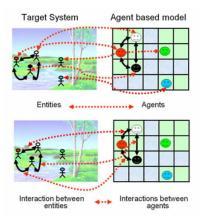
Pietro Terna¹ Stefano Terna²

¹Universita' di Torino (in pensione); F. Collegio Carlo Alberto, Torino, H. Fellow ²PhD; tomorrowdata.io

Circolo Subalpino – 8 febbraio 2022

Introduzione: modelli con agenti



From M. Galán, L.R. Izquierdo, S.S. Izquierdo, J.I. Santos, R. del Olmo, A. López-Paredes, B. Edmonds: Errors and artefacts in agent-based modelling. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12 (1):1, 2009. ISSN 1460-7425.

http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/1/1.html

Modelli basati su agenti



G. Pescarmona, P. Terna, A. Acquadro, P. Pescarmona, G. Russo, E. Sulis, and S. Terna. An Agent-Based Model of COVID-19 Diffusion to Plan and Evaluate Intervention Policies, 2021. https://arxiv.org/abs/2108.08885.

Descrizione

- Un modello microfondato con agenti che interagiscono, seguendo regole comportamentali plausibili in un mondo dove l'epidemia di Covid-19 sta influenzando le azioni di tutti.
- Il modello opera con:
 - i agenti infetti classificati come sintomatici o asintomatici e
 - ii luoghi di contagio specificati in modo dettagliato, grazie alle capacità dei modelli basati sugli agenti.
- La trasmissione dell'infezione è collegata a tre fattori: le caratteristiche della persona infetta e quelle della persona suscettibile, più quelle dello spazio in cui avviene il contatto.

- i tempi diversi nell'adozione delle misure di contenimento non farmaceutiche;
- ii strategie alternative incentrate esclusivamente sulla difesa delle persone fragili.
- Il modello genera dinamiche epidemiche complesse, che emergono dalle conseguenze delle azioni e delle interazioni degli agenti, con un'alta variabilità nei risultati, ma spesso con una riproduzione sorprendentemente realistica delle ondate di contagio.
- Teniamo conto della variabilità dei percorsi epidemici all'interno di ogni simulazione, con lotti di 10.000 casi per ogni esperimento.

- Poiché gli agenti possono essere Suscettibili, Infetti, sintomatici, asintomatici e Recuperati, il nome del modello è S.I.s.a.R., con le lettere maiuscole che ricordano lo schema S.I.R.
- Usiamo lo strumento NetLogo (https://ccl.northwestern.edu/netlogo/).
- Il modello include i dati strutturali del Piemonte, ma possiamo facilmente calibrarlo per altre aree. La simulazione segue un calendario realistico con le decisioni del governo nazionale o locale.

- 1 : 1000, per una popolazione di 4.350.000 persone.
- Case.
- Scuole.
- Ospedali.
- RSA.
- Luoghi di lavoro.

Il nostro mondo in 3D

Modelli basati su agenti



Figure 1: Il mondo in 3D

Casi

- Vedremo delle figure denominate *mappe di calore*.
- Una mappa di calore riporta la durata di ogni epidemia simulata sull'asse x e il numero di agenti sintomatici, asintomatici e deceduti sull'asse y. L'asse z è rappresentato dai colori, indicati nella scala (logaritmica) a destra di ogni immagine.
- In ogni figura, 10.000 simulazoni.

10.000 epidemie senza controllo in Piemontet

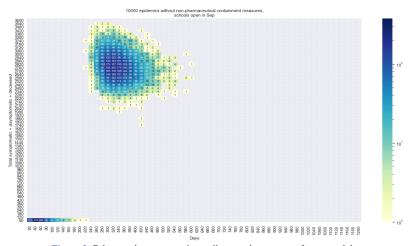


Figure 2: Prima ondata senza misure di contenimento non farmaceutiche

10.000 epidemia con controllo di base in Piemonte

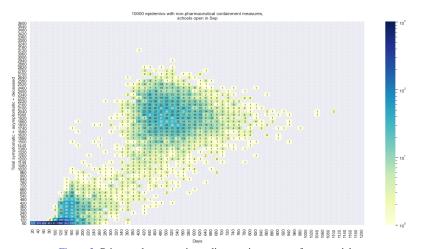


Figure 3: Prima ondata con misure di contenimento non farmaceutiche

Punti chiave nell'estate e nell'autunno 2020

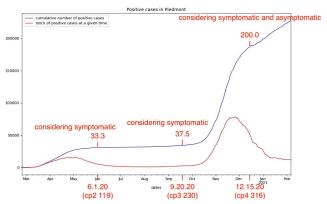
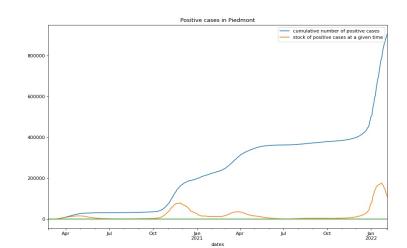
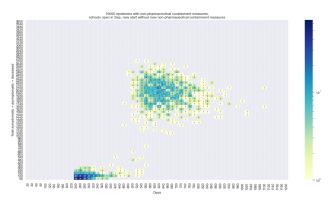


Figure 4: Punti chiave della dinamica epidemica nell'estate e nell'autunno 2020

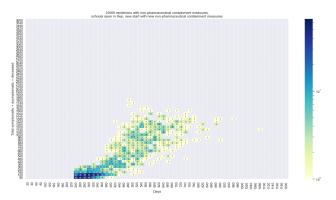
Casi





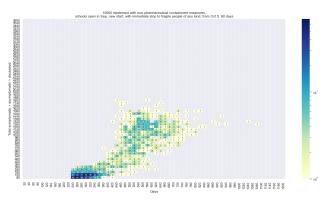
| (1000) | Jun 1, 20 | | Sep 9, 20 | | Dec 15, 20 | | Feb 1, 21 | | May 1, 21 | | Dec 15, 20 to end | |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|----------------|
| cum. v. | sym. | all | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. days |
| media | 35.6 | 72.7 | 40.0 | 84.1 | 180.4 | 462.1 | 354.1 | 900.4 | 623.8 | 1563.3 | 726.6 | 1810.9 620.9 |

Prima ondata con misure di contenimento non farmaceutiche, seconda ondata con nuove misura specifiche



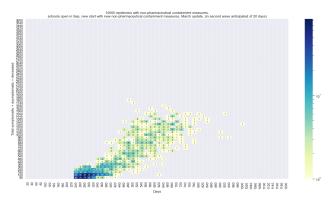
| (1000) | Jun 1, 20 | | Sep 9, 20 | | Dec 15, 20 | | Feb 1, 21 | | May 1, 21 | | Dec 15, 20 to end | | nd |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|------------|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------------|-----------|-------|
| cum. v. | sym. | all | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf | sympt. | totalInf. | days |
| media | 35.6 | 72.7 | 40.0 | 84.1 | 130.0 | 340 .6 | 194.4 | 512.8 | 295.7 | 791.2 | 252.7 | 666.4 | 494.1 |

Stessa situazione, ma limitando il nuovo lockdown alle persone a rischio, per 60 giorni dal 5 ottobre 2020



| (1000) | Jun 1, 20 | | · · · F · · / | | Dec 15, 20 | | , | | | | Dec 15, 20 to end | | |
|--------|-----------|------|---------------|-----------|------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|-------------------|-----------|-------|
| | sym. | all | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | days |
| media | 35.6 | 72.7 | 40.0 | 84.1 | 128.1 | 326.3 | 211.0 | 555.1 | 323.3 | 862.1 | 301.1 | 792.3 | 515.5 |

Stessa situazione, ma con tutte le misure specifiche per la seconda ondata anticipate di 20 giorni



| (1000) | Jun 1, 20 | | Sep 9, 20 | | Dec 15, 20 | | Feb 1, 21 | | May 1, 21 | | Dec 15, 20 to end | | nd |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-------|
| cum. v. | sym. | all | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | sympt. | totalInf. | days |
| media | 35.6 | 72.7 | 40.0 | 84.1 | 112.2 | 294.2 | 172.0 | 467.9 | 276.5 | 748.6 | 248.9 | 663.4 | 499.3 |

Un caso realistico, dinamica senza vaccinazioni

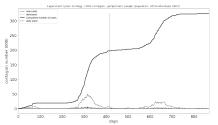
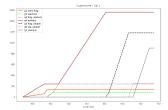


Figure 6: Serie sintomatici di base; la linea verticale al giorno 413 non è rilevante qui

Dinamica con la migliore strategia GA, i vaccinati diffondono l'infezione



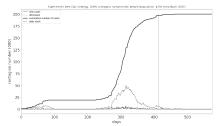


Figure 7: La linea verticale al giorno 413 indica l'inizio delle vaccinazioni

