

TuCoSim

Valutazione delle Policy di Riapertura
nella Città di Torino Utilizzando un
Modello di Simulazione ad Agenti

Amedeo Racanati, Pio Raffaele Fina





Contesto ed Obiettivi

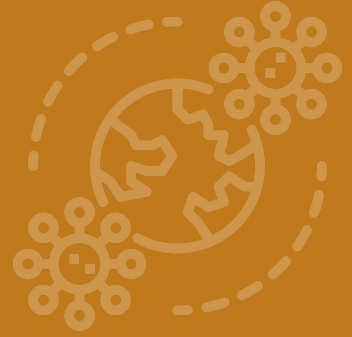
Il presente caso di studio si basa sul [report](#) redatto il 22 aprile dal comitato tecnico scientifico.

Il report, utilizzando un modello SIR stocastico, analizza la diffusione epidemica su [scala nazionale](#) per differenti scenari di rilascio delle misure di lockdown.

Di seguito ci siamo posti l'obiettivo di:

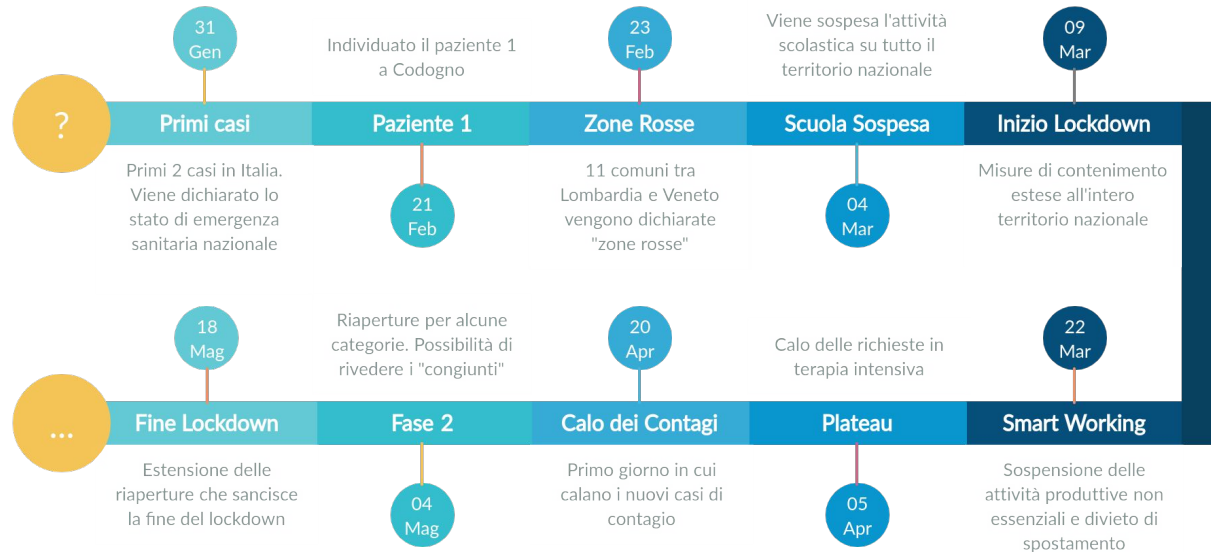
- Creare un modello epidemiologico per simulare la diffusione del virus in base a differenti scenari di riapertura post-lockdown.
- Effettuare un'analisi what-if con il paradigma ABS.

Il nostro modello, le relative assunzioni ed i dati utilizzati fanno riferimento alla popolazione di Torino, portando a risultati quantitativamente differenti rispetto a quelli del report.



Epidemiologia 101: Covid19

Timeline in Italia



fonte: <https://lab24.ilsole24ore.com/storia-coronavirus/>



Dinamiche

- La diffusione del virus avviene principalmente per contatti umano-umano indipendentemente dall'età o condizioni pregresse [1][2].
- Si crede che la malattia sia infettiva anche durante il periodo d'incubazione [1], seppur con minore intensità.
- Il periodo d'incubazione varia notevolmente, solitamente dai 3-7 giorni, ad un massimo di 14 [1].
- La maggiore vulnerabilità a casi critici/letali dipende principalmente dalla presenza di malattie croniche pregresse e dall'età [3].



[1] <https://doi.org/10.1007/s40484-020-0199-0>

[2] <https://doi.org/10.1183/13993003.00398-2020>

[3] <https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/sars-cov-2-decessi-italia>



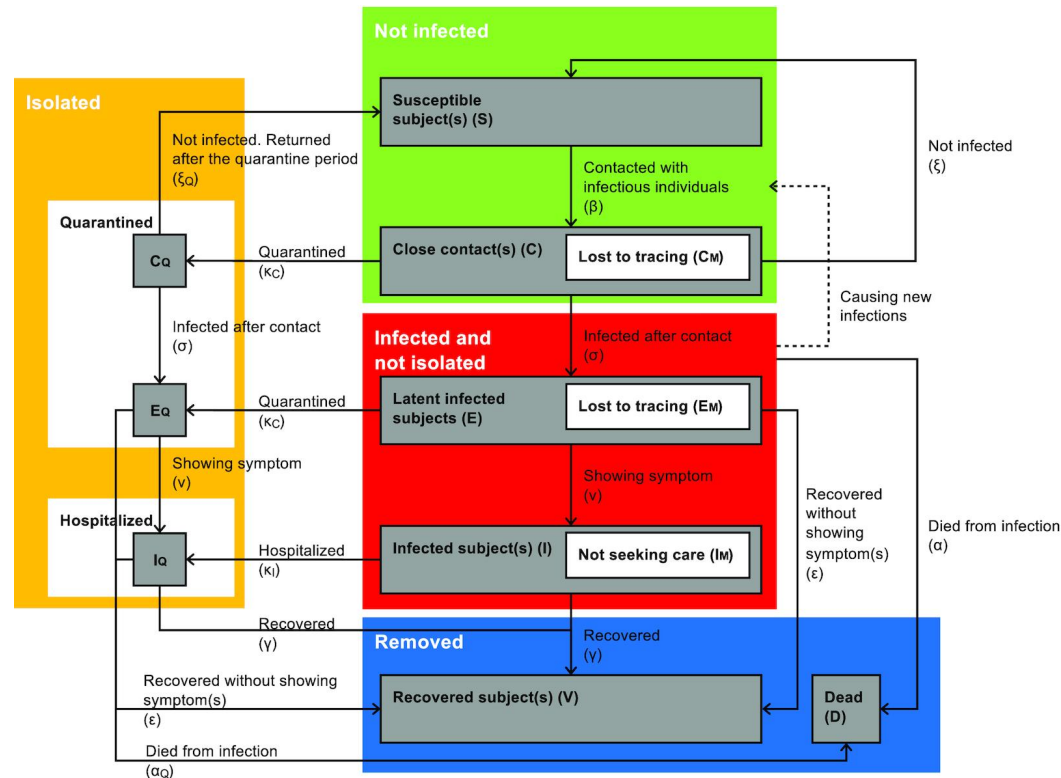
Modelli epidemiologici e Covid19

- Limitazioni => no SIR
- Incertezza sull'acquisizione dell'immunità permanente => no SI*S
- Infezioni durante il periodo di incubazione => no SEI*

Scelta finale: SQIR models family

Modello SQIR

- Modello Epidemiologico a 4 comparti (semplificato) basato su [1].
- 4 dinamiche “catturate” dal modello:
 - isolamento
 - infezione latente
 - ospedalizzazione
 - tracciamento dei contatti (in forma limitata)
- Dinamiche non catturate:
 - sistemi di sorveglianza e lag di notifica



[1] <https://doi.org/10.1093/pcomedi/pbaa018>

Modellazione della popolazione





Popolazione

La popolazione consta di 50 mila agenti e rappresenta gli abitanti della città di Torino. La proporzione agenti-abitanti è 1:18

Per strutturare la popolazione in modo **eterogeneo**, si seguono particolari distribuzioni in merito a:

- Numero di persone in ciascuna fascia d'età.
- Numero di addetti per ciascun settore lavorativo (essenziale, sanitario, ristorazione, manifattura, edile e commercio).
- Grado di connettività di ciascun agente in base alla propria fascia d'età.

Si assume che nell'orizzonte temporale considerato (<1 anno) la popolazione non subisce **variazioni demografiche** (nessuna nuova nascita/decesso, così come nessuna emigrazione/immigrazione). Dunque questa dinamica non viene modellata.



Descrizione Agente

Un agente rappresenta una **singola persona** possedente determinate caratteristiche:

- Età
- Mansione lavorativa
- Suscettibilità al virus (dipendente dall'età)
- Grado di adozione delle misure di prevenzione*
- Numero medio di contatti in ambito familiare, lavorativo, scolastico, ecc...
- Sviluppo dell'infezione
- Mobilità

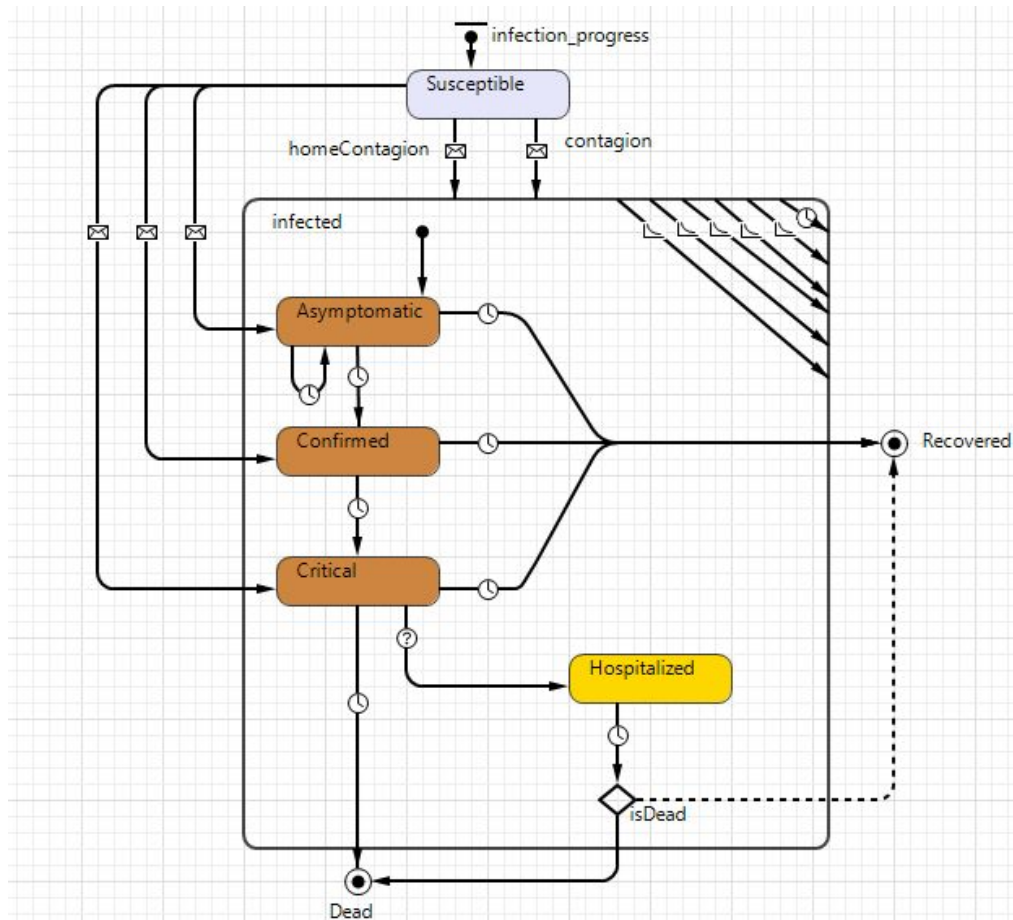
* s'intende distanziamento sociale e utilizzo di dispositivi di protezione.



Descrizione Agente - Stato infezione

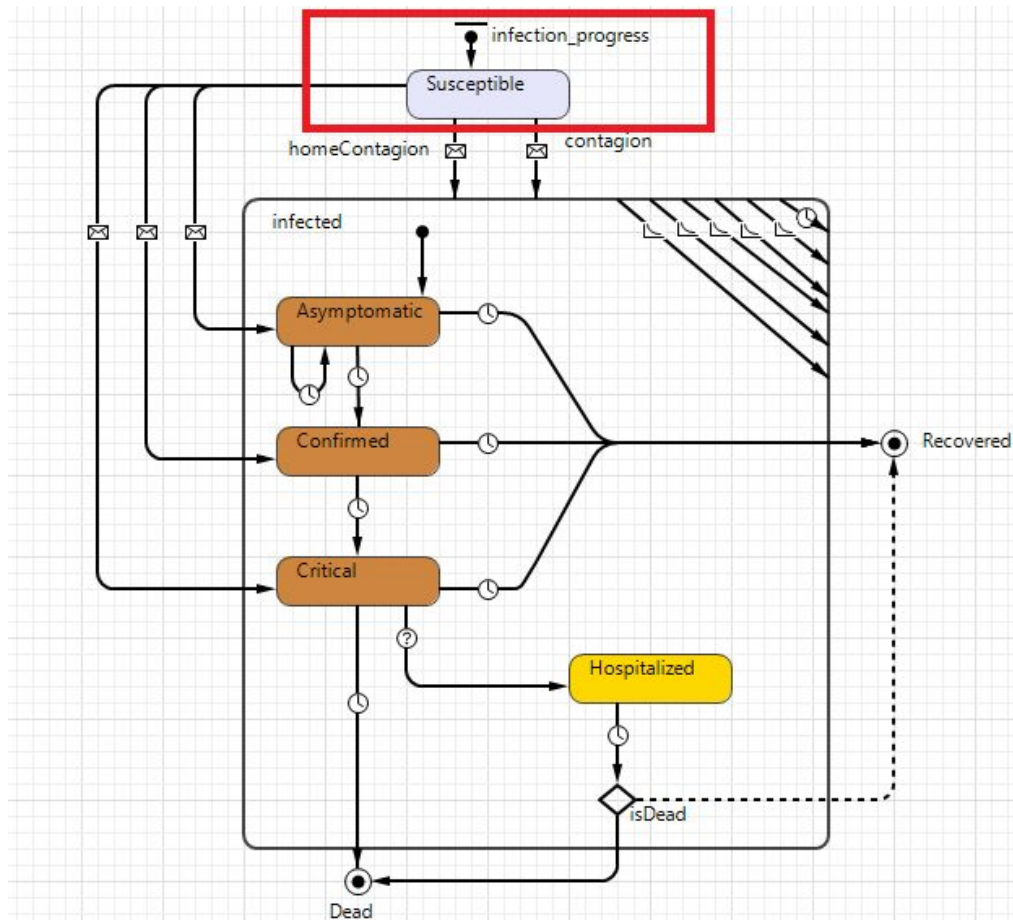
Lo statechart *infection_progress* modella lo stato di avanzamento dell'infezione.

Ogni stato rappresenta una determinata fase di sviluppo del virus.



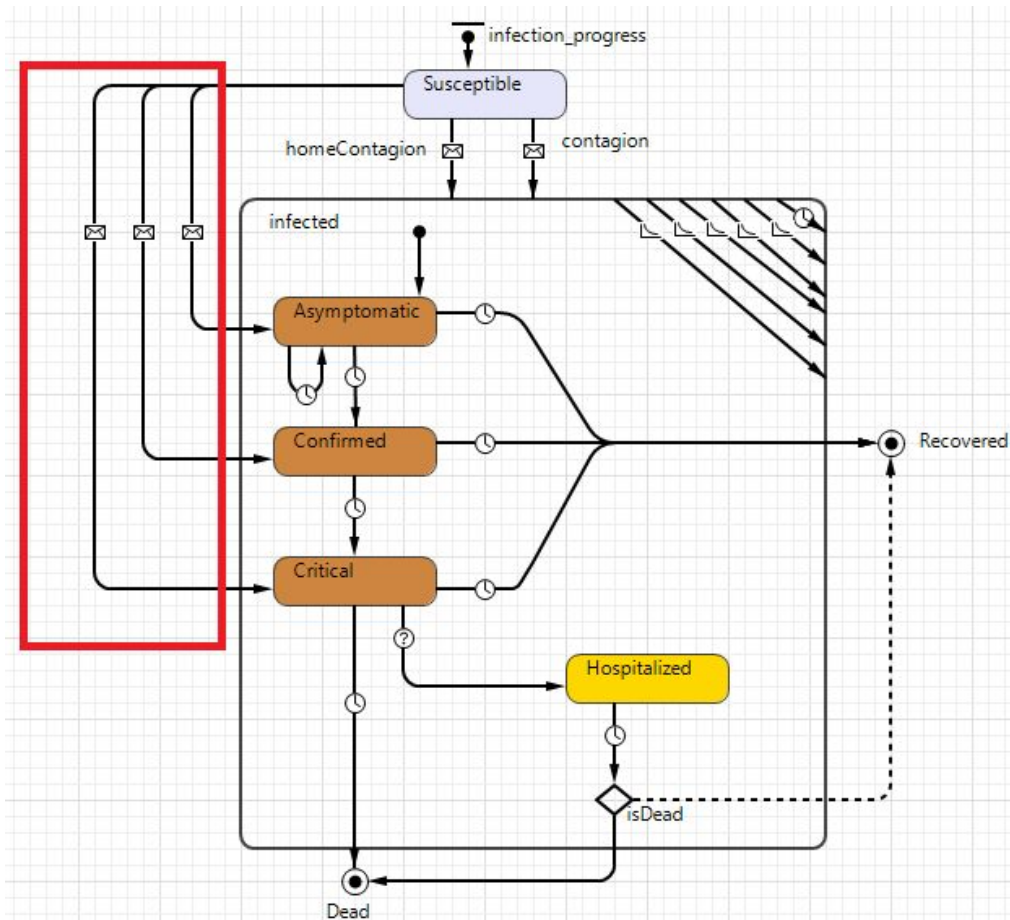
Descrizione Agente - Stato infezione

Ogni persona inizialmente è suscettibile al virus...



Descrizione Agente - Stato infezione

... anche se qualcuno parte già infetto dal giorno zero

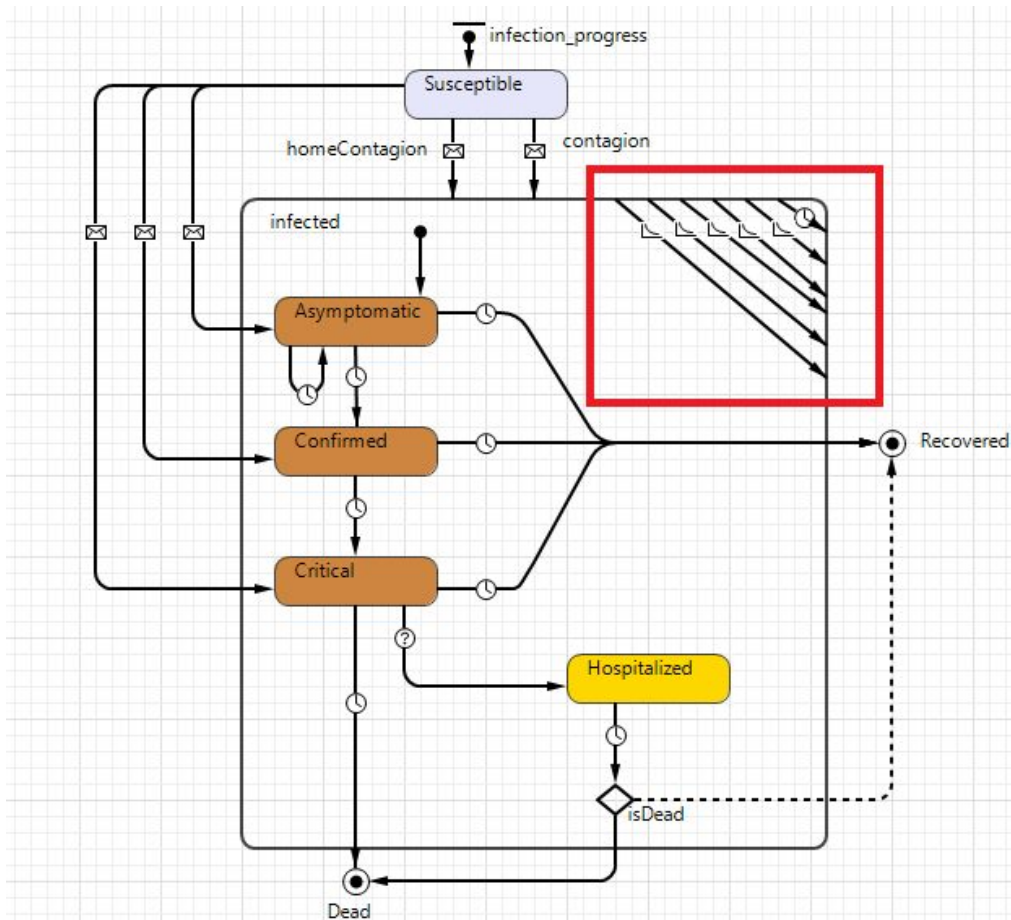


Descrizione Agente - Stato infezione

Le persone infette inviano ciclicamente dei messaggi per sei contesti differenti, nei quali è possibile venire in contatto con altre persone:

- Casa
- Scuola
- Lavoro
- Trasporti
- Tempo libero
- Altre attività

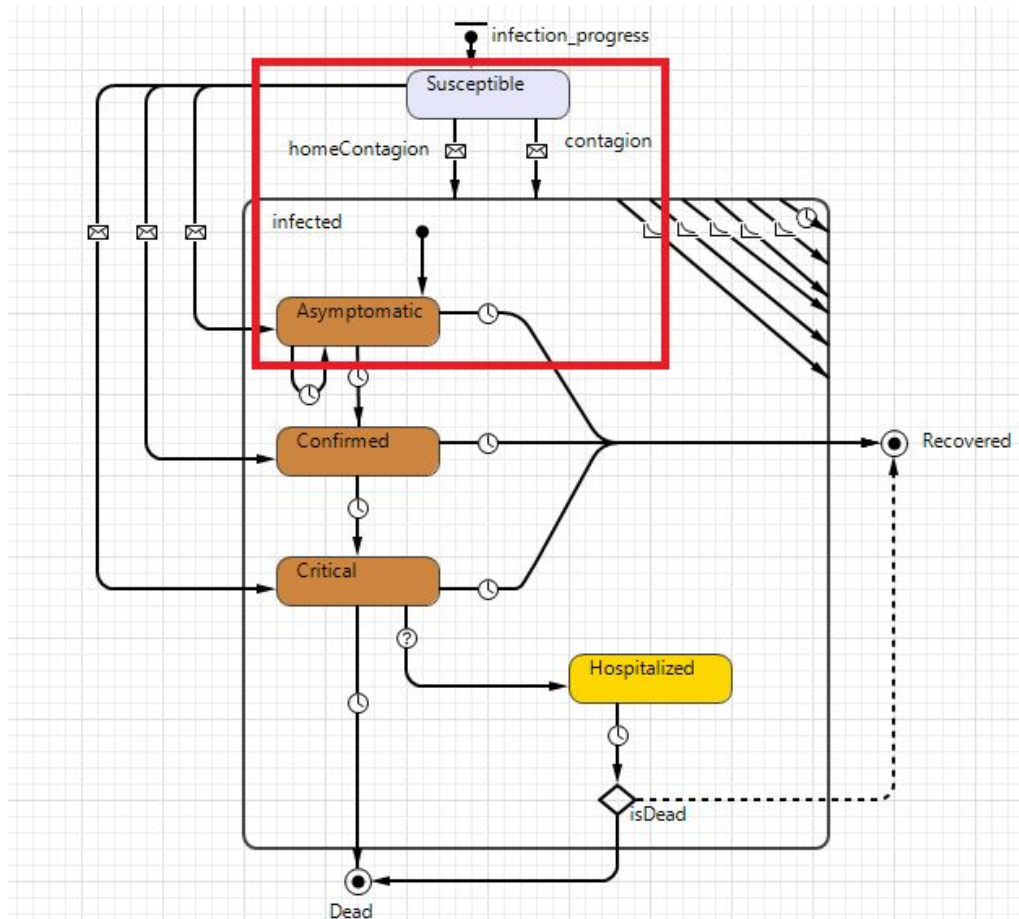
L'invio dei messaggi è condizionato dalla trasmissibilità del virus stesso



Descrizione Agente - Stato infezione

La persona suscettibile che riceve un messaggio da un infetto, potrebbe contrarre il virus

La probabilità di contrarre il virus è condizionata dall'adozione delle **misure di prevenzione** e dallo **stato di mobilità**.

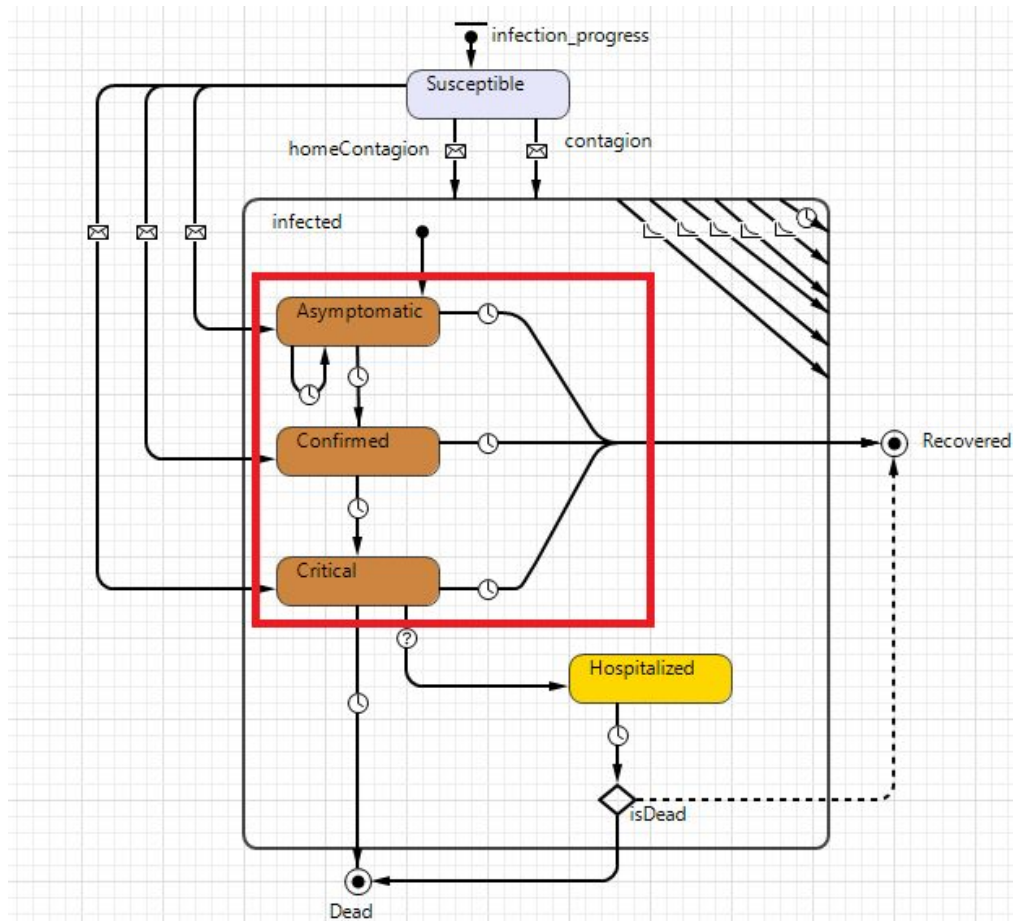


Descrizione Agente - Stato infezione

Una volta che la persona diventa asintomatica, il virus ha un **periodo di incubazione** medio di 5 giorni.

La persona potrebbe guarire senza particolari problemi, ma se la situazione peggiora si presentano i sintomi dell'infezione: ciò dipende dal suo grado di **suscettibilità**

Qualora la situazione dovrebbe peggiorare ulteriormente, la persona necessiterà di un posto letto in **terapia intensiva**.

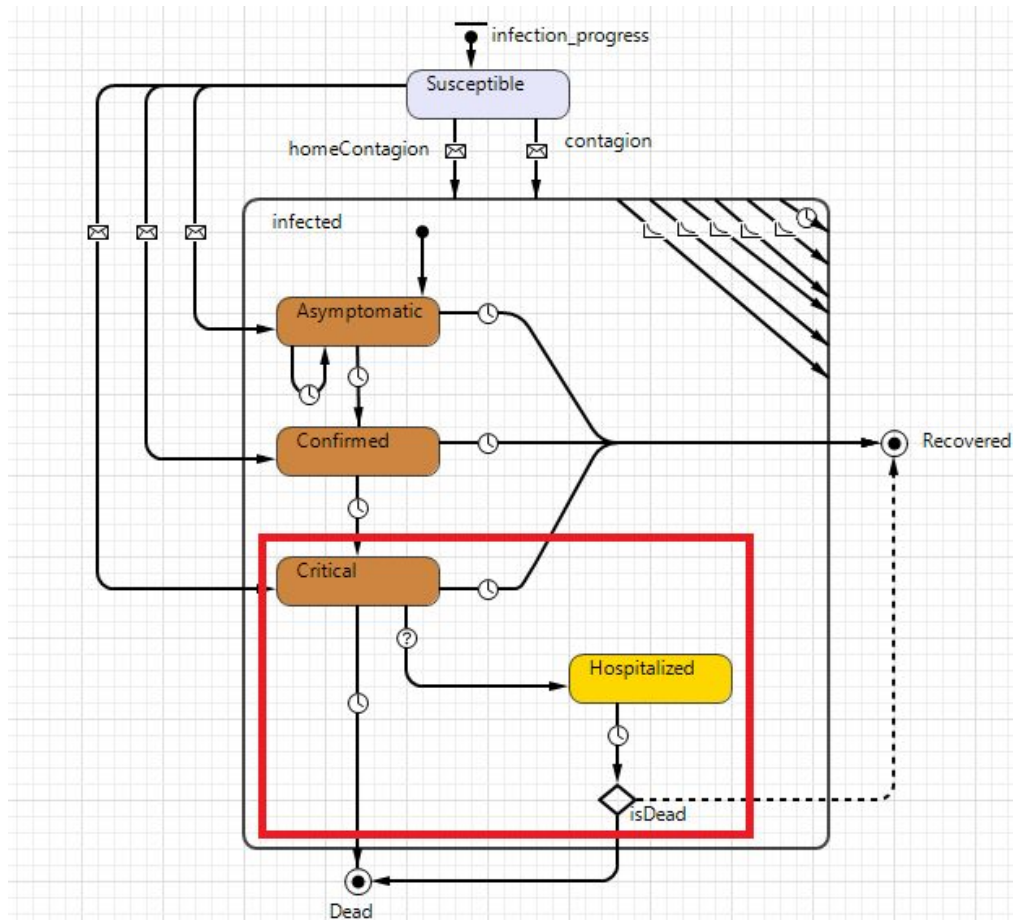


Descrizione Agente - Stato infezione

Una persona che diventa un caso critico, necessita di un posto letto.

Se il posto letto è disponibile, allora il paziente avrà maggiori chance di salvarsi.

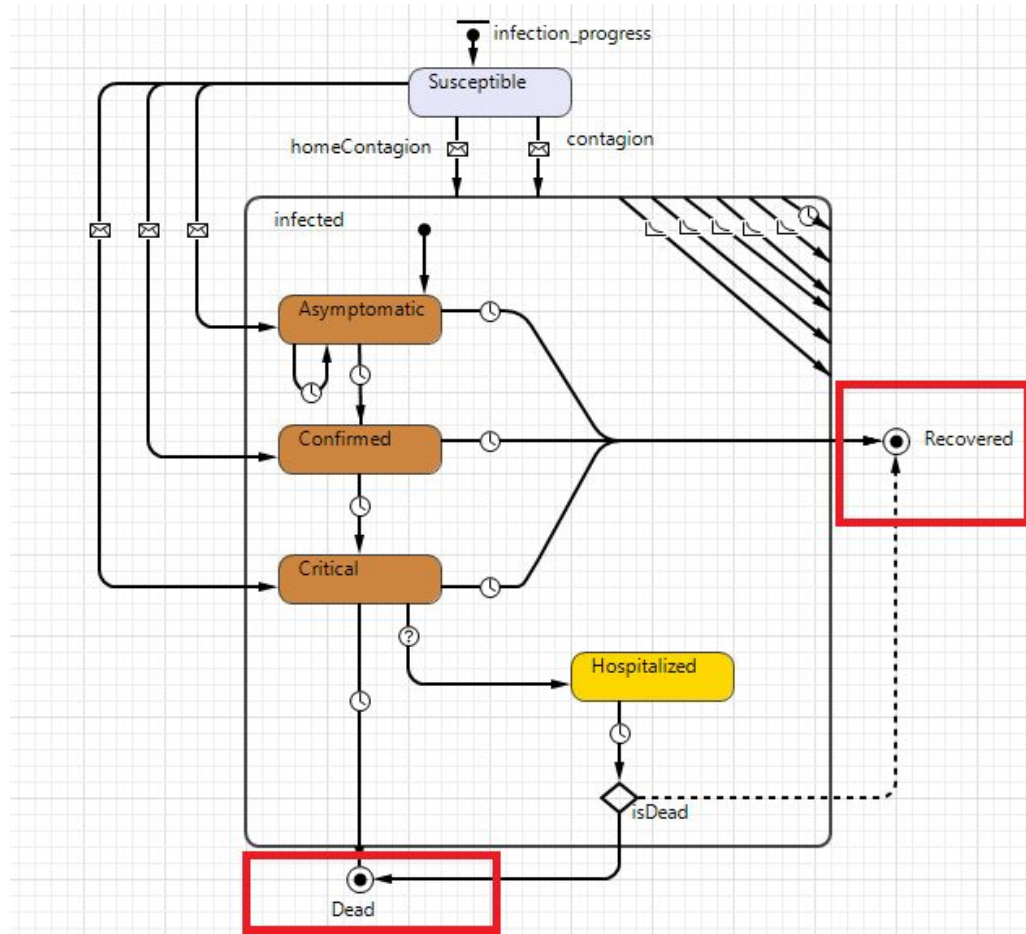
Qualora il posto letto non sia disponibile è molto probabile che la persona morirà.



Descrizione Agente - Stato infezione

Se la persona recupera dall'infezione acquisisce l'immunità permanente al virus, e pertanto non potrà svilupparsi una nuova infezione.

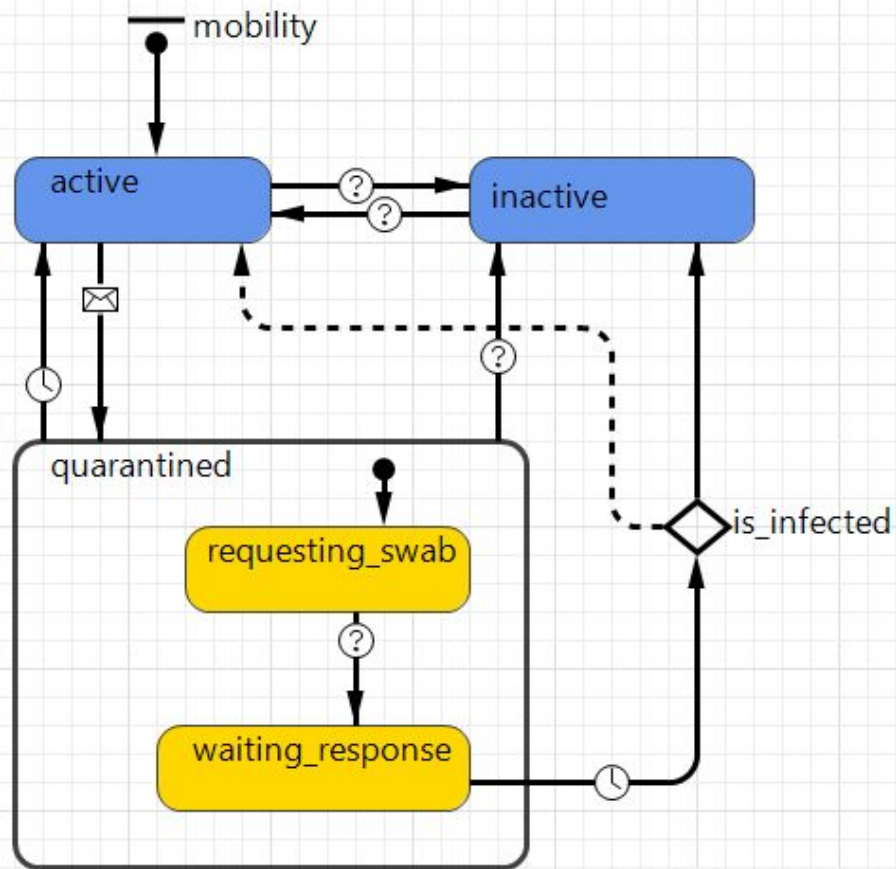
Discorso analogo vale per l'altro stato terminale...



Descrizione Agente – Mobilità

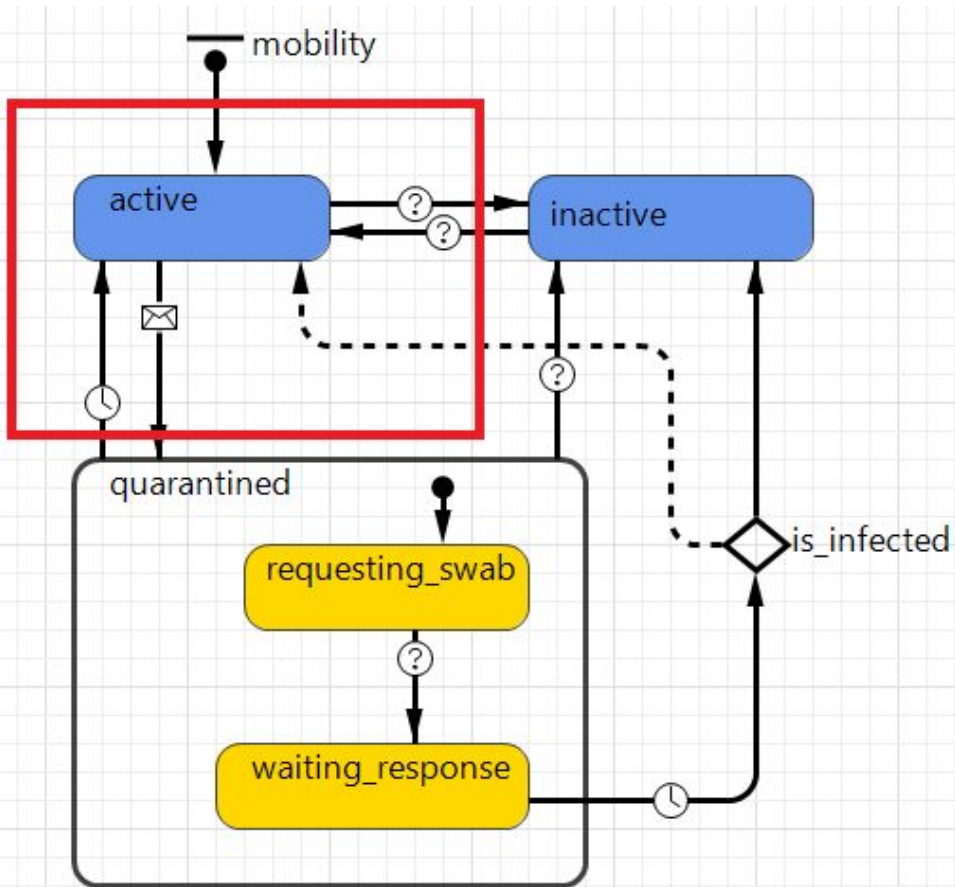
Modella la mobilità dell'agente.

Influenza i contatti che si vengono a creare nei vari contesti sociali.



Descrizione Agente – Mobilità

La stato «active» indica che l'agente si sposta liberamente, quindi può incontrare altre persone al di fuori del contesto casalingo e di conseguenza infettare ed essere infettato.

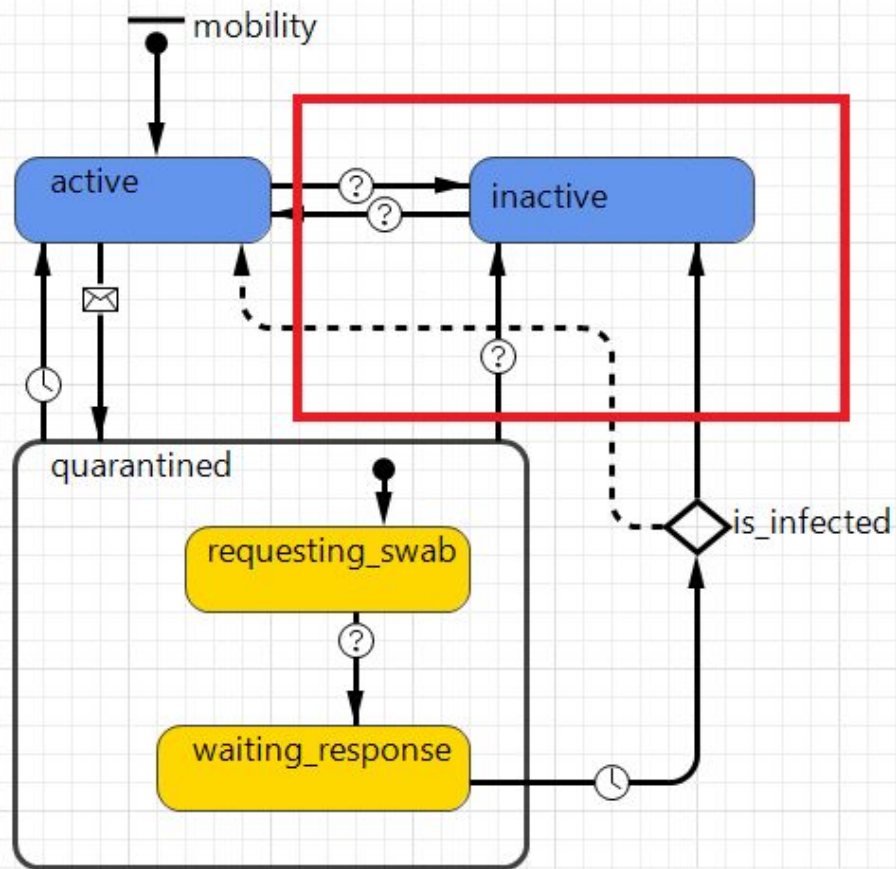


Descrizione Agente – Mobilità

Se la persona diviene un caso «confirmed», sarà obbligata a rimanere in isolamento.

Una volta che la persona recupera dalla malattia, tornerà ad essere attiva.

Quando una persona diventa inattiva, pone in quarantena anche tutte le persone direttamente collegate in ambito familiare, lavorativo e scolastico

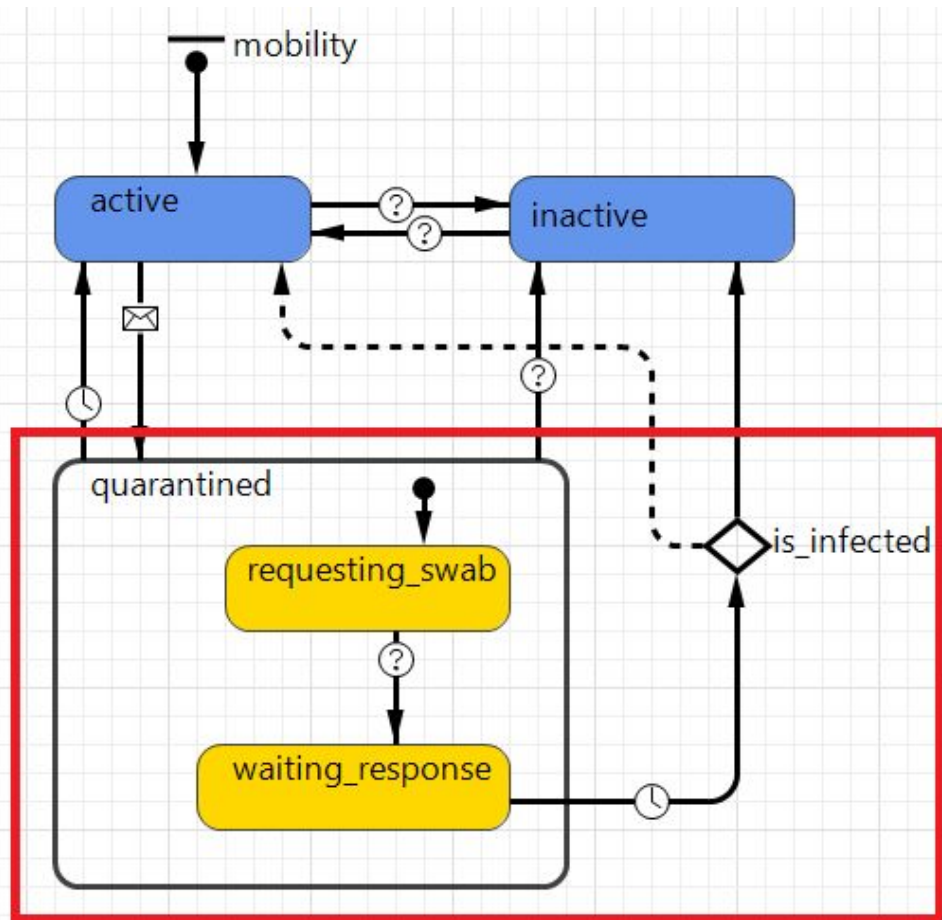


Descrizione Agente – Mobilità

Una persona posta in quarantena che non presenta ancora i sintomi dell'infezione ha due possibilità:

- Aspettare 15 giorni per vedere lo sviluppo della malattia
- Effettuare un tampone e aspettare l'esito

Dopo tre giorni l'esito del tampone determinerà se la persona è infetta o meno, e quindi se può ritornare attiva o meno



Modellazione delle Interazioni





Interazioni tra gli agenti

Le interazioni tra gli agenti (e quindi le infezioni) avvengono principalmente nei seguenti ambiti:

1. Casa
2. Scuola
3. Lavoro
4. Trasporti
5. Tempo libero
6. Altre attività (ad esempio banche, negozi, poste)

Nei primi tre casi le interazioni sono state modellate attraverso la **generazione ad-hoc** di *contact network*. I network sono **statici**, dato il breve orizzonte temporale di simulazione (es. no licenziamenti/cambi di lavoro/trasferimenti di sede). Le connessioni tra gli agenti sono state definite seguendo la **matrice dei contatti** del documento *CTS_riaperture_report*.

Per i restanti tre ambiti è ragionevole pensare, con un buon grado di approssimazione, che le interazioni avvengono in modo **omogeneo** tra l'intera popolazione.



Interazioni tra gli agenti - Casa

- La popolazione è partizionata in **clusters** nella rappresentanti le famiglie.
- Ogni persona è **completamente connessa** con i propri familiari ed ogni cluster è completamente **isolato** dagli altri. Ciò corrisponde alla situazione delle famiglie durante la **fase di lockdown**, nella quale non era possibile spostarsi dalla propria casa per vedere altri familiari.
- Ogni persona generalmente ha da 0 a 8 familiari. Il contact rate medio è dato da un campionamento **matrice dei contatti**, con un certo grado di varianza.



Interazioni tra gli agenti - Scuola

- La popolazione è partizionata in clusters rappresentanti le classi scolastiche.
- La dimensione del cluster varia dalle 10 alle 26 unità.
- Ogni cluster è formato in maggioranza da persone **under 20** (alunni), con l'aggiunta di qualche **persona più anziana** (es. insegnante)
- Ogni cluster è **isolato**, presumendo che in fase di post-lockdown si faccia particolare attenzione al non creare assembramenti in luoghi così critici come le scuole



Interazioni tra gli agenti – Scuola

Algoritmo

1. Si determina il numero di connessioni che ogni persona deve possedere, effettuando il sampling dalla matrice dei contatti.
2. Si considerano inizialmente soltanto le persone under 20. Da queste si generano dei cluster inserendoci all'interno le persone che necessitano grosso modo dello **stesso numero di connessioni**, suddivise per fascia d'età.
3. Una volta generate le “classi” degli studenti, si associa ciascuna persona **over 20** ad una classe in maniera totalmente casuale.
4. Infine si **generano le connessioni** richieste da ciascuna persona. L'algoritmo assicura che ciascuno di essi sia collegato al doppio delle persone che vede giornalmente, al fine di dare una certa verosomiglianza alle dimensioni delle classi.





Interazioni tra gli agenti - Lavoro

- Di tutte le categorie ATECO disponibili nei dataset Istat, si considerano solo quelle del report: *manifattura, commercio, alloggio e ristorazione, costruzioni e sanità*
- Nel report non vengono esplicitate quali attività siano comprese nella categoria “**essenziali**”. Al fine di considerare anche questo settore si è fatto riferimento al seguente [documento](#)
- Le persone considerate in età lavorativa (in Italia) vanno dai 15 agli 85 anni
- Il tasso di disoccupazione ammonta al 9,4% nel comune di Torino ([fonte](#)).
- Si considerano solo le imprese con dipendenti (per semplicità).
- Il **numero di aziende** e il **numero di addetti** di una azienda sono quantità fortemente eterogenee e dipendenti dal settore ATECO considerato *



* I dati relativi ai settori lavorativi sono riportati nei file excel insieme al progetto



Interazioni tra gli agenti – Lavoro

Algoritmo

1. Selezionare la forza lavorativa dall'intera popolazione (agent.Age in [15, 85]).
2. Definire gli impiegati della forza lavorativa in base al tasso di occupazione.
3. Per ogni settore in (Manifattura, Commercio, Ristorazione, ...)
 - a. Selezionare gli impiegati del settore e partizionarli in 4 classi*
 - b. Per ogni classe e fin quando la classe è piena
 - i. campionare da una distrib. triangolare la **dimensione del cluster****.
 - ii. assegnare l'employee al cluster e rimuoverlo dalla classe.
4. Per ogni cluster
 - a. **Per ogni employee**
 - i. creare le connessioni con gli agenti nel cluster in base alla matrice di contatto (agent.JobContactRate)



* Le 4 classi (small: 1-9 employees, medium: 10-49, large: 50-249, very large: 250+) si riferiscono al numero di addetti del dataset istat

** ogni classe ha associata una distribuzione triangolare con differenti param. (es. small min=1, max=9, mode= #addetti classe / # imprese classe)



Interazioni tra gli agenti – Lavoro

Algoritmo

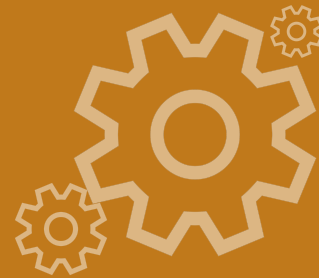
Il problema di generare le connessioni nel cluster è un problema riconducibile alla generazione di un grafo con una specifica *degrees sequence*. Nella maggior parte dei casi il problema è insoddisfacibile, se non in particolari casi [1] [2], dando origine a un insieme di **connessioni residuals**.

- Dopo l'esecuzione dell'algoritmo (della precedente slide), con una popolazione di 50k agenti di cui 37.875 lavoratori attivi. Il **71,5%** dei lavoratori attivi ha **0 residuals**, il **28,6%** ha un numero di residuals **>1** (min =1, max =14).
- L'idea è di **ridistribuire le connessioni residuals** all'interno della contact job network in modo tale da **minimizzare la differenza** tra il **numero medio di connessioni effettive** e il **JobContactRate** campionato dalla matrice dei contatti (per una specifica fascia d'età).



[1] <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:52064211>

[2] <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:6676296>



Indicatori & Parametri





Supporto alle Decisioni

Dal punto di vista del *supporto alle decisioni*, le principali domande che si pongono i *policy makers* sono:

- Quale sarà la gravità dell'epidemia? Numero totale di infetti che richiederanno **cure mediche**, numero totale dei **deceduti**.
- Quanto durerà? Quando raggiungerà il **picco** e quale sarà il suo andamento nel tempo?
- Quanto sarà efficace l'applicazione della **quarantena**?
- Le **misure di prevenzione** che ruolo giocano nel contrasto all'epidemia?
- Quale sarà l'impatto economico in merito alla disoccupazione?



Indicatori utilizzati

Per rispondere alle domande dei policy maker, durante le simulazioni abbiamo tenuto traccia di indicatori inerenti la:

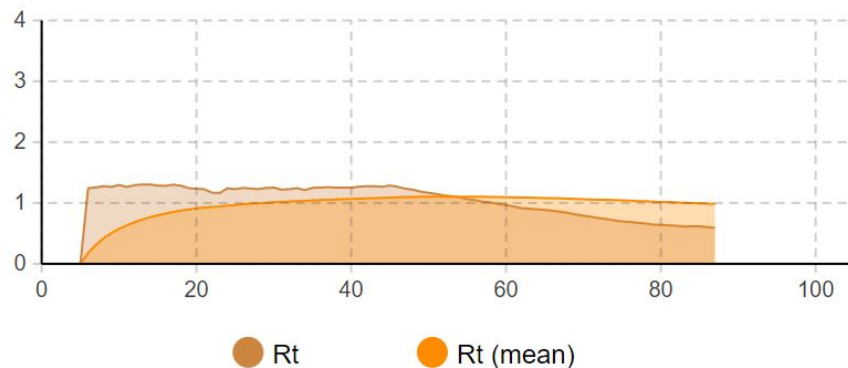
- popolazione (numero di infetti e numero di morti totali)
- gestione sanitaria (persone arrivate in terapia intensiva; persone che non sono potute andarci; giorno di picco di richiesta dei posti letto)
- lavoro (numero di persone costrette a rimanere a casa in seguito a misure di restrizione)



Tasso di riproduzione

Il tasso di riproduzione corrente (R_t) ricopre un ruolo fondamentale per analizzare la diffusione del virus tra la popolazione.

Questo valore varia considerevolmente in base alle varie misure di contenimento del virus.





Parametri del modello & calibrazione

I parametri del modello servono per valutare gli effetti di determinate scelte adottate in campo sanitario ed economico.

Di seguito sono presentati i parametri configurabili del modello



Parametri del modello & calibrazione

In merito all'ambito economico, è possibile specificare:

- la percentuale di lavoratori attivi per ciascuno dei quattro settori interessati alla riapertura
- L'apertura/chiusura delle scuole
- Il grado di interazione dei lavoratori all'esterno del proprio cluster lavorativo (utile per settori come commercio e ristorazione)

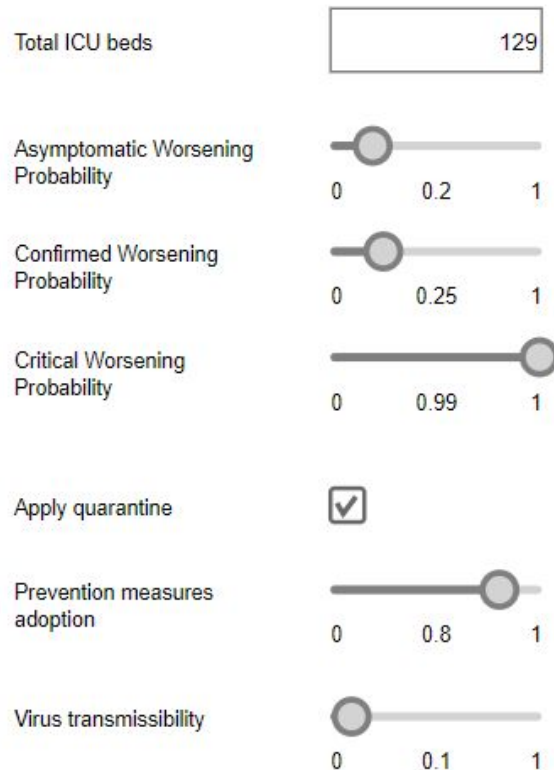


Parametri del modello & calibrazione

In merito all'aspetto sanitario, i principali parametri di interesse sono:

- Applicazione della quarantena
- Adozione delle misure di prevenzione
- Trasmissibilità del virus
- Grado di letalità del virus
- Numero di posti letto disponibili

Il numero di ICU è stato stimato in base alla disponibilità di risorse sanitarie in Piemonte: **14.3 letti ogni 100.000 abitanti**. Considerando la popolazione di Torino e il rapporto **1:18** con gli agenti risultano **129 letti totali** disponibili. [Fonte](#)





Parametri del modello & calibrazione

Per la popolazione si può impostare:

- Il numero delle persone
- La percentuale iniziale di persone aventi l'infezione*, distinte nei tre stadi di progresso del virus
- Meccanismo di generazione delle infezioni iniziali.

Population size	<input type="text" value="50000"/>
Initial asymptomatic (%)	<div><div></div><div>01.112100</div></div>
Initial confirmed (%)	<div><div></div><div>00.56100</div></div>
Initial critical (%)	<div><div></div><div>00.056100</div></div>
Set random initial infection	<input type="checkbox"/>



* Le percentuali utilizzate sono stimate in base alle informazioni sulla media dei tamponi giornalieri per 100.00 abitanti disponibili [qui](#). Nella stima si è considerato il rapporto 1:18 tra numero agenti:popolazione di torino .



Una nota sulla generazione degli infetti

Al **giorno zero** delle simulazioni, è necessario definire gli infetti iniziali.

Campionare in modo **uniforme** gli infetti iniziali dalla popolazione non è il meccanismo corretto, in quanto non rispecchierebbe come queste persone sono venute a contatto col virus.

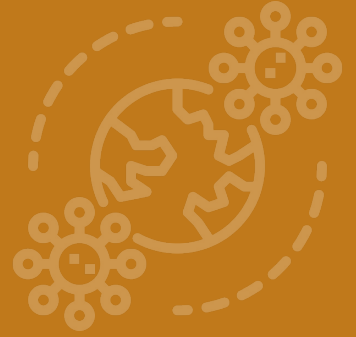
Quello che è stato fatto, in passi, è stato:

1. Selezionare un numero di “*pazienti zero*”;
2. Considerare le persone direttamente connesse ai pazienti zero.
3. Infettare (stocasticamente) una parte di queste persone connesse in base al valore R_0 .
4. Infettare iterativamente le persone connesse indirettamente ai pazienti zero, per un numero prefissato di generazioni.

In questa maniera è stato possibile creare dei cluster di persone infette, modellando piccoli *focolai* presenti nella popolazione, risultando quindi più fedeli alle dinamiche di diffusione reali.



Il contagio iniziale avviene assumendo un valore iniziale $R_0=3.0$. Il numero di generazioni infettate è pari a 2. Questo meccanismo aiuta anche a ridurre la **fase transiente iniziale** delle simulazioni.



Setup degli Esperimenti



Esperimenti

Obiettivo principale dell'analisi è valutare l'applicazione delle **misure di contenimento** attraverso gli indicatori precedentemente esposti, nello specifico:


- Valutare l'impatto delle **policy di riapertura** delle attività produttive (esperimento 1).
- Valutare l'impatto della messa in pratica delle **misure di prevenzione** (esperimento 2).
- Valutare l'impatto del **tracciamento dei contatti** nei contesti casa, scuola e lavoro e l'applicazione delle **misure di quarantena** (esperimento 3).

In ogni esperimento, e per ogni scenario, si eseguono **10 repliche** con seeds differenti per valutare la “stocasticità” del modello.

Tutti gli scenari assumono come giorno iniziale il **22 aprile** e vengono simulati per **150 giorni** valutando l'impatto a breve-medio termine.

Esperimento 1 - Riaperture

Attraverso la *parameters variation* si analizzano **32 scenari** che differiscono dal grado di riapertura* dei 4 settori delle attività produttive e l'apertura/chiusura della scuola.



Parameter	Type	Value		
		Min	Max	Step
openManufacturePercentage	Range	0	100	100
closedSchool	Fixed	true		
openTradePercentage	Range	0	100	100
openBuildingPercentage	Range	0	100	100
openRestaurantsPercentage	Range	0	100	100
totalICUBeds	Fixed	129		
populationSize	Fixed	50000		
asymptomaticInitialPercentage	Fixed	0.0112		
confirmedInitialPercentage	Fixed	0.0056		
criticalInitialPercentage	Fixed	0.00056		
preventionMeasuresAdoption	Fixed	0.80		
externalJobContactRate	Fixed	0.20		
virusTransmissibility	Fixed	0.1		
asymptomaticWorseningProbability	Fixed	0.2		
ConfirmedToCriticalProbability	Fixed	0.25		
ConfirmedToCriticalProbability	Fixed	0.99		
applyQuarantine	Fixed	true		
uniformInitialInfection	Fixed	false		
closedSchoolInt	Range	0	1	1
dailyAvailableSwabs	Fixed	59		
applyQuarantineInt	Fixed	-1		
openingScenario	Fixed	-1		

* Sebbene la riapertura di un settore può essere espressa in percentuale, per limitare lo spazio dei parametri, si è scelto di usare solo 2 valori: settore totalmente aperto e totalmente chiuso

Esperimento 2 - Misure di Prevenzione

Attraverso la *parameters variation* si analizzano **15 scenari** che differiscono dal grado di adozione delle misure di prevenzione.

Gli scenari variano in base a **5 livelli** di adozione delle misure di prevenzione e **3 differenti scenari*** di riapertura: “tutto aperto”, “tutto al 50%”, “tutto chiuso”.

Parameter	Type	Value		
		Min	Max	Step
openManufacturePercentage	Fixed	0		
closedSchool	Fixed	true		
openTradePercentage	Fixed	0		
openBuildingPercentage	Fixed	0		
openRestaurantsPercentage	Fixed	0		
totalICUBeds	Fixed	129		
populationSize	Fixed	50000		
asymptomaticInitialPercentage	Fixed	0.0112		
confirmedInitialPercentage	Fixed	0.0056		
criticalInitialPercentage	Fixed	0.00056		
preventionMeasuresAdoption	Range	0.10	0.90	0.20
externalJobContactRate	Fixed	0.20		
virusTransmissibility	Fixed	0.1		
asymptomaticW...gProbability	Fixed	0.2		
ConfirmedToCriticalProbability	Fixed	0.25		
ConfirmedToCriticalProbability	Fixed	0.99		
applyQuarantine	Fixed	true		
uniformInitialInfection	Fixed	false		
closedSchoolInt	Fixed	-1		
dailyAvailableSwabs	Fixed	59		
applyQuarantineInt	Fixed	-1		
openingScenario	Range	0	2	1

* nei 3 scenari di riapertura le scuole rimangono sempre chiuse.

Esperimento 3 - Quarantena

Attraverso la *parameters variation* si analizzano **6 scenari** che differiscono dall'applicazione o meno delle misure di quarantena.

Gli scenari variano in base all'applicazione della quarantene e **3 differenti scenari*** di riapertura: “tutto aperto”, “tutto al 50%”, “tutto chiuso”.

* nei 3 scenari di riapertura le scuole rimangono sempre chiuse.

Parameter	Type	Value		
		Min	Max	Step
openManufacturePercentage	Fixed	0		
closedSchool	Fixed	true		
openTradePercentage	Fixed	0		
openBuildingPercentage	Fixed	0		
openRestaurantsPercentage	Fixed	0		
totalICUBeds	Fixed	129		
populationSize	Fixed	50000		
asymptomaticInitialPercentage	Fixed	0.0112		
confirmedInitialPercentage	Fixed	0.0056		
criticalInitialPercentage	Fixed	0.00056		
preventionMeasuresAdoption	Fixed	0.80		
externalJobContactRate	Fixed	0.20		
virusTransmissibility	Fixed	0.1		
asymptomaticWorseningProbability	Fixed	0.2		
ConfirmedToCriticalProbability	Fixed	0.25		
ConfirmedToCriticalProbability	Fixed	0.99		
applyQuarantine	Fixed	true		
uniformInitialInfection	Fixed	false		
closedSchoolInt	Fixed	-1		
dailyAvailableSwabs	Fixed	59		
applyQuarantineInt	Range	0	1	1
openingScenario	Range	0	2	1



Analisi dei Risultati



Simulazione Interattiva

TuCoSim - Turin Covid Simulation

Population

- populationSize
50,000
- asymptomaticInitialPercentage
0.01
- confirmedInitialPercentage
0.006
- criticalInitialPercentage
5.6E-4
- flagSetRandomInitialInfection
false

- totalInfected
22,408
- totalDead
638

Infection & Care

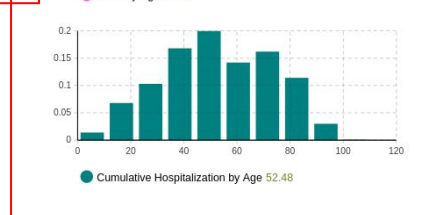
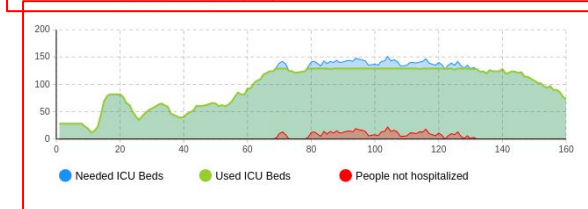
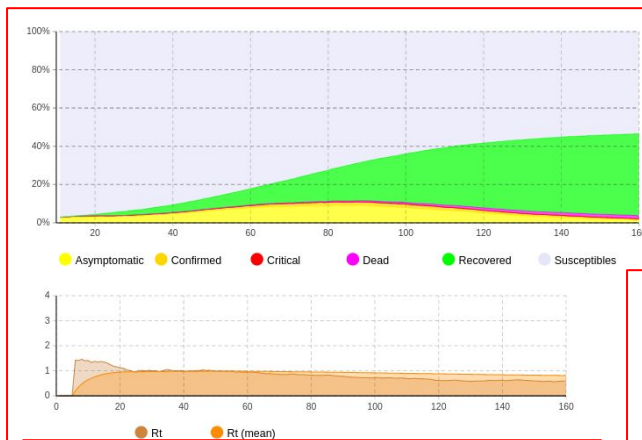
- applyQuarantine
true
- preventionMeasuresAdoption
0.8
- virusTransmissibility
0.1
- totalCUBeds
129
- dailyAvailableSwabs
59
- asymptomaticWorseningProbability
0.2
- confirmedWorseningProbability
0.25
- criticalWorseningProbability
0.39

- totalPeopleQuarantined
36,143
- totalPeopleToICU
1,151
- totalPeopleNegatedICU
222
- availableCUBeds
55
- dayMaxNeededICU
103

Job & School

- openManufacturePercentage
100
- openRestaurantsPercentage
69
- openBuildingPercentage
112
- openTradePercentage
86
- externalJobContactRate
0.2

- unemployedManufacture
0
- unemployedRestaurants
750
- unemployedBuilding
142
- unemployedTrade
1,595





Analisi dei Risultati

I dati di simulazione in forma grezza sono consultabili [qui](#)

I valori degli indicatori riportati nei grafici sono da intendersi come medie dei valori risultanti dal processo di replicazione dello scenario.

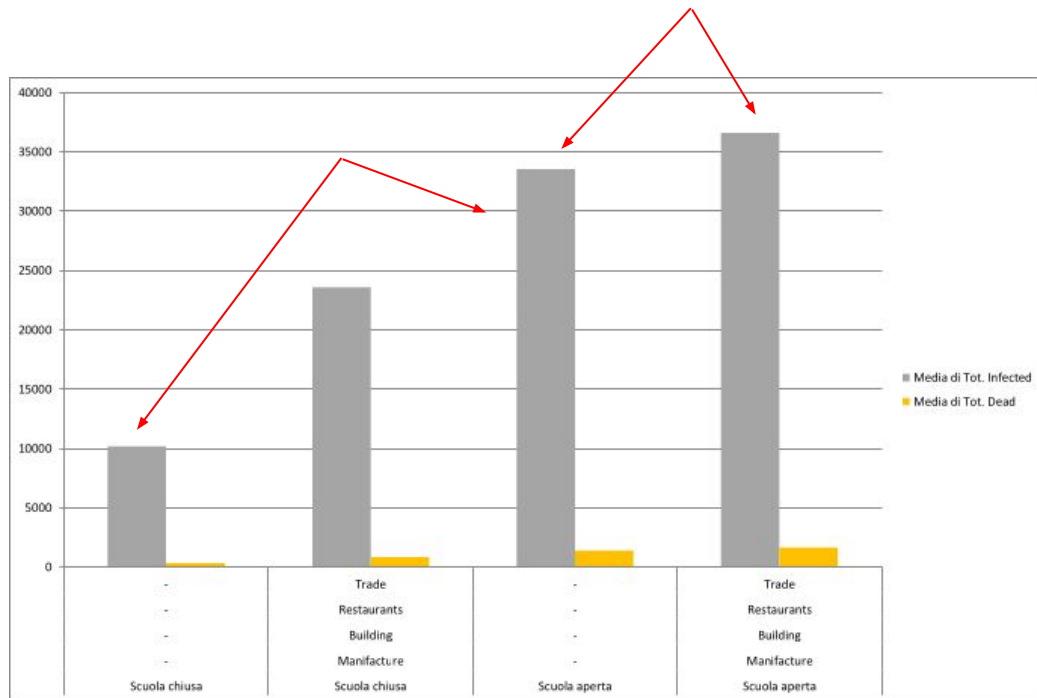
Execution		Model Parameters								Simulation Metrics							
Experiment	Replica	Prevention Measures	Closed School	Manufacture %	Building %	Restaurants %	Trade %	Tot. Infected	Tot. Dead	Tot. ICU	Tot. Negated ICU	ICU Peak Day	Max Rt	Rt			
1	1	0,1	TRUE		100	100	100	39378	2178	847	1712	58	1,765754297	0,716189062			
1	2	0,1	TRUE		100	100	100	39579	2054	882	1566	61	1,762426901	0,732523773			
1	3	0,1	TRUE		100	100	100	40011	2087	853	1596	57	1,809985097	0,6933367312			
1	4	0,1	TRUE		100	100	100	39912	2122	853	1613	61	1,763729246	0,7091140585			
1	5	0,1	TRUE		100	100	100	39713	1997	844	1513	62	1,670229008	0,664839692			
1	6	0,1	TRUE		100	100	100	40009	2027	855	1534	63	1,726731199	0,6725213122			
1	7	0,1	TRUE		100	100	100	39350	2051	891	1540	64	1,875113947	0,6789216059			
1	8	0,1	TRUE		100	100	100	39568	2138	883	1636	60	1,720306513	0,6872167613			
1	9	0,1	TRUE		100	100	100	39631	2173	859	1683	56	1,761677788	0,7248608197			
1	10	0,1	TRUE		100	100	100	39267	2014	858	1510	63	1,7595884	0,7163340522			
2	1	0,1	TRUE		0	0	0	29859	1449	913	957	64	1,727917981	0,7303814389			
2	2	0,1	TRUE		0	0	0	29602	1515	939	959	68	1,683429514	0,7385038718			
2	3	0,1	TRUE		0	0	0	29217	1416	947	854	70	1,606829268	0,7384110912			
2	4	0,1	TRUE		0	0	0	29192	1449	898	926	63	1,687948923	0,7122821363			
2	5	0,1	TRUE		0	0	0	29557	1375	893	875	68	1,686383929	0,7414125699			
2	6	0,1	TRUE		0	0	0	30055	1529	865	1010	63	1,695909899	0,7396786846			
2	7	0,1	TRUE		0	0	0	29804	1496	843	1010	56	1,704878049	0,6832701123			
2	8	0,1	TRUE		0	0	0	29476	1507	956	931	63	1,702791461	0,7560608457			
2	9	0,1	TRUE		0	0	0	29690	1476	917	977	68	1,669245448	0,7302280046			
2	10	0,1	TRUE		0	0	0	29262	1408	941	869	68	1,628683694	0,7288396799			
3	1	0,1	TRUE		50	50	50	34324	1741	947	1211	62	1,744818653	0,7120822534			

Esperimento 1 - Riaperture

Impatto della ripresa delle **attività scolastiche** sulla **diffusione del virus**.

Come prevedibile la scuola rappresenta il parametro più **sensibile** nella diffusione del virus. Rappresentando “un ponte” tra le interazioni in ambito lavoro e casa.

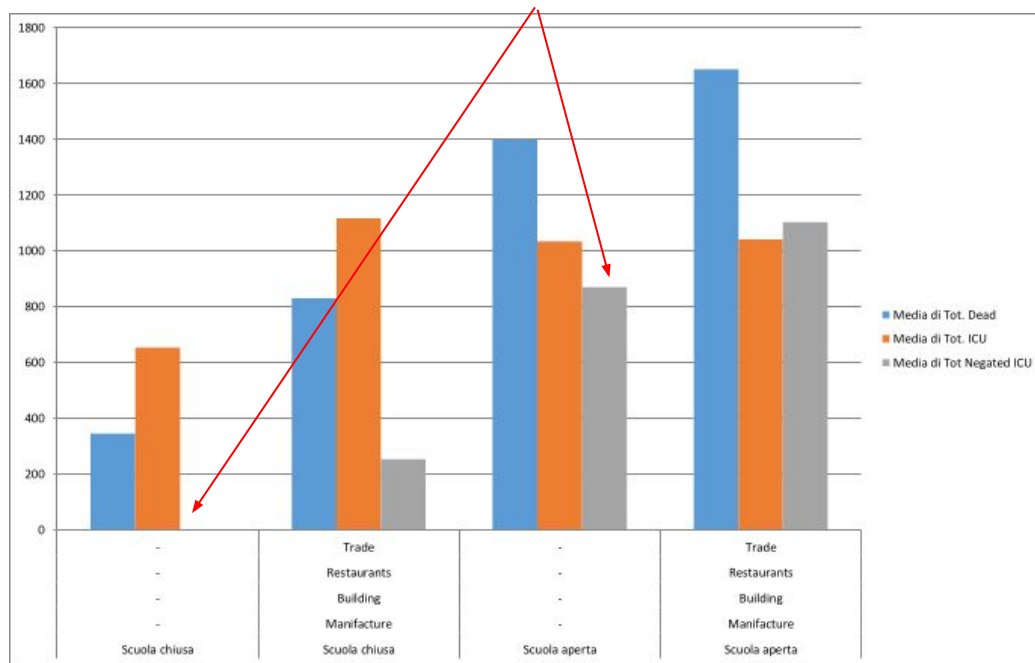
La chiusura/apertura totale dei settori lavorativi ha un impatto minore.



Esperimento 1 - Riaperture

Impatto della ripresa delle **attività scolastiche** sul **sistema sanitario**.

Il sistema sanitario risulta essere molto sensibile all'apertura delle scuole, in quanto aumenta il numero di persone che non possono ricevere un trattamento, dovuto al **collasso** delle strutture ospedaliere

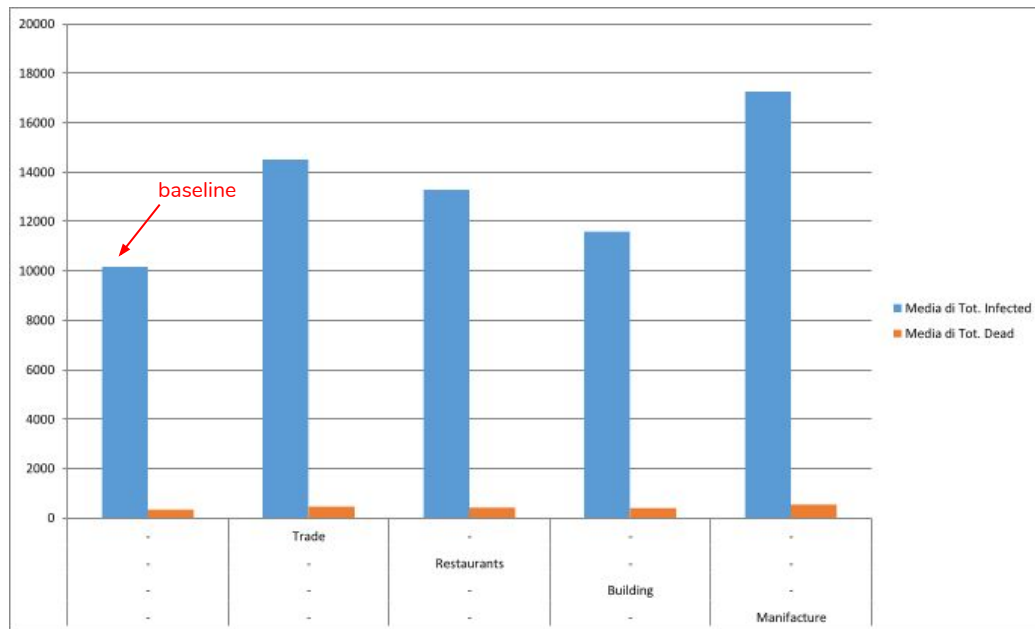




Esperimento 1 - Riaperture

Impatto della ripresa delle
single attività lavorative
sulla **diffusione del virus**.

I risultati sono
direttamente imputabili
alla distribuzione dei
settori lavorativi nella città
di Torino.

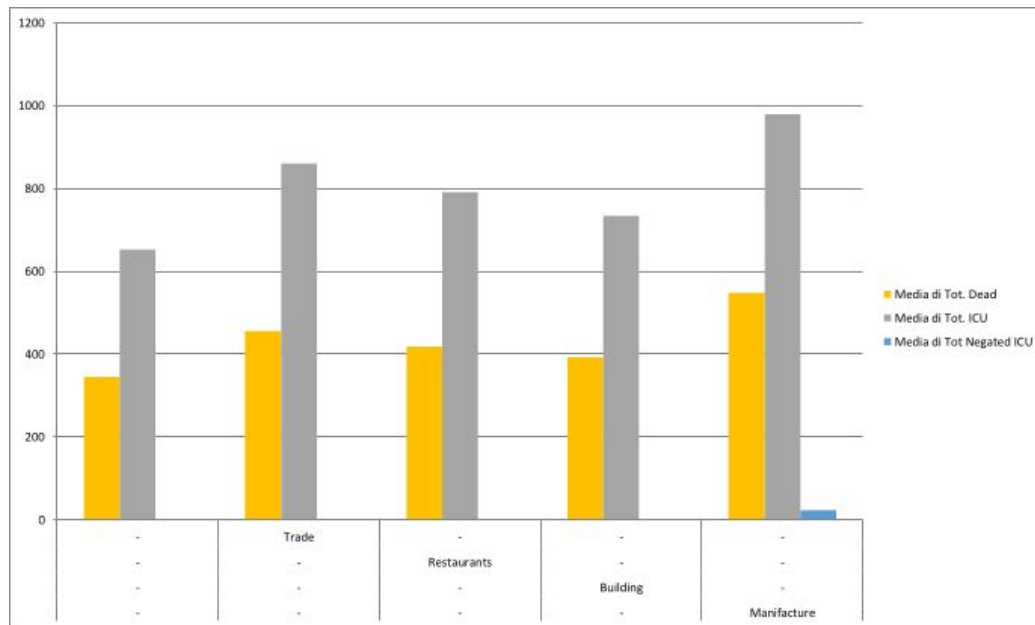




Esperimento 1 - Riaperture

Impatto della ripresa delle
single attività lavorative
sul **sistema sanitario**.

I risultati sono
direttamente imputabili
alla distribuzione dei
settori lavorativi nella città
di Torino.

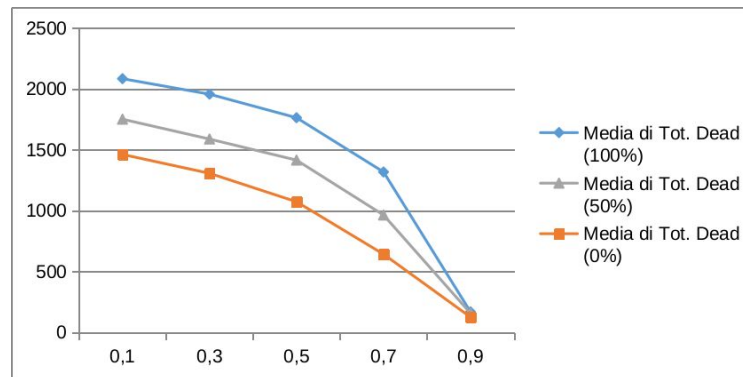
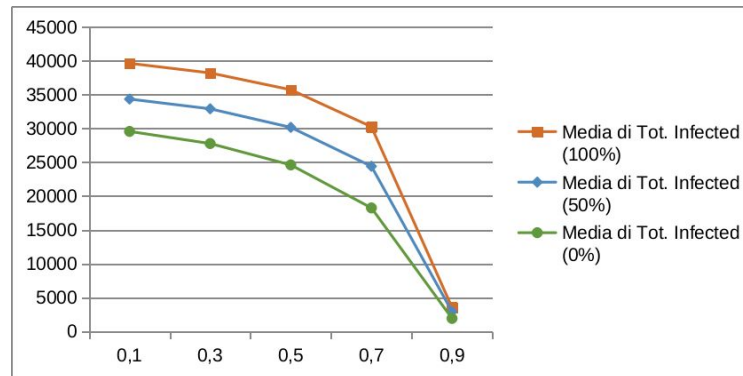


Esperimento 2 - Misure di Prevenzione

Impatto delle misure di prevenzione sulla **diffusione del virus**.

Come prevedibile le misure di prevenzione **riducono** la diffusione e la mortalità del virus.

Si deduce come queste misure siano fondamentali per il rallentamento del virus, anche se valori prossimi al 90% potrebbero risultare poco realistici.

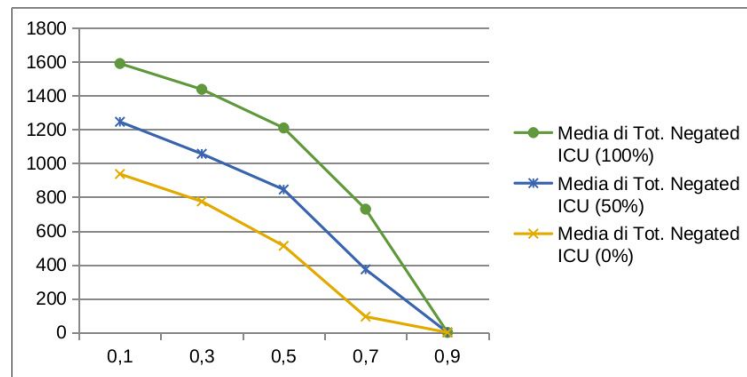
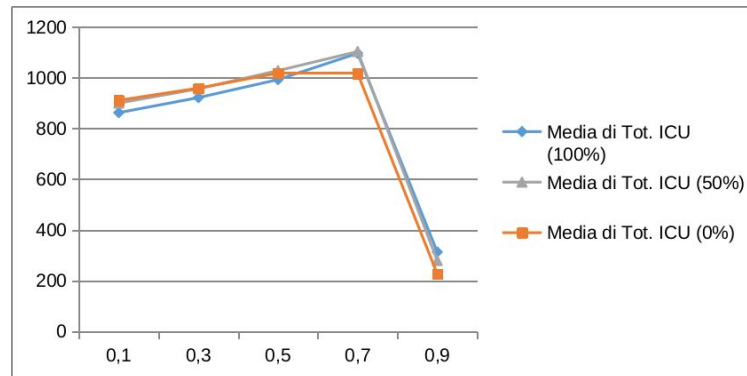


Esperimento 2 - Misure di Prevenzione

Impatto delle misure di prevenzione sul **sistema sanitario**.

La drastica riduzione delle **negazioni delle ICU** è indicativo di come le misure di prevenzione aiutino effettivamente ad **evitare la saturazione** delle risorse sanitarie.

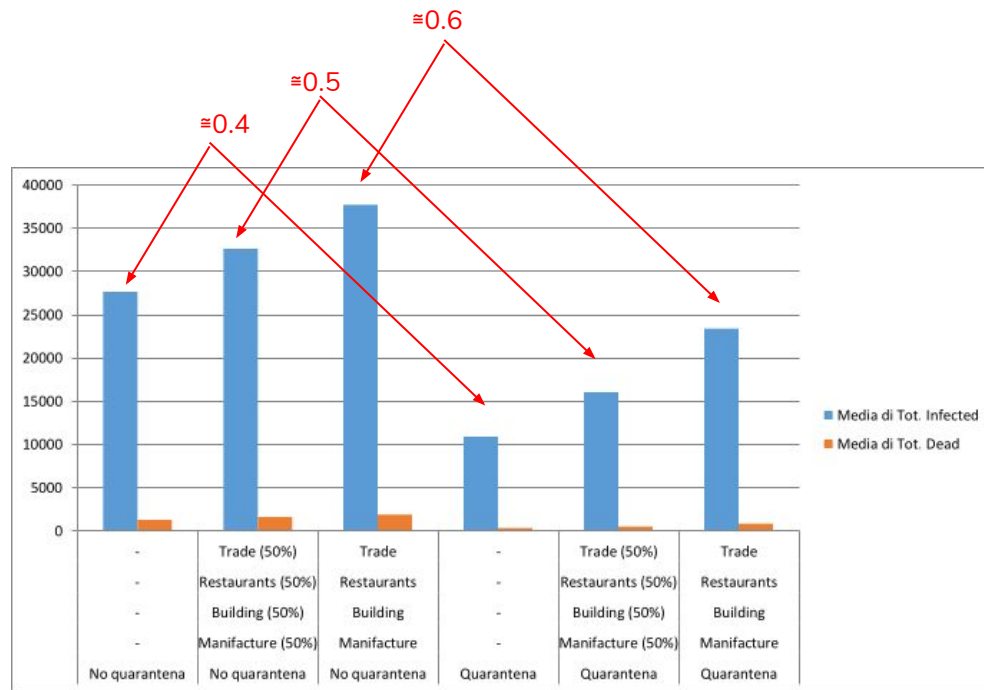
Questo comporta anche che un maggior numero di persone possono **accedere** alle ICU.



Esperimento 3 - Quarantena

Impatto della quarantena
sulla **diffusione del virus**.

Nei 3 scenari di riapertura
il rapporto *infetti con
quarantena / infetti senza
quarantena* è compreso tra
0.4 - 0.6



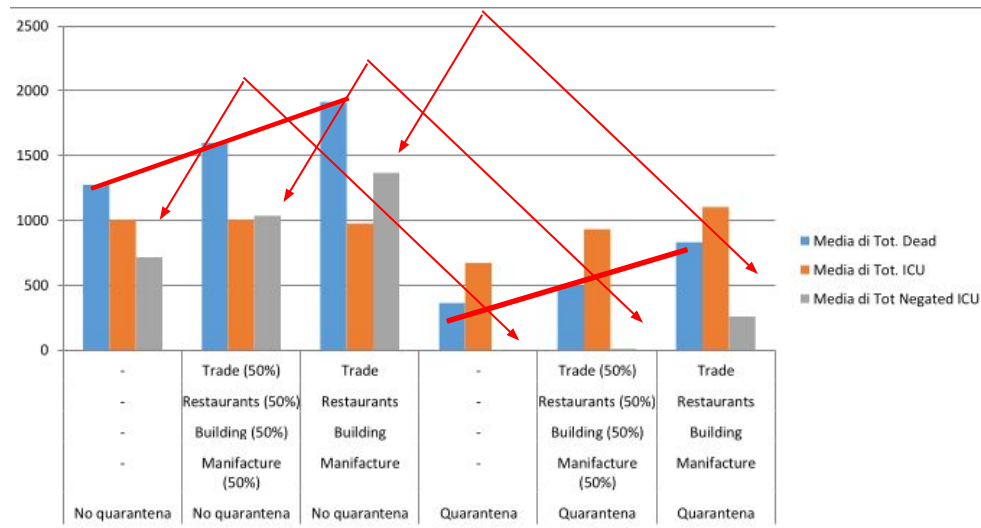


Esperimento 3 - Quarantena

Impatto della quarantena
sul **sistema sanitario**.

Risulta evidente come in
tutti e 3 gli scenari
l'applicazione della
quarantena aiuta la
gestione delle risorse ICU
evitando la **saturazione**.

Anche la **mortalità** viene
ridotta più della metà

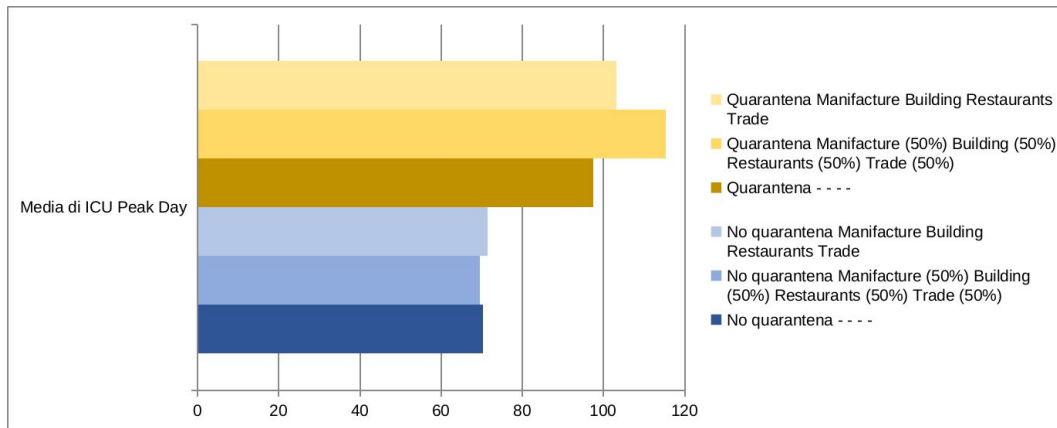




Esperimento 3 - Quarantena

Impatto della quarantena
sul **sistema sanitario**.

L'applicazione della
quarantena **ritarda**
mediamente di 30 giorni il
picco di utilizzo delle
risorse ICU.





Sviluppi Futuri

- La gestione delle risorse sanitarie sono uno dei principali aspetti durante un'epidemia
=> Una modellazione più granulare di questo aspetto risulta decisivo per un migliore sistema di supporto alle decisioni (hybrid ABS-DES per modellare i processi e tempi di attesa, considerare l'ospedalizzazione oltre che l'ICU).
- I pattern di mobilità sono cruciali per una buona modellazione e per riflettere le dinamiche di diffusione reale => Modellazione eterogenea dei trasporti e mobilità (es. Glean).
- Porre il focus sull'impatto economico delle policy di riapertura dei settori.
- Considerare la possibilità di far lavorare in smartworking alcuni particolari settori.
- Gli scenari analizzati sono "all-or-nothing" analizzare policy di riapertura gradualali che potrebbero suggerire nuove prospettive.

**Grazie per
l'attenzione**

