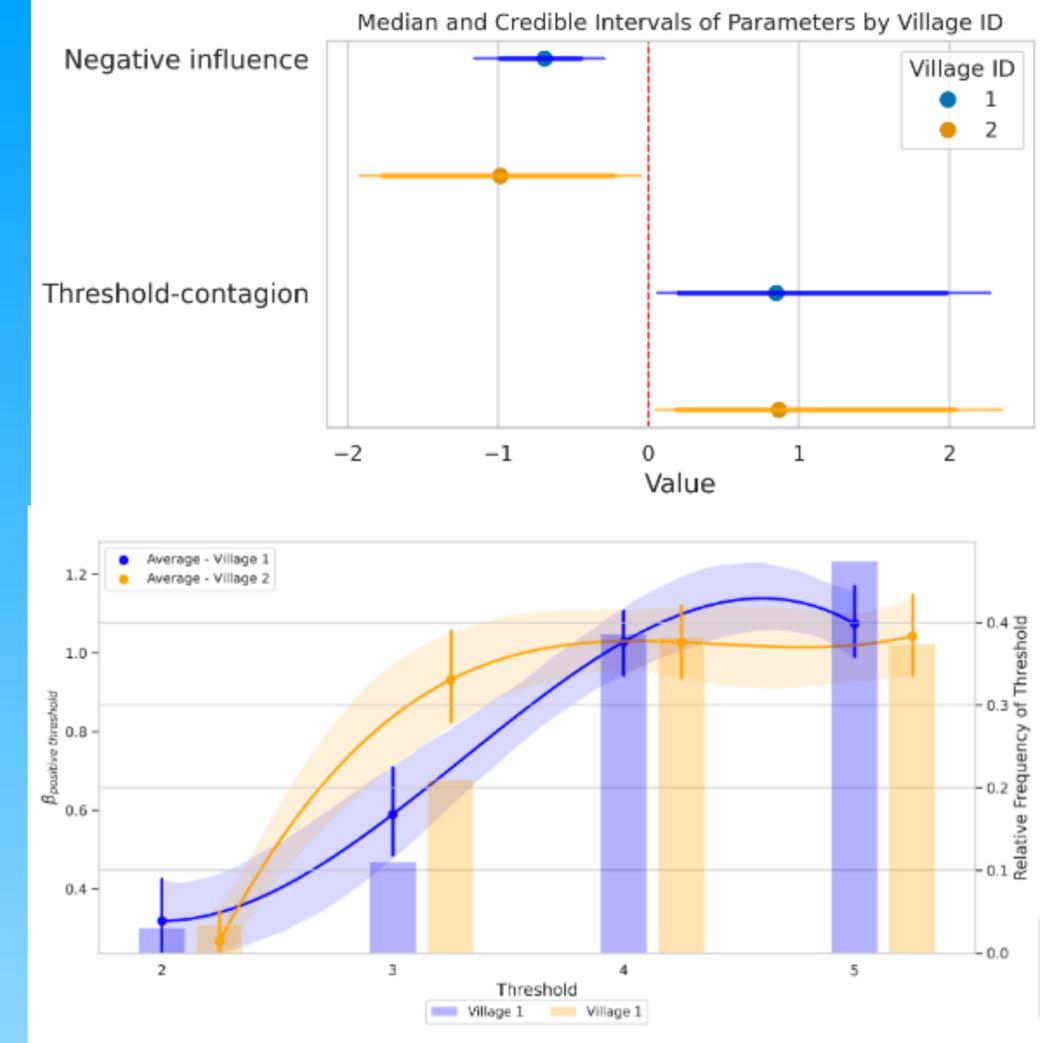
Building on shifting sands: complex contagion and negative ties hinder malaria outdoor preventive measure adoption in a hard-to-reach population in Meghalaya, India

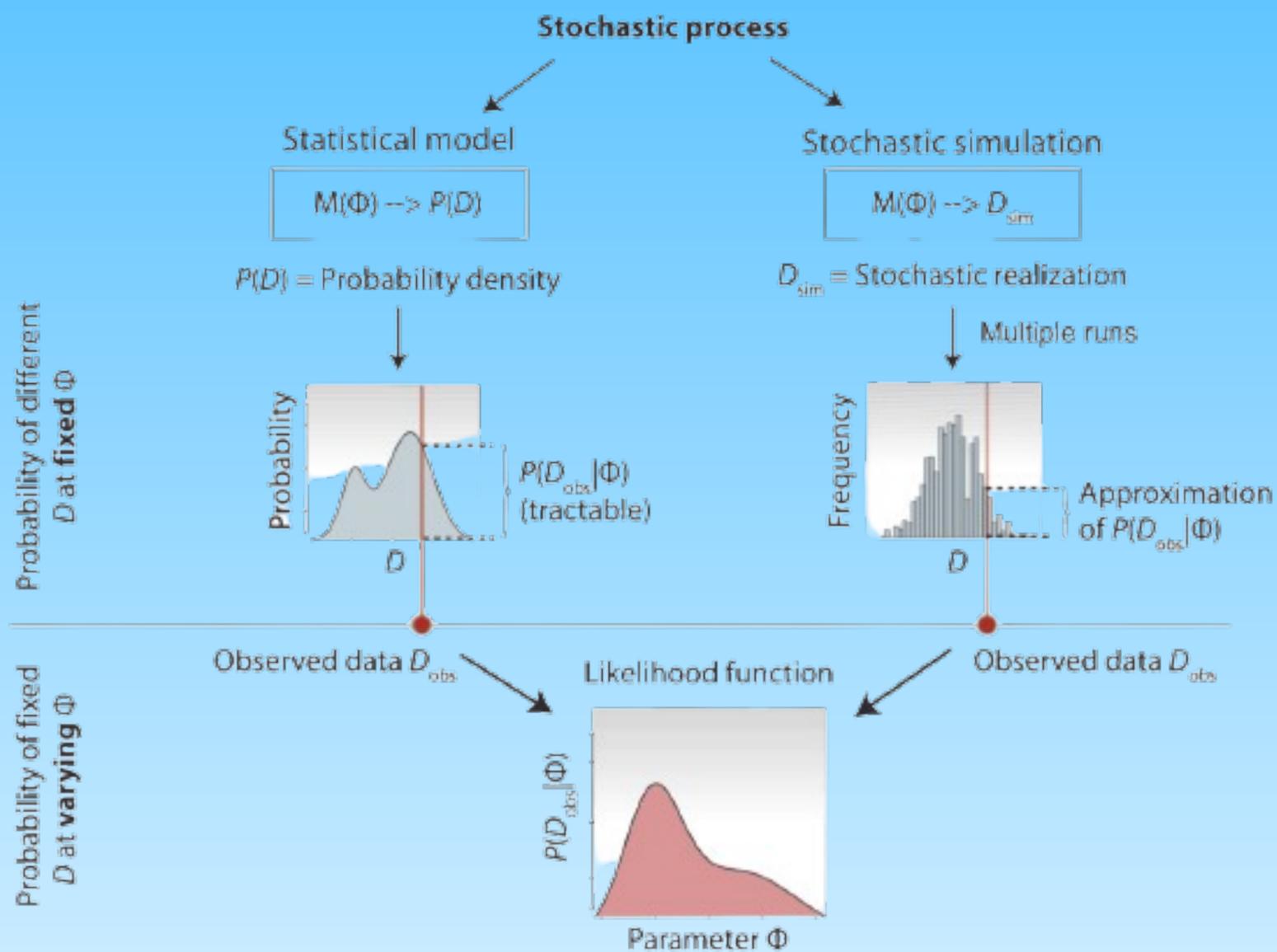
Federico Bianchi [0000-0002-7473-1928](tel:0000-0002-7473-1928)^a, Elisa Bellotti [0000-0002-6721-3671](tel:0000-0002-6721-3671)^b, and Francesco Renzini^a



Work in progress

- **Diffusione di misure preventive** anti-malaria in un contesto di scarsa legittimità scientifica
- “Complex contagion” (Centola & Macy, 2007) con **soglia di contagio alta + effetto legami negativi** → basso tasso di adozione
- Impossibile studiare con modelli ERGM/SAOM
- **ABM calibrato** e validato su dati primari raccolti sul campo





- **Metodo generativo** (Epstein, 2006): **complessificazione sequenziale** del meccanismo modellato e relative simulazioni computazionali **finché l'esito generato combacia con quello osservato** (statistiche riassuntive)
- **Test di componenti inosservati** (inosservabili?) **del meccanismo** (es., soglie, motivazioni, etc.)
- **Stime puntuali** dei parametri tramite simulazioni e **misure di incertezza** per **funzioni di verosimiglianza intrattabili** (Hartig et al., 2011; Carrella, 2021)
- **Evitare assunti implausibili** per ottenere una funzione di verosimiglianza trattabile

Teorico ma empirico

Conclusioni

- ABM consentono la stima di processi **inosservati** o **inosservabili**
- Riportare **comportamento** e **cognizione** in funzione del contesto (tipo di legame) al centro delle spiegazioni dei processi relazionali
- Interazione con esperimenti (Brashears e Gladstone, 2020)
- Scienza sociale di medio raggio

Riferimenti bibliografici / 1

Amaturo, E. (1997), *Premessa all'edizione italiana*, in J. Scott, *L'analisi delle reti sociali*, a cura di E. Amaturo, Roma, La Nuova Italia Scientifica, pp. 9-21.

Block, P., Stadtfeld, C. e Snijders, T.A.B. (2019), *Forms of Dependence: Comparing SAOMs and ERGMs from Basic Principles*, in «Sociological Methods & Research», 48, n. 1, pp. 202-239.

Borgatti, S.P., Mehra, A., Brass, D.J. e Labianca, G. (2009), *Network Analysis in the Social Sciences*, in «Science», 323, n. 5916, pp. 892-895.

Brandes, U., Robins, G., McCranie, A.N.N. e Wasserman, S. (2013), *What Is Network Science?*, in «Network Science», 1, n. 1, pp. 1-15.

Chiesi, A.M. (1980), *L'analisi dei reticoli sociali: teoria e metodi*, in «Rassegna Italiana di Sociologia», 21, n. 2, pp. 291-310.

Chiesi, A.M. (1981), *L'analisi dei reticoli sociali: un'introduzione alle tecniche*, in «Rassegna Italiana di Sociologia», 22, n. 4, pp. 577-603.

Chiesi, A.M. (1999), *L'analisi dei reticoli*, Milano, Franco Angeli.

Epstein, J.M. (2006), *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*, Princeton, Princeton University Press.

Fagiolo, G., Guerini, M., Lamperti, F., Moneta, A. e Roventini, A. (2019). *Validation of Agent-Based Models in Economics and Finance*, in C. Beisbart e N. Saam (a cura di), *Computer Simulation Validation*, Berlin/Heidelberg, Springer, pp. 763-787.

Riferimenti bibliografici / 2

Lusher, D., Koskinen, J. e Robins, G. (2013, a cura di), *Exponential Random Graph Models. Theory, Methods, and Applications*, New York, Cambridge University Press.

McFadden, D. (1973), *Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior*, in P. Zarembka (a cura di), *Frontiers in Econometrics*, New York, Academic Press, pp. 105-142.

Piselli, F. (1995, a cura di), *Reti. L'analisi di network nelle scienze sociali*, Roma, Donzelli.

Robins, G. (2015), *Doing Social Network Research. Network-Based Research Design for Social Scientists*, Sage, London

Scott, J. (1991), *Social Network Analysis*, London, Sage.

Snijders, T.A.B. (2017), *Stochastic Actor-Oriented Models for Network Dynamics*, in «Annual Review of Statistics and Its Applications», 4, pp. 434-363.

Squazzoni, F. (2012), *Agent-Based Computational Sociology*, Chichester, Wiley.

Stadtfeld, C. e Amati, V. (2021), *Network Mechanisms and Network Models*, in G. Manzo (a cura di), *Research Handbook on Analytical Sociology*, Cheltenham, Elgar, pp. 432-452.

Thiele, J.C., Kurth, W.E. e Grimm, V. (2014). *Facilitating Parameter Estimation and Sensitivity Analysis of Agent-Based Models: A Cookbook Using NetLogo and 'R'*. «Journal of Artificial Societies and Social Simulation», 17, n. 3, 11.

White, H.C. (1970), *Matching, Vacancies, and Mobility*, in «Journal of Political Economy», 78, n. 1, pp. 97-105.