

L'implacabile matematica del Coronavirus

Lo chiarisco subito, non sono un virologo né un esperto in materie sanitarie. Mi occupo di tutt'altro. Credo però di avere qualcosa di utile da dire sull'attuale pandemia da Covid 19 perché qui si parla di matematica, e la matematica è di tutti. Come di tutti sono i dati che ho analizzato, derivanti dai bollettini diffusi dal Governo Italiano e dalla John Hopkins University di Baltimora, negli Stati Uniti. Le informazioni disponibili sono molte e ci si perde facilmente. Qui ne esporrò solo alcune, quelle che ritengo più significative. I dati sono aggiornati al 12 marzo 2020.

Partiamo con un paio di fondamentali nozioni matematiche.

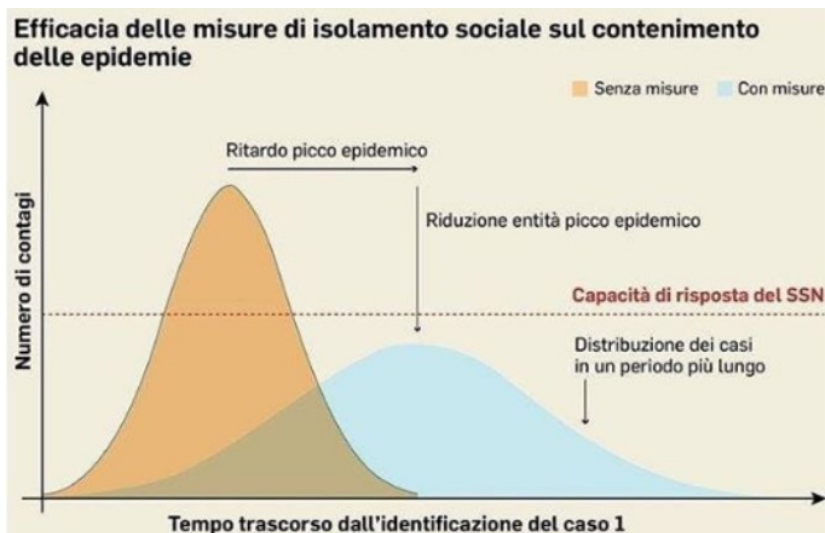
In condizioni naturali la diffusione iniziale del virus è esponenziale. Ad esempio 1 individuo ne contagia 3, che a loro volta dopo 1 giorno ne contagiano $3 \times 3 = 9$, che a loro volta dopo 1 altro giorno ne contagiano $9 \times 3 = 27$, e così via. Il numero di contagi al terzo giorno in tale caso si calcola con l'esponente n^t , dove n è il numero di contagi per persona e t è il numero di giorni trascorsi.

Con il progredire dell'epidemia subentra un fattore di riduzione dovuto al fatto che la popolazione suscettibile di ammalarsi diminuisce nel tempo. Se gli individui, una volta presa la malattia non la contraggono più, ecco che l'andamento nel tempo del contagio assume una forma a campana, come quella mostrata a fianco.

Il grafico risulta molto utile anche per comprendere l'effetto delle misure di contenimento, efficaci non tanto per ridurre in numero complessivo dei contagi quanto per evitare che i contagi siano concentrati in breve tempo, superando le capacità di risposta dei servizi sanitari nazionali (SSN).

In merito a questo grafico possiamo dire altre due cose importanti. Una è prettamente matematica: l'area sottesa dalle curve dei contagi, qui colorata di marrone o celeste, corrisponde al numero totale degli individui contagiabili. L'altra vuole portare un po' di ottimismo: se saremo bravi, sia nei comportamenti che nella creazione di vaccini, la curva del contagio potrà puntare a zero prima del tempo naturale e non tutti i contagiabili saranno contagiati.

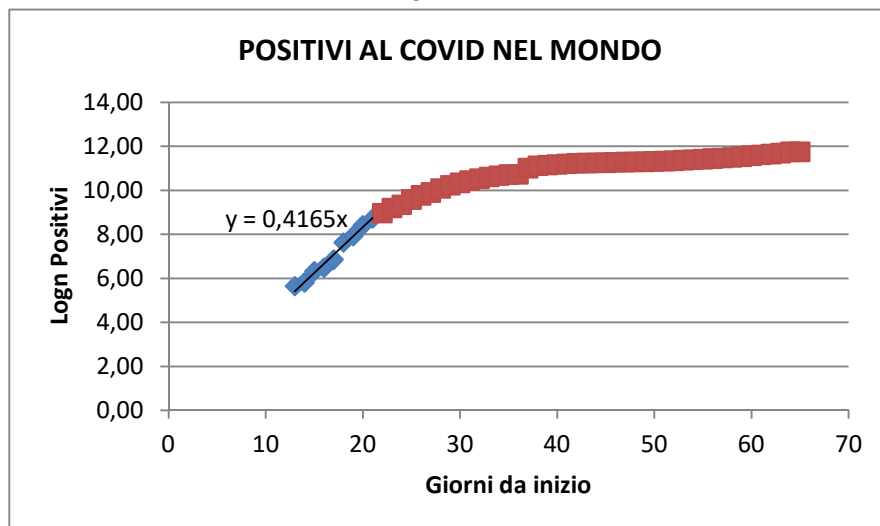
Prima di tornare agli impietosi numeri rinfresco un'altra nozione matematica. Grazie a uno dei tanti prodigi di questa materia, la formula $C = n^T$ si può anche scrivere $T = \log_n C$, in cui $\log_n$ è il logaritmo di base n .



Tradotto e adattato dalla Fondazione GIMBE da: Emerg Infect Dis 2020.

Grafico pubblicato da Fondazione Gimbe, tradotto e adattato da Fong et al, 2020 (Eid Journal/Cdc) e riportato nell'articolo di Mara Magistroni pubblicato il 4/3/2020 su wired.it

Vediamo a questo punto la progressione dei casi di covid 19 nel mondo.

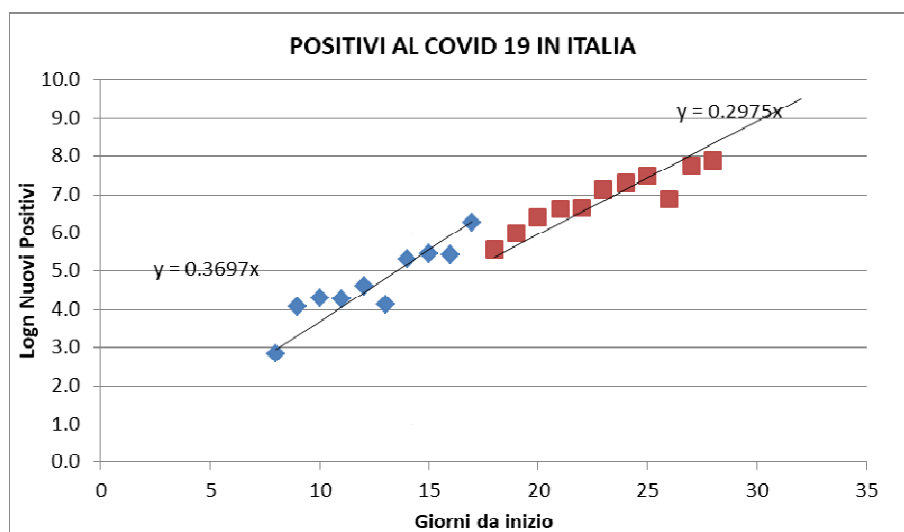


Sono distinti un periodo iniziale ad andamento lineare nel grafico semilogaritmico e una successiva *parabola calante*.

Il giorno 0 di inizio contagio è stato scelto in maniera tale che la retta di regressione del logaritmo dei soggetti positivi passasse per l'origine del grafico, rispettando la teoria del contagio. Il giorno zero così determinato è il 7 gennaio 2020. Occorre precisare che tale data non è necessariamente la prima

manifestazione del virus ma piuttosto indica l'equivalente data di esplosione esponenziale dell'epidemia.

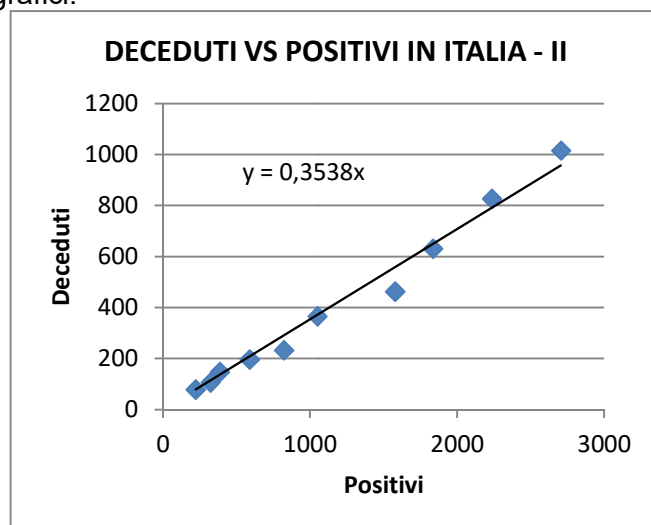
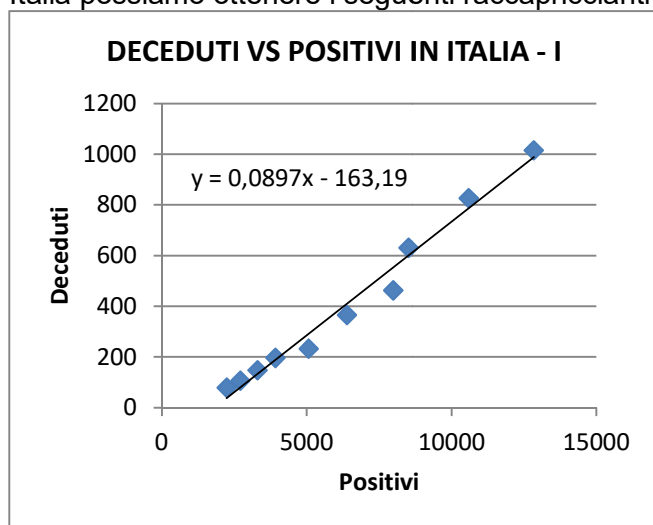
La regressione lineare indicata nel precedente grafico è parametrata dalla formula $y=0,4165x$, che equivale a $\log_n C = T$, ovvero $C=n^T=1,52^T$. Quindi nella prima fase dell'epidemia i nuovi contagiati di un certo giorno sono 1,52 volte i nuovi contagiati del giorno precedente.



Simili elaborazioni si possono condurre anche per i positivi al Covid19 accertati in Italia.

In questo caso il giorno da cui far partire la diffusione esponenziale del contagio si calcola al 13 febbraio 2020 e la regressione della prima serie di dati vale $C=n^T=1,46^T$. Il fattore di contagio è leggermente inferiore rispetto al dato mondiale, perlopiù derivato dalla situazione cinese, probabilmente per le migliori condizioni igieniche e il minor grado di promiscuità nel nostro paese.

Mettendo in relazione il numero di casi positivi con il numero di decessi per contagio da Covid19 in Italia possiamo ottenere i seguenti raccapriccianti grafici:



Nel primo grafico sono messi a confronto il totale dei positivi con il totale dei morti in Italia del periodo 3-12 marzo. Il fatto che la regressione non passi per l'origine 0,0 è dovuto al ritardo tra il contagio e il decesso o la guarigione dei soggetti malati.

Nel secondo grafico questo disallineamento è risolto mettendo in relazione i decessi del periodo 3-12 marzo con i contagi accertati nel periodo 24 febbraio - 3 marzo. Il coefficiente angolare della retta che otteniamo è impietoso, e spero di sbagliarmi al suo riguardo: il 35% dei positivi accertati muore di coronavirus o per le sue complicazioni.

Del resto un tasso di mortalità simile lo si ottiene confrontando dai bollettini ufficiali il rapporto tra decessi e guarigioni, giorno per giorno.

La correlazione esposta mostra dunque quanto sia elevato l'attuale tasso di mortalità del Covid19 (35%) per i positivi accertati e quale sia il decorso medio della malattia (8 giorni).

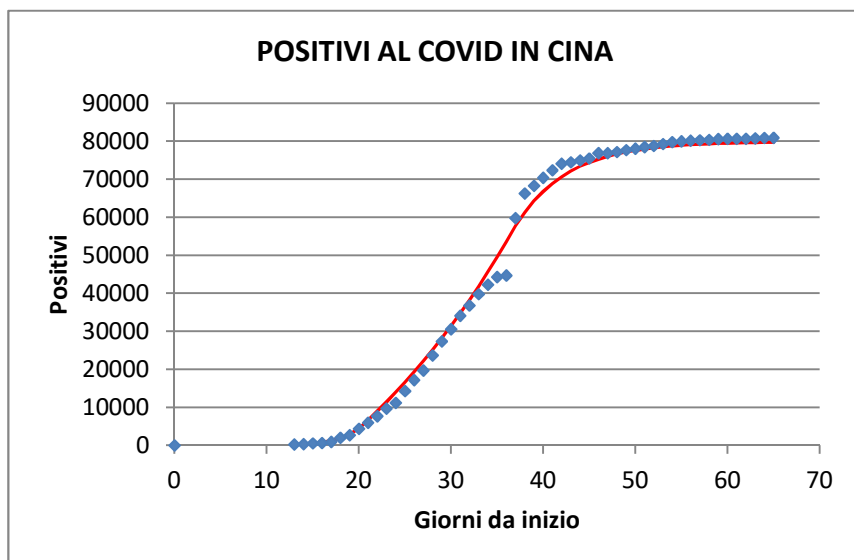
Occorre sottolineare che questo tasso di mortalità è falsato dall'incidenza di altre patologie e dall'età avanzata della maggior parte dei soggetti deceduti. Inoltre il tasso di mortalità calcolato è relativo ai positivi accertati, che sono molti meno dei positivi realmente presenti (compresi quindi i soggetti contagiati asintomatici o comunque non sottoposti a tampone); il rapporto tra morti e contagiati sarà di conseguenza molto più basso di quanto ad oggi stimato.

Le informazioni esposte sono sufficienti per elaborare un modello preliminare di diffusione del contagio. Partiamo dalla Cina.

I punti azzurri indicano i numeri di soggetti contagiati totali al variare del tempo. Ancora una volta non si tratta del numero di contagiati ma solo di quelli per i quali è stato accertato il contagio.

La linea rossa indica il numero di contagi calcolati adottando i seguenti parametri:

- inizio contagio al 7/1/2020 secondo la progressione $C = 1,52^T$
- dalla data 29/1/2020 prosecuzione del contagio secondo la formula $C = 1,04^T$
- dalla data 14/2/2020 prosecuzione del contagio secondo la formula $C = 0,84^T$

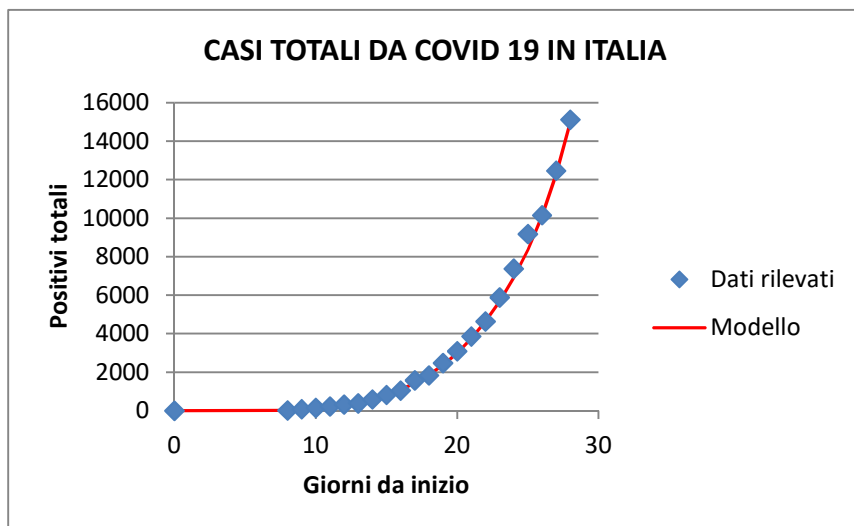


Il 23/1/2020 il Governo Cinese ha adottato le prime drastiche misure di contrasto alla diffusione del contagio, nella zona di Wuhan, che con ogni ragionevolezza sono quelle che hanno dato frutti con la riduzione del fattore di contagio dopo circa una settimana. Immaginiamo che l'ulteriore rallentamento di metà febbraio sia legato alle misure di contenimento estese anche alle altre province della Cina.

Applicando lo stesso metodo in Italia otteniamo i risultati mostrati a fianco. I parametri adottati sono:

- inizio contagio al 13/2/2020 secondo la progressione $C = 1,46^T$
- dalla data 27/2/2020 prosecuzione del contagio secondo la formula $C = 1,26^T$

Il rallentamento di fine febbraio sarebbe dovuto alle misure di contenimento imposte dal nostro Governo a partire dal 23 febbraio per le zone focolaio del nord Italia. La chiusura delle scuole e



l'estensione della zona rossa al resto di Italia non hanno ancora manifestato i propri effetti. Secondo il ritardo medio delle manifestazioni del contagio nei prossimi giorni crediamo e ci auguriamo che il fattore di espansione del contagio possa scendere in maniera drastica.

Si precisa che nell'approssimativa modellazione sopra esposta sono state assunte alcune regole di semplificazione:

- il numero di contagi dipende oltre che dalla diffusione esponenziale del virus anche dalla riduzione del numero di soggetti suscettibili, nell'ipotesi che i soggetti guariti non si possano contagiare nuovamente
- il decorso totale della malattia si impone di 8 giorni (in realtà può essere molto più lungo, tuttavia questo numero ottimizza i risultati del modello)

Secondo questi criteri possiamo fare alcune grossolane previsioni:

- portando a 1,04 il fattore del contagio (valore mutuato dai dati cinesi) a partire dalla data 15/3/2020 si avrebbe l'azzeramento dei teorici contagi in data 24/3/2020 (al netto degli strascichi ospedalieri)
- se non riusciremo a ridurre il fattore di contagio sotto $n=1,11$ la diffusione del contagio non sarà fermata

In tutti i casi rimarremo in condizioni di estrema criticità perché, ormai dovremmo averlo imparato, è sufficiente la presenza di un solo soggetto infetto, magari asintomatico, per causare la ripresa e propagazione del virus.

È per questo che dovremo preoccuparci anche di quello che succede e succederà nel resto del mondo. A scala globale la situazione è infatti allarmante, poiché il virus si è propagato ovunque e nella maggior parte dei casi si sta avanzando senza freni, ossia secondo una base esponenziale piuttosto elevata. Certamente saranno prese le contromisure, tuttavia i ritardi che già si stanno manifestando non faranno altro che allungare il contagio e dare modo allo stesso di rientrare anche nelle zone dove si è riusciti ad azzerarlo.

È inutile negarlo, tutto questo porterà a un grande allungamento dell'emergenza, probabilmente fino alla scoperta di un osannato vaccino. Fino ad allora dovremo proseguire con fermezza con le attuali (e giuste) misure di contenimento, per poi mantenere attiva la guardia per il rischio di ripresa del contagio e rivedere le nostre abitudini di vita, che dovremo portare dall'attuale condizione emergenziale fino alla nuova e diversa vita di tutti i giorni che ci aspetta nel prossimo periodo.

IP