

DI COSA PARLIAMO QUANDO PARLIAMO DI RETI?

Mariangela Guidolin, Emanuele Aliverti
Università di Padova

GRAZIE A...



(Emanuele Aliverti)



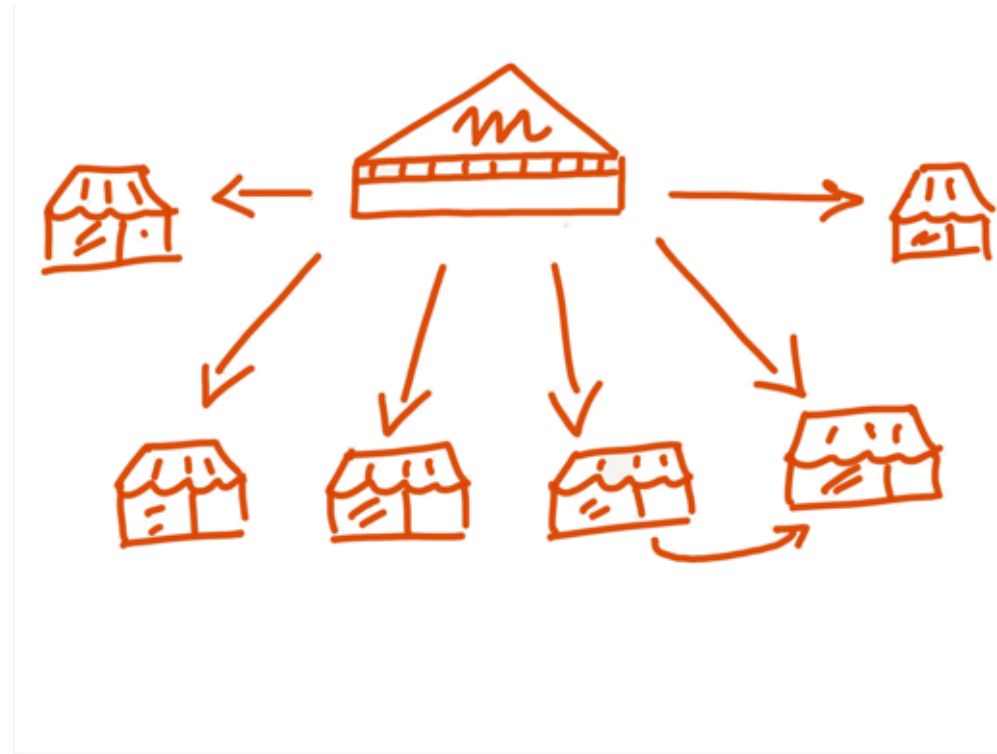
(Andrea Ragana)

DI COSA PARLIAMO...



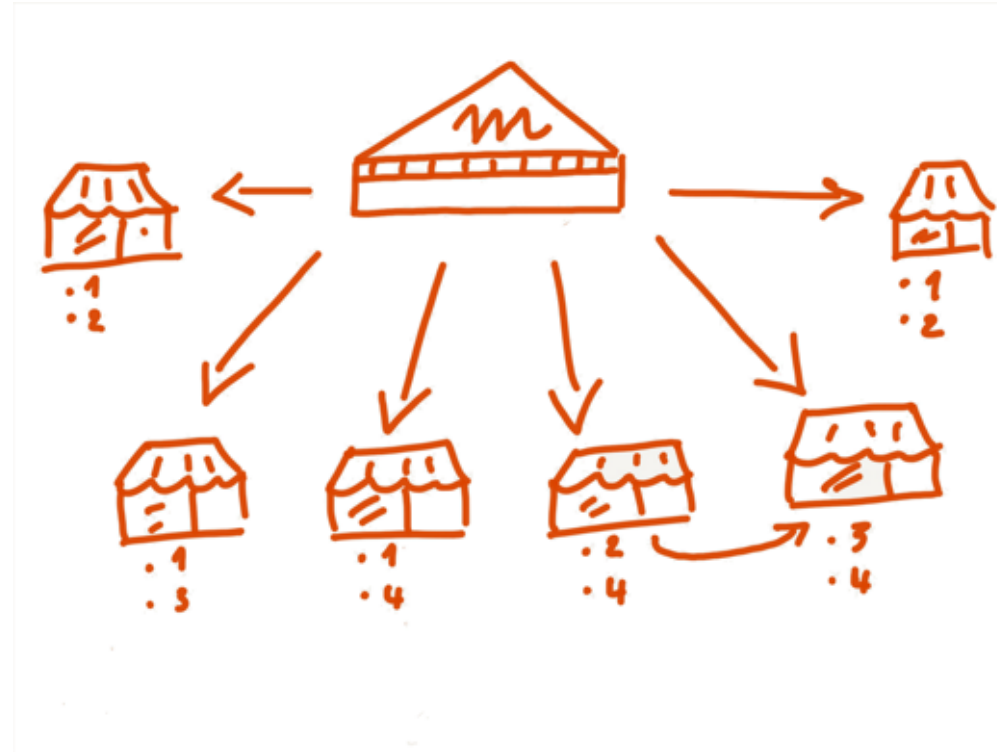
- Data science in azienda: pianificazione della domanda e allocazione strategica della merce nei vari punti vendita
- Azienda con molte linee di produzione e 'collezioni' (famiglie di prodotti)
- Diffusione internazionale, presente in diversi paesi

... QUANDO PARLIAMO ...



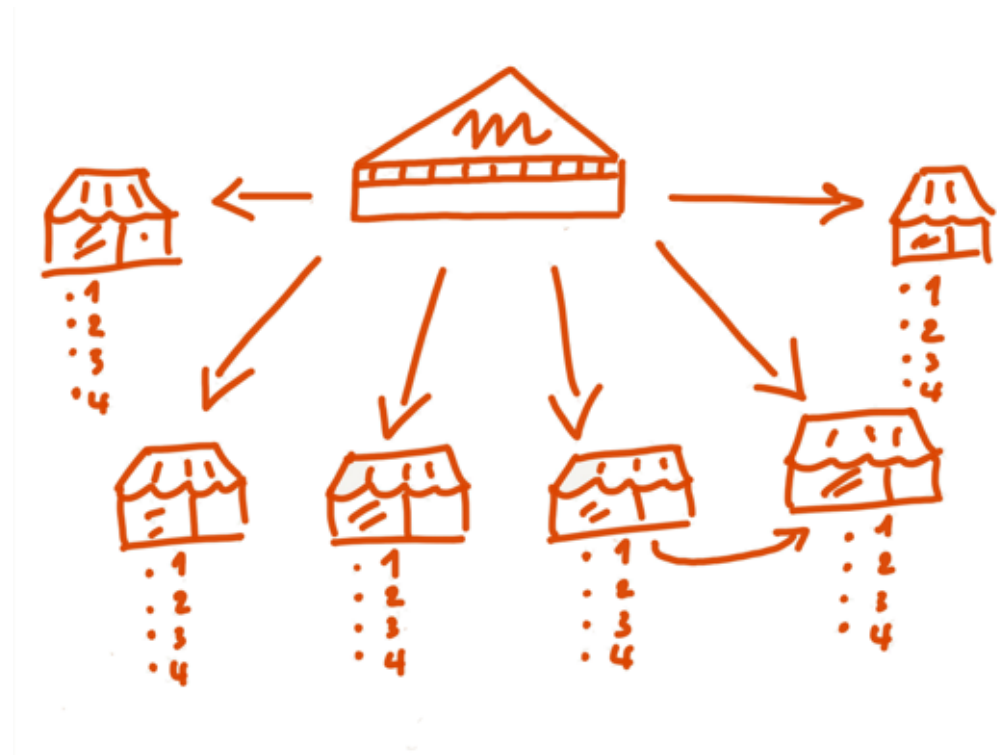
- Come vengono riforniti i negozi?
- Magazzini centrali che conservano quantità destinata a punti vendita
- Ma quando i magazzini terminano le scorte, la merce viene spedita da altri negozi che hanno un surplus di scorte

... QUANDO PARLIAMO ...



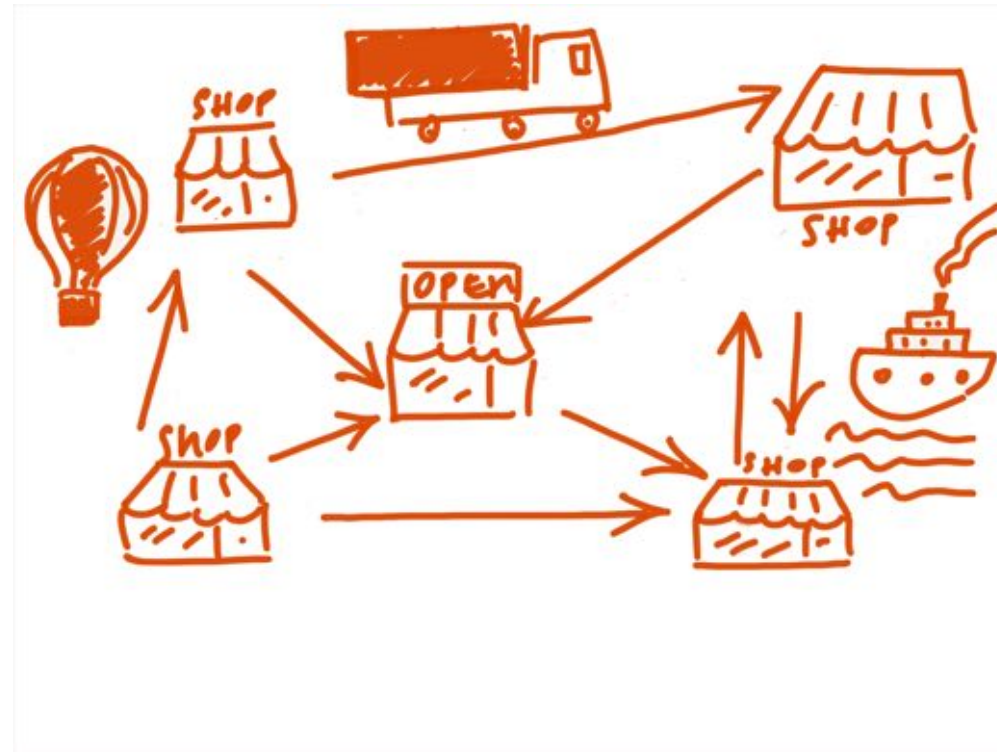
- Strategie di vendita
- Ogni negozio ha accesso solo ad alcune linee di prodotto

... QUANDO PARLIAMO ...



- A fine 2018 c'è stata una riorganizzazione delle strategie di vendita
- Tutti i negozi hanno accesso a tutte le linee di prodotto
- **Questa riorganizzazione ha avuto un impatto sulla logistica?**

... DI RETI?



UNA FOTO AI DATI...

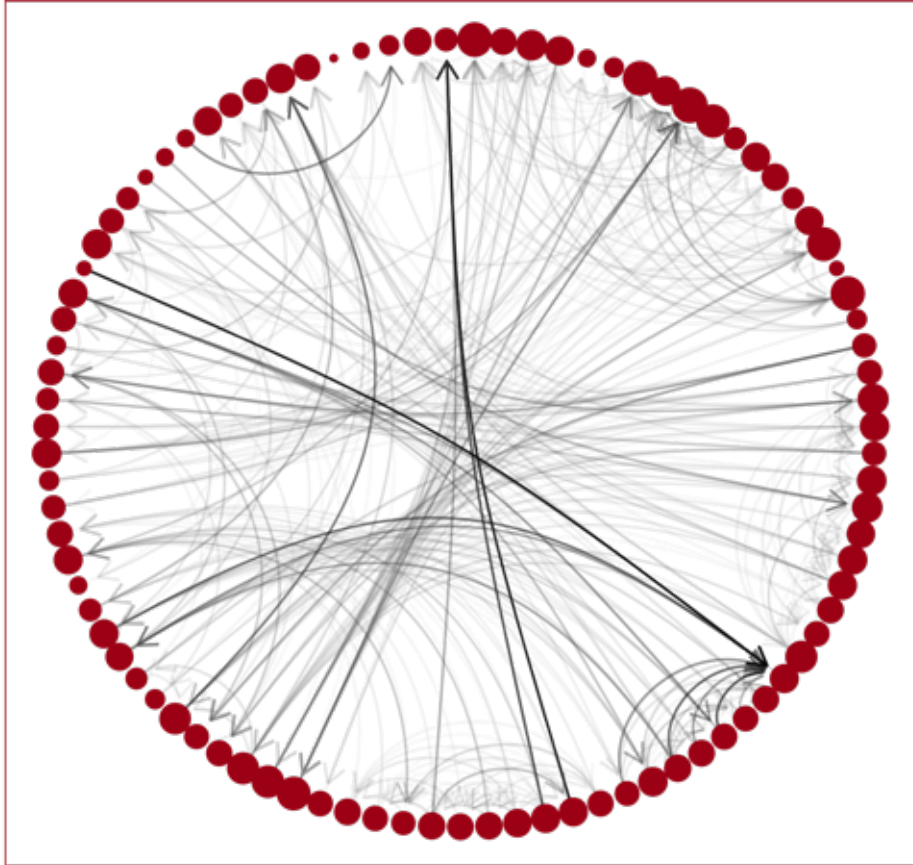
- Rete degli scambi di merce



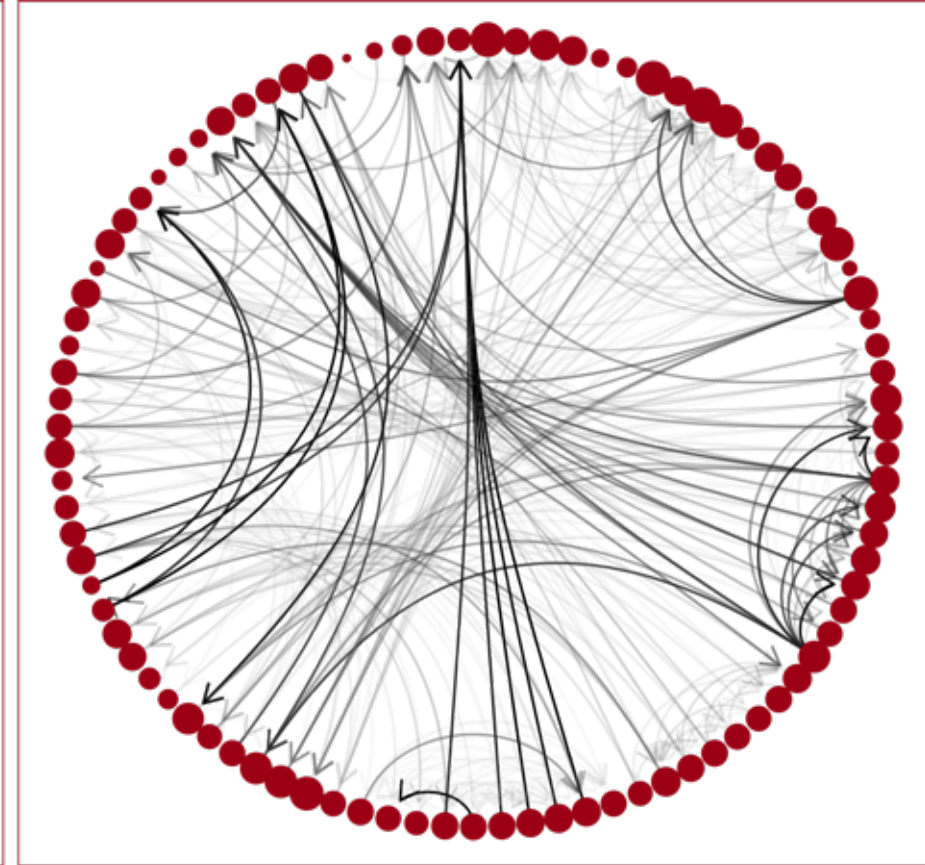
UNA FOTO AI DATI...

- Rete degli scambi di merce in due istanti temporali

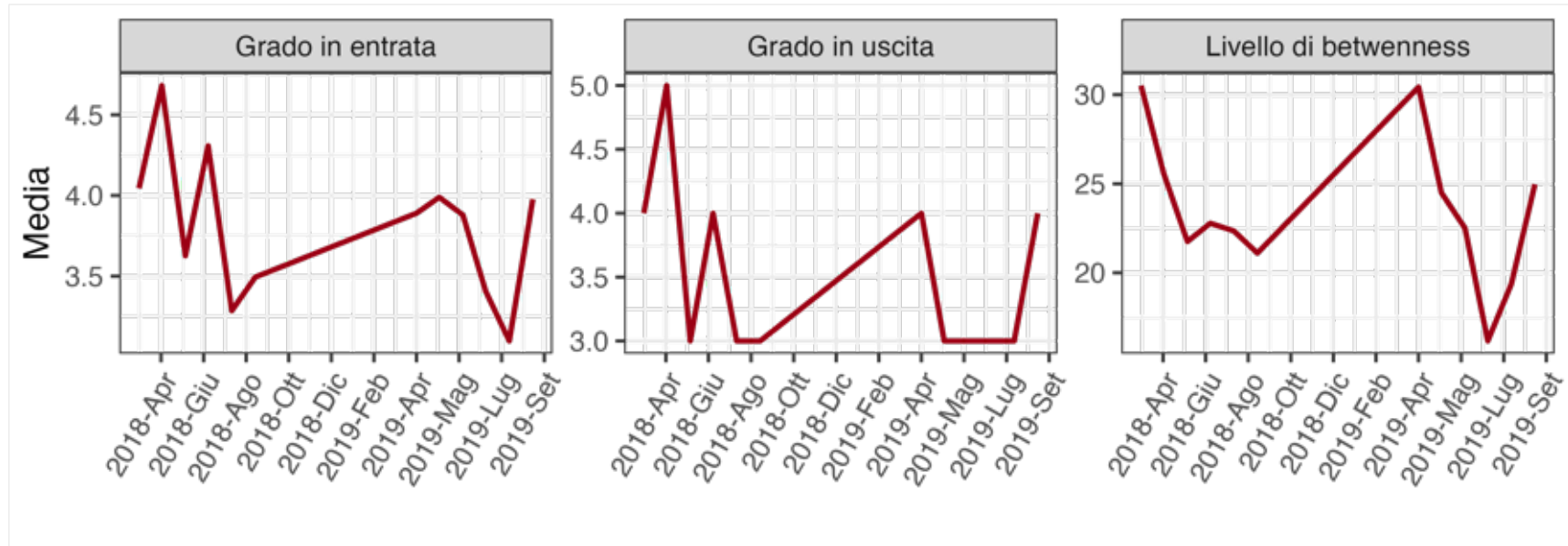
Aprile-2018

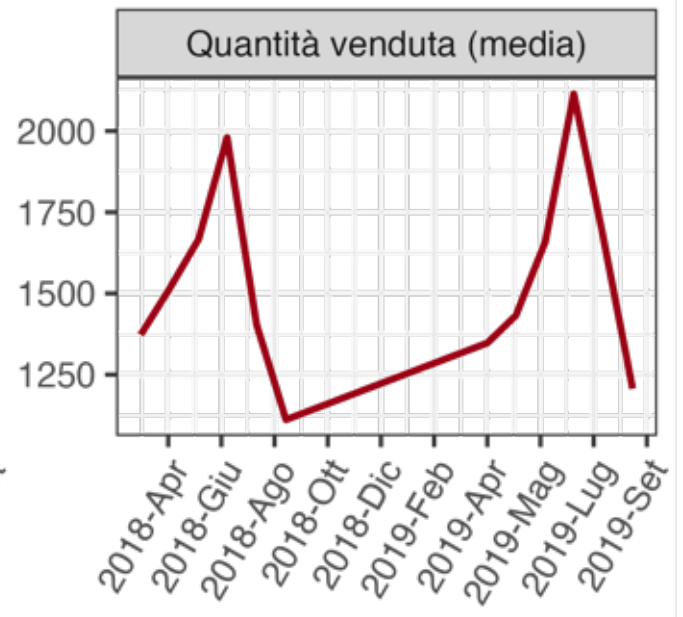
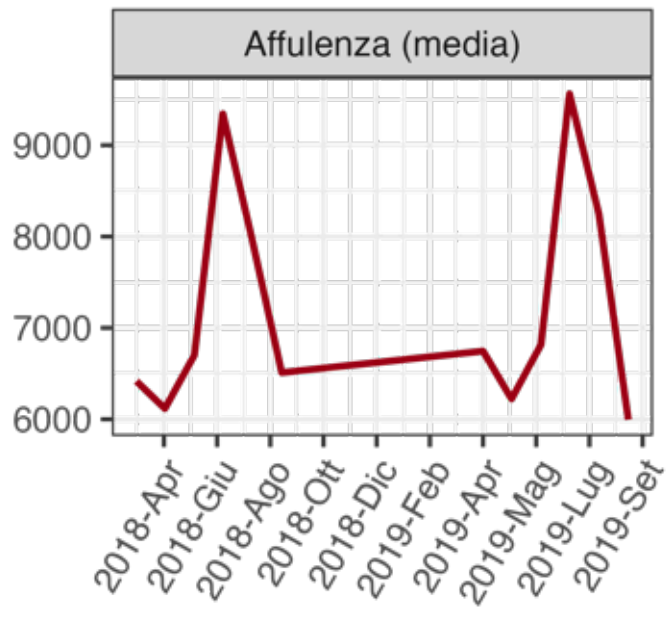


Settembre-2019



UNO ZOOM SUI DATI





MODELLO PER RETI

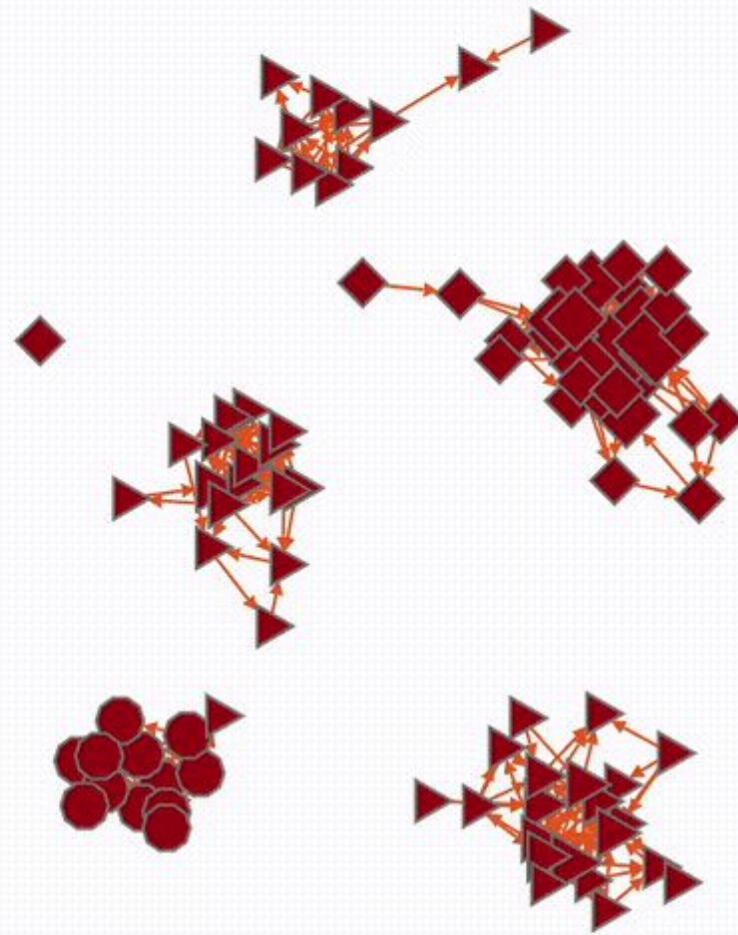
Possiamo formalizzare

$$y_{ij} = \mu + a_i + b_j + x_i\beta_m + x_j\beta_r + \varepsilon_{ij}$$

- a_i effetto del negozio i come mittente (export)
- b_j effetto del negozio j come ricevente (import)
- $[x_i, x_j]$ covariate del nodo mittente i /ricevente j
- $[\beta_m, \beta_r]$ effetto delle covariate mittente/ricevente

UN FILM SUI DATI

Ma abbiamo una rete per ogni mese



t=0-1

MODELLO PER RETI

- Dovremmo adattare 16 modelli di rete, **poco chiaro**
- Alternativa: un modello per ogni mittente e per ogni ricevente? $91 \times 91 = 8281$ modelli univariati? Troppi, **molta incertezza**
- Alternativa: Un solo modello multivariato? Dimensione 8281, **troppo oneroso** (un semplice VAR(1) avrebbe più di 10^7 parameteri)

POSSIBILI SOLUZIONI?

- Possiamo studiare l'evoluzione nel tempo della rete con un unico modello?
- **Modelli statistici per reti dinamiche**
- $y_{ij}(t)$ trasferimenti di merce dal negozio i al negozio j ($i, j \in \{1, \dots, 91\}$ negozi) nel mese t , $t = 1, \dots, 16$ mesi \rightarrow rete dinamica

$$y_{ij}(t) = \mu(t) + a_i(t) + b_j(t) + x_i(t)\beta_m + x_j(t)\beta_r + \varepsilon(t)$$

- $a_i(t)$ misura la dinamica temporale della propensione di ogni store ad **inviare** merce fuori, al netto dell'affluenza e delle vendite
- $b_j(t)$ misura la dinamica temporale della propensione di ogni store a **richiedere** merce, al netto dell'affluenza e delle vendite
- $[\beta_m, \beta_r]$ effetto delle esplicative: aumento dell'affluenza e vendite

MODELLO PER RETI DINAMICHE

- Il modello

$$y_{ij}(t) = \mu(t) + a_i(t) + b_j(t) + x_i(t)\beta_m + x_j(t)\beta_r + \varepsilon(t)$$

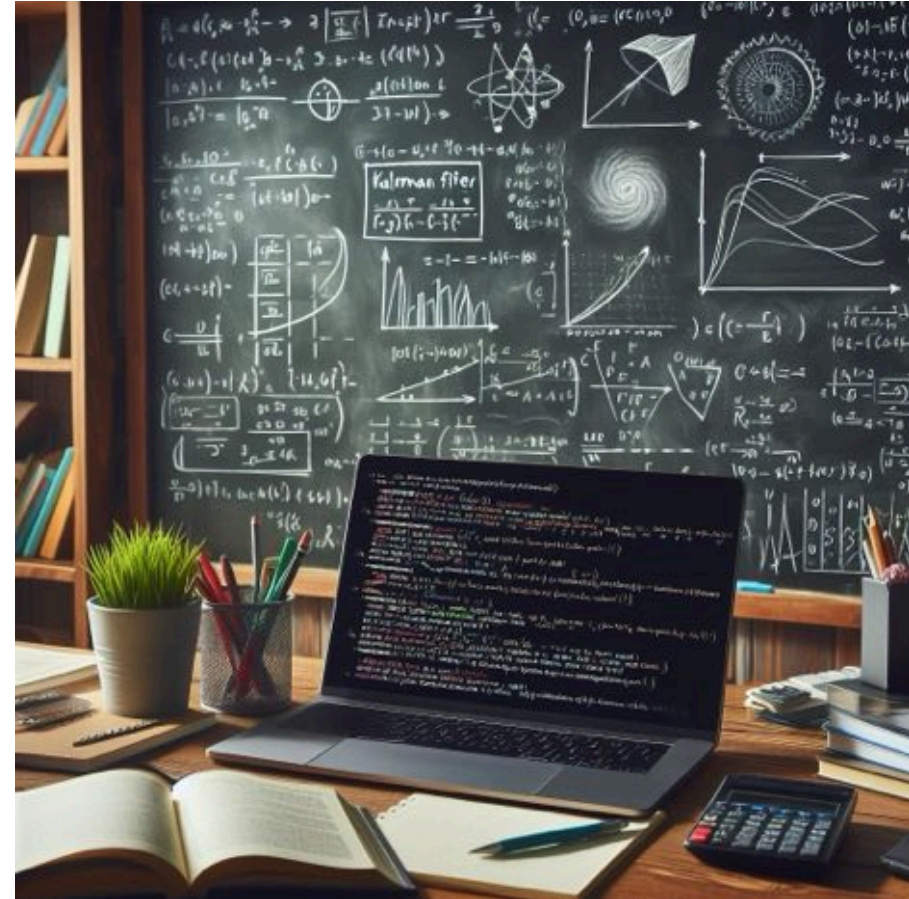
- Con dinamica temporale

$$\begin{bmatrix} a_1(t) \\ \vdots \\ a_n(t) \end{bmatrix} = G_a \begin{bmatrix} a_1(t-1) \\ \vdots \\ a_n(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \eta_{a_1}(t) \\ \vdots \\ \eta_{a_n}(t) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_1(t) \\ \vdots \\ b_n(t) \end{bmatrix} = G_b \begin{bmatrix} b_1(t-1) \\ \vdots \\ b_n(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \eta_{b_1}(t) \\ \vdots \\ \eta_{b_n}(t) \end{bmatrix}$$

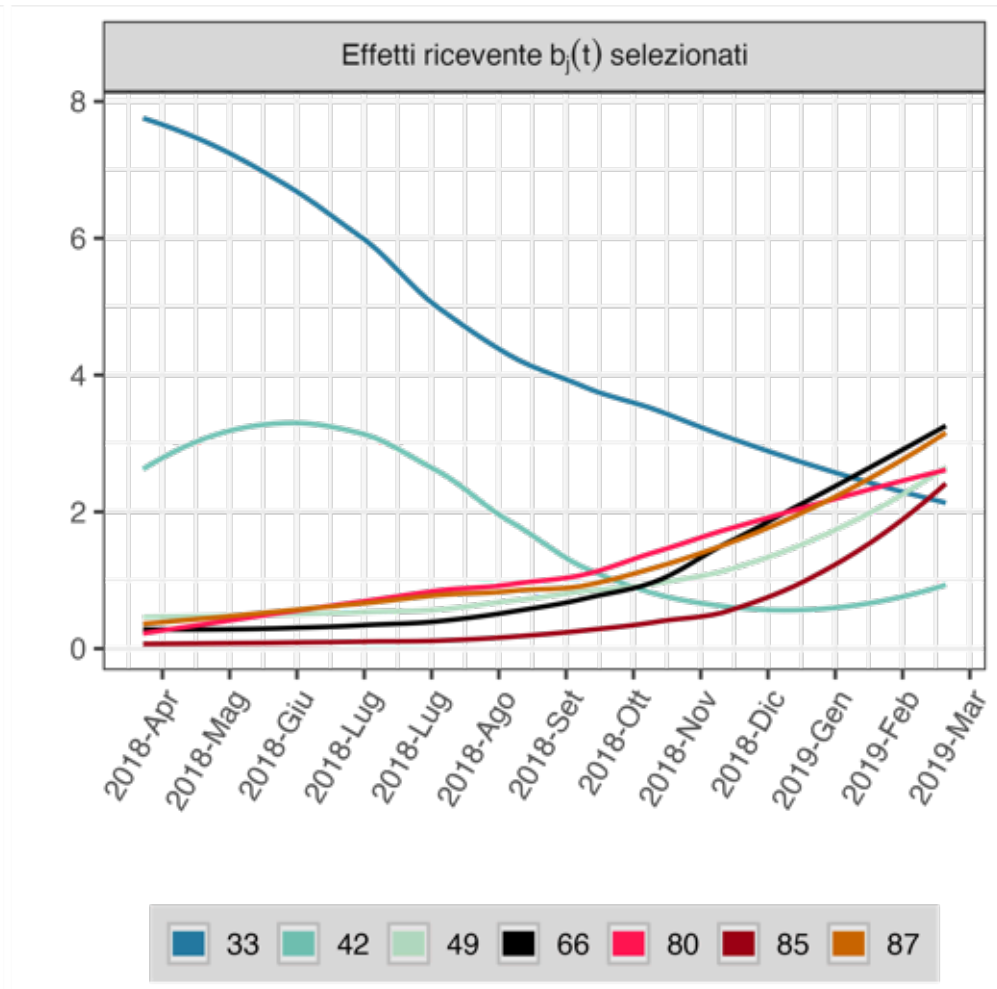
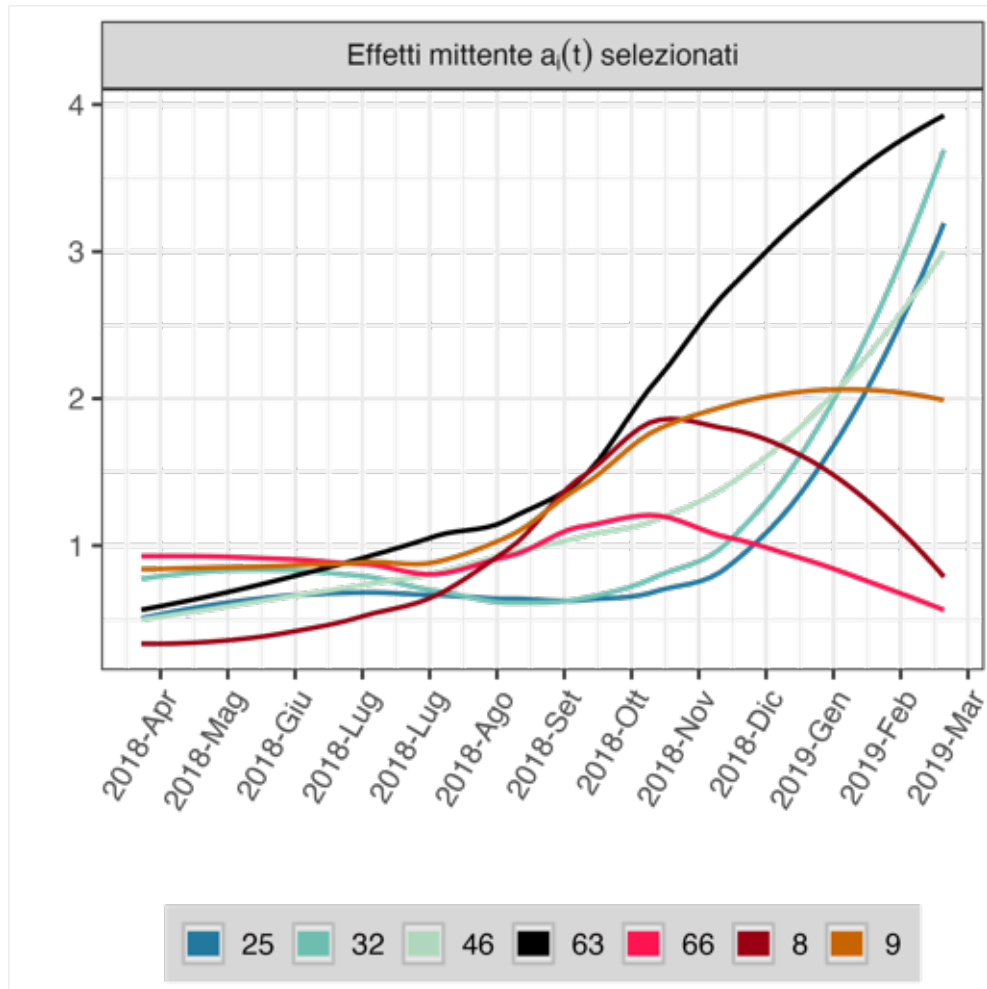
SUL MODELLO

- Rappresentazione del modello per reti in forma **state space**
- Aggiornamento dinamico degli effetti mensili $a_i(t), b_j(t)$ tramite filtro di Kalman per reti
- Stima dei parametri, filtraggio e liscciamento ≈ 20 minuti

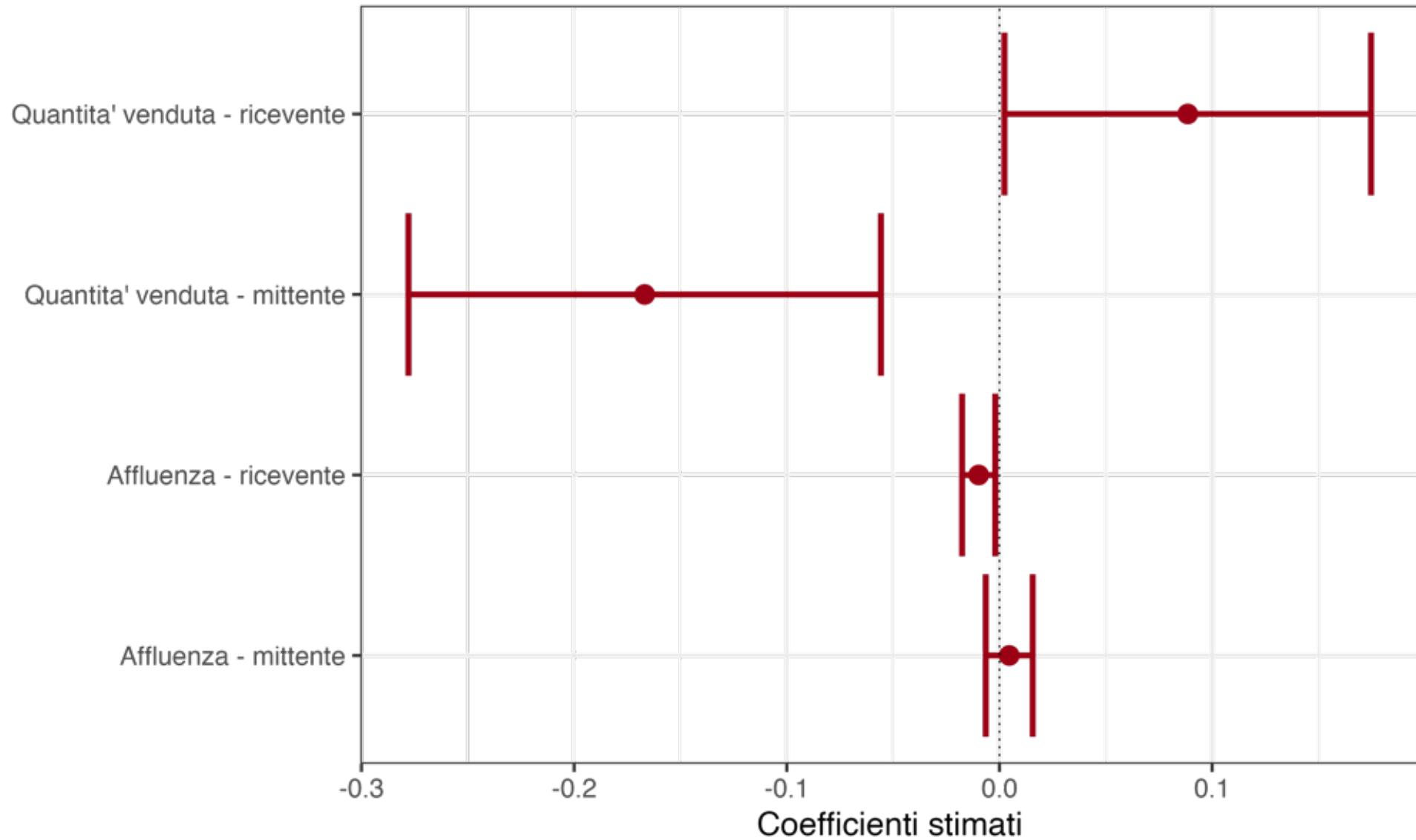


Creato con DALL·E 3

RISULTATI PRINCIPALI



RISULTATI PRINCIPALI



OSSIA

- Variabile Risposta: “media” di scambi da i verso j
- Effetto **positivo** della quantità di merce venduta da j : vende tanto, chiede tanto
- Effetto **negativo** della quantità di merce venduta da i : vende tanto, non riesce ad inviare merce fuori
- Effetto **negativo** dell'affluenza di j : se ha tanti clienti, meno propenso a chiedere. Probabilmente dovuto ad una migliore pianificazione
- Effetto **non significativo** per l'affluenza del mittente



creato con DALL-E 3

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI?

- Semplici statistiche descrittive non permettevano di cogliere i cambiamenti sottostanti
- la rete di scambi si è evoluta, ma in modo non banale. Un modello statistico ci permette di quantificare questi cambiamenti
- Il modello permette anche di fare *forecast* in modo semplice: cosa succederà tra 1 mese, 2 mesi etc? Utile per pianificare

GRAZIE PER L'ATTENZIONE