



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea triennale in Economia Aziendale

**Un’analisi degli effetti del Covid-19 in
Italia**

**An analysis of the effects of Covid-19 in
Italy**

Relatore:

Prof. Palomba Giulio

Rapporto Finale di:

D’Autilia Gianluca

Anno Accademico 2019/2020

Sommario

1.INTRODUZIONE	3
2. MODELLO SEIR	8
2.1 I PARAMETRI DEL MODELLO	14
3. ANALISI EMPIRICA	16
3.1.1 MODELLO SEIR SULL'ITALIA	16
3.1.2 RISULTATI DEL MODELLO SEIR	17
3.2.1 MODELLO SUGLI EFFETTI DEL COVID-19.....	20
3.2.2 I DATI	20
3.2.3 STIME E COMMENTI DEL MODELLO OLS	24
4. CONCLUSIONE	33
BIBLIOGRAFIA.....	35
SITOGRAFIA.....	35

1.INTRODUZIONE

Nel Dicembre 2019 le autorità cinesi incominciano ad identificare una serie di casi simili alla polmonite a Wuhan, una metropoli da 11 milioni di abitanti e capoluogo della provincia di Hubei in Cina. Nel 31 Dicembre dello stesso anno le autorità cinesi informano direttamente l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) specificando che la causa di questa nuova malattia non è stata ancora individuata e il virus non corrisponde a nessun altro di quelli conosciuti. Subito dopo le autorità cinesi riescono ad individuare come epicentro della diffusione del virus il mercato del pesce di Huanan, distretto di Wuhan, dove moltissime persone entrano in contatto con animali sia vivi che morti o anche selvatici senza nessuna precauzione sanitaria e con scarsissime condizioni di igiene. Il mercato viene immediatamente posto a chiusura il 1° Gennaio 2020.

Il 7 Gennaio 2020 le autorità cinesi affermano di aver individuato un nuovo tipo di virus facente parte della stessa famiglia dell'influenza SARS e MARS. Più precisamente è un coronavirus e viene nominato COVID-19.

La prima vittima di questo nuovo virus è un sessantunenne cinese e viene confermato l'11 Gennaio specificando che il decesso è avvenuto per polmonite. Così il presidente della Repubblica Popolare Cinese Xi Jinping, il 20 Gennaio durante la prima dichiarazione ufficiale e globale, annuncia l'imposizione delle prime misure di mitigazione e di distanziamento sociale per frenare la diffusione

del COVID-19 per poi imporre un totale isolamento per Wuhan durante il quale qualsiasi mezzo di trasporto non può né entrare né uscire dalla metropoli.

Il 30 gennaio il direttore generale dell'OMS Tedros Adhanom Ghebreyesus dichiara l'emergenza sanitaria globale. Nella stessa data il presidente del Consiglio dei Ministri della Repubblica Italiana Giuseppe Conte annuncia i primi due casi di COVID-19 nel territorio italiano: si tratta di una coppia di turisti cinesi poi ricoverati in isolamento nell'ospedale per malattie infettive di Roma, lo Spallanzani. Nel giorno successivo il Consiglio dei Ministri dichiara per l'Italia lo stato d'emergenza per il rischio sanitario dovuto dal virus.

Nelle giornate del 21 e 22 Febbraio in Italia si registrano i primi contagi con focolai sparsi nel nord Italia con maggior grandezza nel Lodigiano e nel Veneto. Ciò è avvenuto a causa del rimpatrio di un uomo di 38 anni da Wuhan il quale è stato ricoverato in ospedale a Codogno; così è avvenuto il primo caso di infezione secondaria. In poco più di una settimana avviene un aumento esponenziale dei casi nelle regioni del nord portando al collasso il sistema sanitario italiano. L'8 Marzo¹, a seguito del continuo e smisurato aumento dei contagi e di un picco di morti, l'Italia viene trasformata in "zona rossa" imponendo tutte le misure di mitigazione e distanziamento sociale possibili per poter fronteggiare e contenere l'esponenziale

¹ Bollettino protezione civile: contagi totali 7.375, soggetti attualmente positivi 6.387, soggetti totali guariti 622, soggetti totali deceduti 366.

diffusione del COVID-19, così sono stati annullati tutti gli eventi ed incontri pubblici e chiusi tutti i plessi scolastici ed universitari. Dal 21 Marzo² al 18 Maggio³ vengono incrementate le misure per poter contenere il virus, precisamente vengono chiuse tutte le attività non strategiche, come parte delle attività industriali e terziarie, e rimangono aperte tutte le altre attività che forniscono servizi essenziali per la comunità, come alimentari e farmacie. Le riaperture vengono effettuate gradualmente e non in maniera omogenea in tutte le regioni italiane dal 14 Aprile iniziando con le librerie, cartolerie e negozi di abbigliamento per bambini per poi concludere con la riapertura totale di quasi tutte le attività commerciali e industriali ma con l'obbligo di rispettare le norme di distanziamento sociale imposte.

Dalle scelte intraprese dalle autorità nazionali italiane si capisce come queste abbiano creato problematiche al tessuto economico del Paese. Trattandosi di un virus con un'enorme facilità nel contagiare la popolazione, il governo italiano è stato obbligato nell'imporre un *lockdown* nazionale tramite delle decise misure di distanziamento sociale per poter limitare al minimo il contatto tra tutta la popolazione, così da evitare possibili incontri tra soggetti positivi al COVID-19 (popolazione infetta) e non (popolazione suscettibile). Ciò ha comportato alla momentanea sospensione di tutte le attività commerciali, industriali e terziarie non

² Bollettino protezione civile: contagi totali 53.578, soggetti attualmente positivi 42.681, soggetti totali guariti 6.072, soggetti totali deceduti 4.825.

³ Bollettino protezione civile: contagi totali 225.886, soggetti attualmente positivi 66.553, soggetti totali guariti 127.326, soggetti totali deceduti 32.007.

strategiche, cioè non necessarie per la sussistenza e i bisogni primari della popolazione. Trattandosi di una pandemia, il COVID-19 ha causato anche un blocco nelle interdipendenze produttive e distributive tra le imprese affacciate in mercati esteri causando delle problematiche anche prima che il virus arrivasse in Italia.

Con il *lockdown* moltissimi lavoratori non hanno potuto recarsi nei rispettivi posti di lavoro per poter contribuire all'attività aziendale causando un drastico crollo della produzione mensile così come i ristoratori fino al 18 Maggio non hanno potuto effettuare il proprio servizio. Questo, naturalmente, ha comportato anche una sospensione nel pagamento dei salari mensili per tutte quelle categorie lavorative colpite dalla quarantena le quali sono state aiutate dai sussidi economici come la cassa integrazione erogata dallo Stato, che però corrisponde all'80% dell'intero salario. Di conseguenza, con minori entrate, la capacità di acquisto dei consumatori è diminuita conducendoli all'acquisto dei beni di prima necessità necessari per la loro sussistenza. Il COVID-19, quindi, ha implicato un blocco produttivo ed economico del Paese innescando una iniziale fase di depressione economica rendendo stagnante l'economia; fatto inevitabile dell'art 32 della Costituzione⁴ Italiana. Il sistema nazionale ha fortemente risentito delle conseguenze economiche

⁴ La Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell'individuo e interesse della collettività, e garantisce cure gratuite agli indigenti.

e sociali legate all'epidemia di COVID-19, l'aumento dei contagi e dei decessi va infatti messo in relazione agli effetti negativi sul piano economico.

La tematica qui introdotta verrà sviluppata nei capitoli successivi i quali saranno suddivisi in:

- Capitolo 2: si presenta un'analisi dinamica dell'epidemia per poter determinare la curva dei contagi e il numero di riproduzione che misura la trasmissibilità del virus; si presenta un modello epidemiologico SEIR per poter effettuare una stima dell'andamento dell'epidemia;
- Capitolo 3: le previsioni ricavate da questo modello saranno poi utilizzate, con altre variabili economiche, come variabili esplicative per poter spiegare quali effetti ha avuto il COVID-19 sull'indice di Borsa FTSE-MIB. Per far ciò si elaborerà un modello OLS e verranno effettuati i relativi commenti per poter descrivere gli effetti del COVID-19 sull'economia italiana. Infine, si presenterà un modello con i dati sanitari ufficiali per poterlo confrontare con il modello con i dati sanitari stimati dal modello SEIR e determinare se la nostra stima sia il più possibile vicino alla realtà;
- Conclusione: in quest'ultimo capitolo si riepiloga ciò che è stato presentato in questo rapporto e si effettuano le considerazioni economiche su ciò che è realmente successo e cosa potrà accadere.

2. MODELLO SEIR

Per dimostrare se e quanto l'andamento epidemiologico del virus ha influenzato il tessuto economico italiano, presenterò un modello matematico che permetterà di poter stimare la progressione del COVID-19 determinandone la curva dei contagi e il numero di riproduzione che misura la trasmissibilità del virus, R_t , che rappresenta il numero medio di nuove infezioni secondarie generate da ogni persona infetta. Questo modello epidemiologico matematico è denominato SEIR (Wang et al, 2020). In questo modello la popolazione è suddivisa in 4 compartimenti i quali danno anche il nome al modello stesso:

- **S: Suscettibili**, identifica la parte di popolazione non ancora malata, ma che può essere contagiata, quindi può ammalarsi;
- **E: Esposti**, identifica la parte di popolazione che è stata contagiata essendo entrata in contatto con soggetti infetti, ma ancora non presenta sintomi, quindi dovrà attraversare un periodo di incubazione;
- **I: Infetti**, identifica la parte di popolazione attualmente positiva, quindi malata, e capace di infettare i soggetti suscettibili alla malattia;
- **R: Rimossi**, identifica la parte di popolazione che, dopo aver contratto la malattia, è guarita o deceduta.

Il modello SEIR è un modello di Markov, cioè un modello stocastico utilizzato per modellare sistemi che cambiano in modo casuale: esso si basa infatti sul

presupposto che gli stati futuri dipendano solo dallo stato corrente e non dagli eventi verificatisi precedentemente.

Si tratta di un modello compartimentale, cioè basato sulla divisione della popolazione totale, N , in compartimenti che sono nettamente diversi tra loro, ma all'interno dei quali ogni individuo appartenente ad un dato compartimento presenti caratteristiche uguali a quelle degli altri individui facenti parte dello stesso.

La dinamica SEIR analizza anche il flusso dell'epidemia tra i diversi compartimenti della popolazione. Un soggetto, infatti, inizialmente è solo suscettibile alla malattia, poi successivamente al contatto con un infetto trascorrerà un periodo di incubazione (esposto), alla prima presenza dei sintomi della malattia sarà ritenuto infetto ed infine con la guarigione o morte sarà definito come rimosso. La popolazione totale, quindi, è data da $N = S + E + I + R$.

Questo modello matematico si basa su tre ipotesi (<https://www.youtube.com/watch?v=NKMHhm2Zbkw>) fondamentali per poter semplificare i fenomeni del mondo reale:

- ❖ **Prima ipotesi:** se l'epidemia è presente per un lasso di tempo non eccessivamente lungo si ipotizza che la popolazione totale (N) rimanga costante;
- ❖ **Seconda ipotesi:** per poter avvenire la trasmissione del virus deve esserci il contatto tra soggetti suscettibili (S) e soggetti infetti (I); ciò si baserà su un

parametro denominato tasso di infezione, β_t , che può variare nel tempo a seconda delle misure di mitigazione e distanziamento sociale imposte.

- ❖ **Terza ipotesi:** i soggetti esposti (E) attraverseranno un periodo di incubazione della malattia e i soggetti infetti (I) attraverseranno un periodo alla fine del quale saranno guariti dalla malattia o deceduti; rispettivamente per questi lassi di tempo sono determinati due tassi costanti, il primo è il tasso di incubazione, σ , ed il secondo è il tasso di guarigione o morte (tasso costante di rimozione), γ .

Basandosi su queste tre ipotesi fondamentali del modello si possono creare le equazioni differenziali tramite i tassi di variazione nel tempo dei rispettivi compartimenti della popolazione totale:

- **Suscettibili:** secondo la seconda ipotesi i soggetti suscettibili diminuiranno per la probabilità di incontro tra S e I, quindi a seconda del tasso di infezione β_t .

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -\beta_t I \frac{S}{N}$$

- **Esposti:** secondo la seconda ipotesi i soggetti esposti incrementeranno per i soggetti suscettibili contagiati e secondo la terza ipotesi diminuiranno per quei soggetti esposti che hanno trascorso il periodo di incubazione, quindi secondo il tasso costante di incubazione σ .

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \beta_t I \frac{S}{N} - \sigma E = -\frac{\partial S}{\partial t} - \sigma E$$

- **Infetti:** secondo la terza ipotesi i soggetti infetti incrementeranno per i soggetti esposti che hanno trascorso il periodo di incubazioni, secondo il tasso di incubazione σ , e diminuiranno per quei soggetti infetti che hanno trascorso un lasso di tempo tale per poter essere guariti o deceduti, quindi secondo il tasso di guarigione o morte γ .

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \sigma E - \gamma I$$

- **Rimossi:** sempre secondo la terza ipotesi i soggetti rimossi incrementeranno per tutti quei soggetti infetti che sono guariti o deceduti, secondo il tasso costante di guarigione o morte γ .

$$\frac{\partial R}{\partial t} = \gamma I$$

Naturalmente una malattia, per poter essere ritenuta un'epidemia, deve riprodursi in maniera esponenziale all'interno della popolazione. Ciò può succedere con maggior facilità nella fase iniziale della malattia, cioè dove non si è ancora a conoscenza della sua capacità di contagio e le misure di distanziamento sociale, se necessarie, non sono state ancora attuate. Tutto ciò è rappresentabile dal tasso di riproduzione di base:

$$R_t = \frac{\beta_t}{\gamma}$$

Se $R_t > 1$ l'epidemia è autosufficiente, cioè ogni soggetto infetto sarà capace di infettare in modo secondario uno o più soggetti. Esso, infatti, presuppone $\beta_t > \gamma$.

Nelle fasi iniziali di un'epidemia il numero di riproduzione di base è molto elevato perché il tasso di infezione β_t è elevato dovuto dalle minime o anche inesistenti misure di distanziamento sociale.

Le autorità, per poter contenere l'aumento esponenziale dei contagi, devono riuscire a rendere $R_t < 1$ utilizzando le misure di mitigazione e distanziamento sociale opportune per poter diminuire la possibilità di contatto tra popolazione malata e non, quindi $\gamma > \beta_t$. Ciò sarà possibile perché, grazie alle misure di distanziamento sociale, il tasso di infezione β_t diminuirà e sarà minore rispetto al tasso costante di rimozione. Comunque, con il progredire della malattia, il tasso di riproduzione effettivo R_t diventerà sicuramente minore di 1 in maniera naturale a causa della fisiologica riduzione dei suscettibili, cioè dei soggetti contagiabili.

Si può osservare come il tasso di infezione, che si basa sul contatto tra popolazione suscettibile ed esposta, sia di importanza fondamentale per poter determinare l'espansione della malattia nella popolazione. Naturalmente un elevato tasso di contatto tra le due tipologie di popolazione causa un elevatissimo numero di infetti e di contagiati massimi alla fine dell'epidemia. Basandosi su questo concetto, l'unica possibilità per le autorità nazionali di evitare il collasso del Servizio Sanitario Nazionale è quello di imporre tutte le misure di distanziamento sociale e di prevenzione necessarie per poter ammortizzare nel tempo il numero dei contagiati e, quindi, di coloro che manifestano sintomi gravi ai quali è necessaria una cura in terapia intensiva. Se anche solo l'1% della popolazione nello stesso

momento facesse parte della frazione degli infetti attivi, quindi di coloro che necessitano di cure, ciò causerebbe un collasso del sistema sanitario (in Italia i posti in terapia intensiva prima dell'epidemia erano 5200 e l'1% della popolazione totale italiana ammonta circa a 603.000; Corriere della Sera, 2020). Da come si può notare, le misure di distanziamento sociale sono importanti anche per poter espandere nel tempo il numero di infetti attivi così da poter implementare il Servizio Sanitario Nazionale ed evitare possibili collassi di quest'ultimo.

Uno degli obiettivi di questo modello è quello di riuscire a prevedere il tasso di riproduzione R_t , più precisamente per cercare di portarlo sotto il valore 1 così da evitare la trasmissione del virus nella popolazione. Per far ciò si tenta di diminuire il tasso di infezione, cioè evitare i contatti tra popolazione suscettibile e infetta imponendo misure di mitigazione e di distanziamento sociale. Naturalmente all'inizio dell'epidemia il tasso di riproduzione sarà per ipotesi maggiore di 1, visto che le autorità non sono ancora a conoscenza della pericolosità di contagio del virus. Dalla stima effettuata da Remuzzi e Remuzzi (2020) basata sui dati dello scoppio della malattia in Italia il tasso di contagio negli ultimi giorni di Febbraio è tra 2,76 e 3,25. Basandosi su questa stima si può ipotizzare un tasso di riproduzione R_t al 24 Febbraio uguale a 3, data in cui si suppone l'arrivo dell'epidemia in Italia. Le autorità pubbliche, per diminuire l'elevato valore del tasso di riproduzione e portarlo ad un valore minore di 1, decidono quindi di imporre misure di distanziamento sociale che sono anche utili per diminuire il tasso di infezione β_t .

L'obiettivo delle autorità pubbliche è di portare il tasso di riproduzione R_t da un valore iniziale di 3 ad un valore di 0,75 che permette di bloccare il diffondersi dei contagi per poi farli diminuire. In questo lavoro si assume che R_t decada in ragione iperbolica; ciò è visibile nel grafico qui riportato.

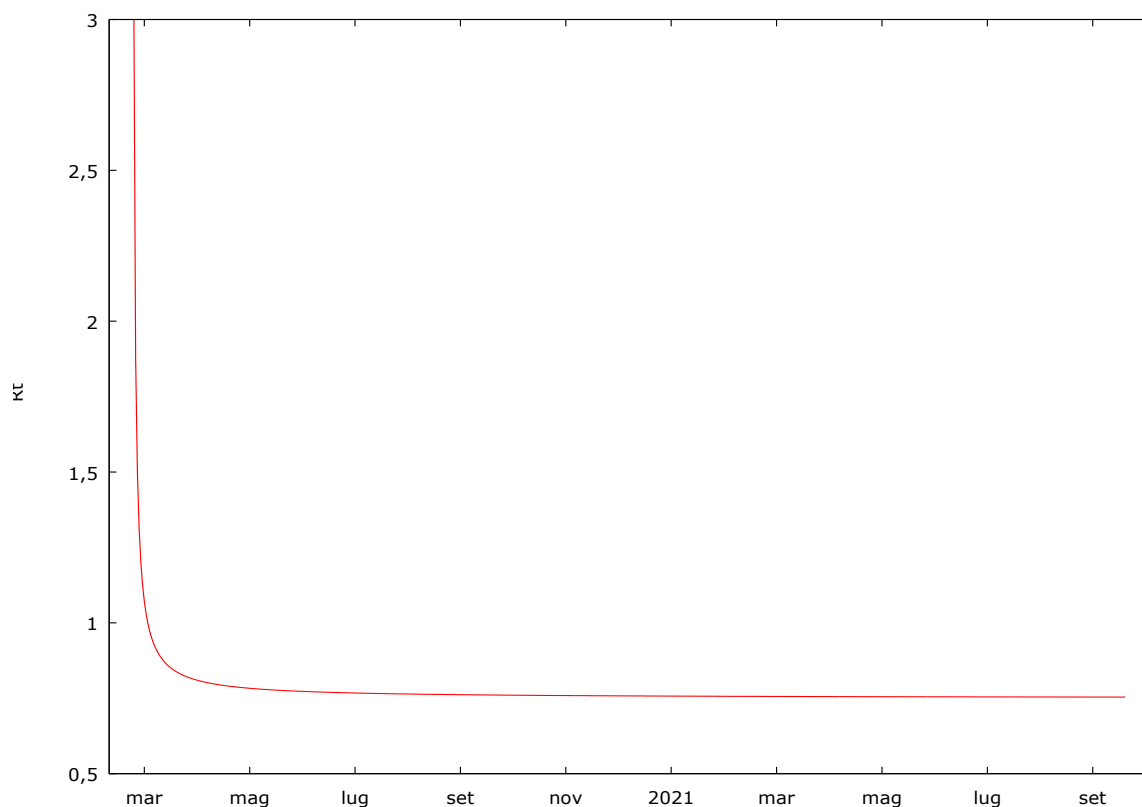


Figura 1: decadenza iperbolica del tasso di riproduzione R_t

2.1 I PARAMETRI DEL MODELLO

Sono già stati presentati, insieme all'ipotesi su cui si basa il modello teorico, i parametri necessari per poter creare un modello possibilmente più simile alla realtà.

I due tassi σ e γ , per ipotesi costanti, rappresentano rispettivamente il tasso di incubazione ed il tasso di guarigione o morte (tasso costante di rimozione). Nel modello questi tassi sono costanti perché, con uno studio di Wang et al. (2020) sul COVID-19, si è individuato un intervallo di tempo inerente alla durata dell'incubazione del virus e al periodo necessario per poter guarire o morire da determinato virus. Dallo studio effettuato si identifica come la durata della malattia stimata sia approssimativamente di 18 giorni⁵ e il periodo di incubazione stimato della malattia sia approssimativamente di 5,2 giorni. Adesso possiamo impostare i valori inerenti al tasso costante di rimozione e di incubazione che siano in grado di riflettere nel modello la reale durata della malattia ed il reale periodo di incubazione:

- tasso costante di incubazione, $\sigma = \frac{1}{5,2}$;
- tasso costante di guarigione o morte, $\gamma = \frac{1}{18}$.

⁵ In realtà il periodo stimato di ospedalizzazione è di 12,39 giorni, ma per ottenere il periodo esatto necessario per la rimozione della malattia bisogna tener conto anche del tempo mediano dell'insorgenza della malattia alla diagnosi tra i pazienti confermati; questo periodo è di circa 5 giorni.

3. ANALISI EMPIRICA

Dopo aver applicato il modello SEIR, in questo capitolo imposterò il modello teorico sugli effetti che il COVID-19 ha avuto sull'economia italiana.

3.1.1 MODELLO SEIR SULL'ITALIA

Basandosi sulle ipotesi e sulle equazioni differenziali presentate nel capitolo precedente, si analizza l'andamento dell'epidemia ipotizzando che le autorità sanitarie e politiche decidano di impostare misure di distanziamento sociale così come è già stato scritto nel capitolo precedente.

Dall'equazione del tasso di riproduzione, $R_t = \frac{\beta_t}{\gamma}$, si può ricavare l'equazione del tasso di infezione che, come già specificato precedentemente, subisce una variazione negativa grazie all'imposizione delle misure di distanziamento sociale,

$$\beta_t = R_t \cdot \gamma.$$

Si impostano i valori iniziali necessari per poter stimare le curve epidemiologiche e i relativi dati sanitari di questo modello basandosi sui dati relativi al 24 Febbraio 2020 ricavati dai bollettini della Protezione Civile:

- $S_0 = N - (E_0 + I_0 + R_0)$, esso rappresenta il totale iniziale dei soggetti suscettibili, cioè il totale della popolazione meno gli altri compartimenti;
- $E_0 = 3I = 663$ sono i soggetti contagiati che stanno attraversando il periodo di incubazione del virus. Si ipotizza che gli esposti siano 3 volte

gli infetti visto la facilità di contagio iniziale dovuta da un elevato tasso di riproduzione di base;

- $I_0 = 221$, infetti attualmente positivi al 24 Febbraio 2020;
- $R_0 = 8$, ammontare iniziale dei deceduti più i guariti.

3.1.2 RISULTATI DEL MODELLO SEIR

Attraverso il modello SEIR vengono individuati i relativi dati e le relative stime sui compartimenti della popolazione.

Come si nota dal grafico qui riportato (*Figura 2*) i casi totali di contagio dal 24 Febbraio, giorno di inizio delle stime, sono solo circa 6500. Questo dato inerente ai casi totali è dato dal fatto che le autorità pubbliche sono state in grado di imporre delle efficienti e repentine misure di distanziamento sociale che hanno permesso di ridurre al minimo il danno sanitario che poteva causare il COVID-19.

Si nota come la crescita iniziale dei casi totali avanzi più rapidamente rispetto ai casi totali che crescono da Settembre 2020 a Settembre 2021. Questo permette di affermare che le misure di distanziamento sociale siano state anche utili per diminuire l'impatto iniziale del virus sulla popolazione.

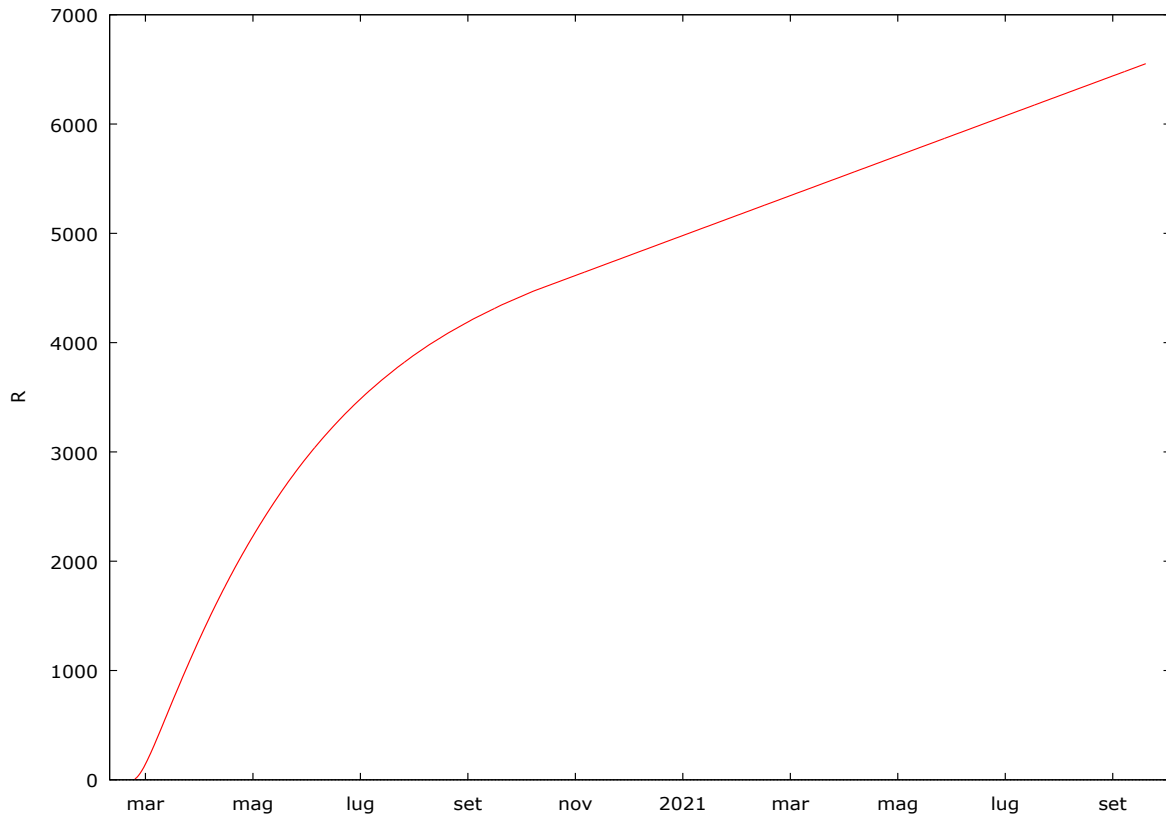


Figura 2: grafico inerente alla stima della popolazione Rimossa, quindi i casi cumulativi nei 19 mesi.

Il secondo grafico (*Figura 3*) rappresenta la curva della popolazione con un'infezione attiva. Si nota che il picco della popolazione Infetta sia di 700 persone, cifra che non crea nessun tipo di problema al Sistema Sanitario Nazionale visto che i posti letto in terapia intensiva sono di 5200. Il 12 Marzo 2020 è il giorno in cui si ha il massimo dei soggetti con un'infezione attiva per poi avere una continua diminuzione di quest'ultimi. Il picco stimato della popolazione con un'infezione

attiva non rappresenta perfettamente il picco reale visto che quest'ultimo, secondo i dati ufficiale dell'ISS (Istituto Superiore di Sanità), si è avuto il 19 Aprile 2020 con 108.257 infetti. Il picco stimato, invece, si suppone che sia avvenuto il 12 Marzo 2020 con 700 infetti. Questo dimostra l'evidente sottostima del modello SEIR rispetto al caso reale; ciò è dovuto dal fatto che il tasso di riproduzione R_t subisce la caduta iperbolica molto rapidamente rispetto a ciò che è avvenuto realmente.

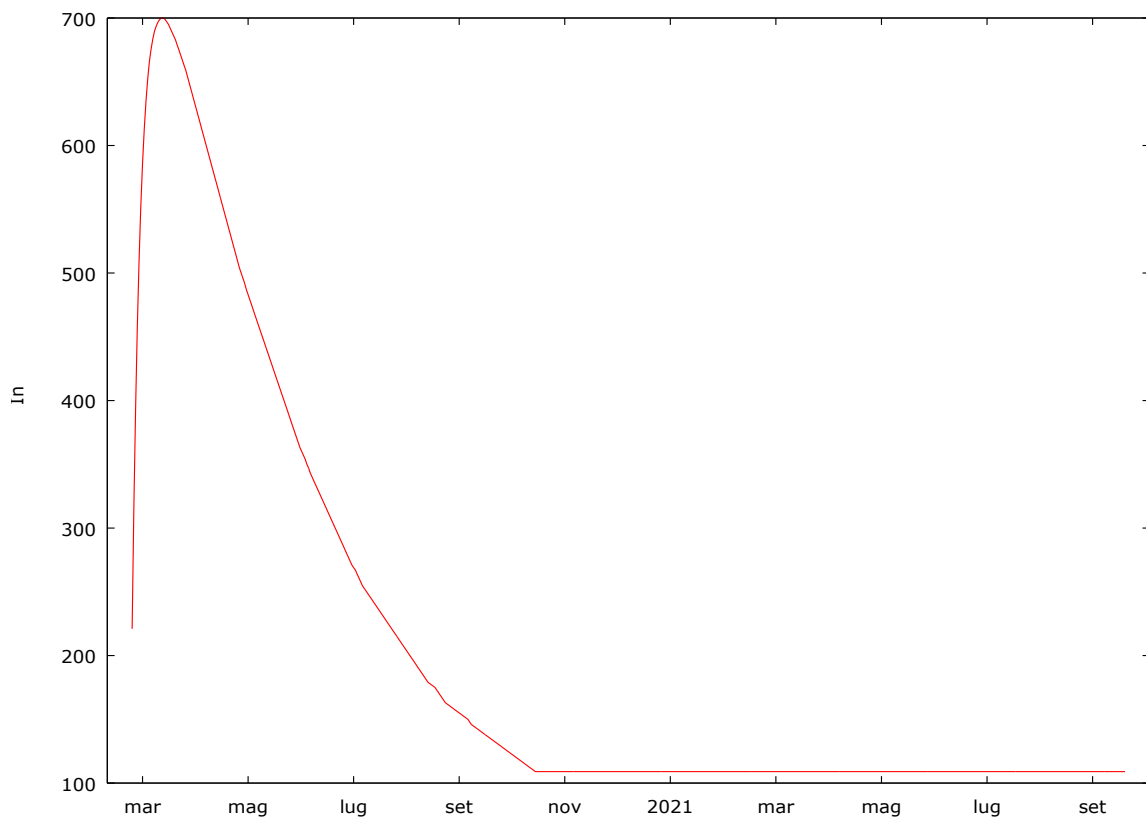


Figura 3: grafico inerente alla stima della popolazione Infetta nei 19 mesi.

3.2.1 MODELLO SUGLI EFFETTI DEL COVID-19

Le stime ricavate dal modello SEIR sono utilizzate insieme ad altre variabili economiche in un modello OLS sugli effetti che il COVID-19 ha avuto in Italia. Più precisamente si utilizza il modello OLS dinamico perché risulta essere adatto per poter studiare i dati che sono rilevati nel tempo. Il modello econometrico si basa sull'equazione $Y_t = X_t'\beta + \varepsilon_t$, dove:

- Y_t rappresenta la variabile dipendente, cioè la variabile che deve essere osservata;
- X_t' rappresenta la matrice dei regressori; in essa sono inserite tutte le variabili esplicative necessarie ed utili per poter spiegare ciò che è avvenuto nella variabile dipendente. Le variabili esplicative possono essere significative o meno per la variabile dipendente impostata nel modello;
- β è il vettore dei parametri;
- $\varepsilon_t \sim i. i. d. (0, \sigma^2)$ rappresenta l'innovazione al tempo t.

3.2.2 I DATI

Per stimare il modello OLS dinamico sono stati utilizzati dati giornalieri (7 giorni) dal 24 Febbraio 2020 al 14 Settembre 2020. I valori giornalieri delle variabili utilizzate non sono presenti per i giorni di chiusura delle relative Borse, per questo

in caso di valore mancante per determinarli è stato utilizzato come valore giornaliero di chiusura lo stesso valore del giorno precedente.

Si definisce come variabile dipendente il tasso di variazione percentuale giornaliero o rendimento del FTSE-MIB, il più significativo indice azionario della Borsa Italiana nel quale sono incluse le azioni delle 40 società italiane quotate, anche con sede legale all'estero, con maggior capitalizzazione e maggior liquidità. La decisione di utilizzare il rendimento giornaliero di questo indice come variabile dipendente è data dal fatto che esso ha subito delle importanti variazioni negative, quindi perdite, a causa dello scoppio dell'epidemia di COVID-19, quindi permette di poter identificare gli effetti economici dell'epidemia in Italia. La variabile dipendente viene nominata nel modello come *ld_FTSEMIB*.

Le variabili esplicative adatte per poter osservare ciò che è avvenuto nella variabile dipendente sono molteplici perché si deve tener conto di una molteplicità di aspetti economico-sociali.

1. Le variabili esplicative che considerano l'aspetto economico sono:
 - il rendimento giornaliero del DAX, cioè il segmento della Borsa di Francoforte contenente i 30 titoli a maggior capitalizzazione. Viene preso in considerazione questo indice perché potrebbe rappresentare un proxy dello stato di salute economica dell'UE essendo uno dei principali indici azionari Europei. Questa variabile viene nominata nel modello come *ld_DAX*.

- il rendimento giornaliero del SSEEC, cioè l'indice di riferimento della Borsa di Shanghai in Cina che raggruppa tutte le aziende quotate. Essendo la Cina il primo Paese in cui il virus si è manifestato è opportuno utilizzare questo indice per l'analisi. La variabile è nominata come *ld_SSEC*.
 - il rendimento giornaliero dello SPREAD, cioè la differenza di rendimento tra i Bund (titoli di Stato emessi dalla Germania considerato come lo strumento di riferimento per la solidità economica europea e l'affidabilità dei Paesi europei) e i Btp decennale (titoli di Stato emessi dall'Italia). Questo differenziale permette di osservare l'affidabilità dello Stato nel rimborsare il suo debito, quindi una minor affidabilità causa una minor fiducia che deve essere riequilibrata aumentando il rendimento del titolo di Stato per far sì che il finanziatore ottenga un maggior premio a confronto di un maggior rischio. Quest'ultima variabile economica è nominata nel modello come *ld_SPREAD*.
2. Nell'analisi si tiene anche conto di una variabile esplicativa inerente al mercato delle fonti energetiche, cioè il tasso di variazione percentuale giornaliero del prezzo del petrolio inerente al Future Petrolio Brent. Il petrolio viene scambiato nei mercati finanziari tramite degli appositi contratti denominati futures i quali permettono di poter scambiare una determinata quantità di attività reale o finanziaria ad un prezzo prefissato che sarà diverso rispetto al prezzo che sarà quotato nel giorno dell'effettivo

scambio. L'utilizzo del Brent e non di altri indici inerenti al prezzo del petrolio è dato dal fatto che è utilizzato maggiormente in Europa e anche in Medio Oriente ed Africa. Questa variabile esplicativa è nominata come *ld_BRENT*.

3. In qualsiasi crisi economica si deve tener conto dell'aspetto psicologico, per questo viene inserite come variabile esplicativa il tasso di variazione percentuale giornaliero del prezzo dell'oro. Gli investitori in periodi di crisi, quindi anche di incertezza, cercano di tutelare e proteggere i loro investimenti trasferendoli da investimenti a medio-alto rischio, ad esempio azioni, a beni rifugio come l'oro. Questa variabile viene inserita nel modello come *ld_GOLD*.
4. Come ultimo aspetto si tiene conto, naturalmente, di quello sanitario. Come variabili esplicative si utilizzerà la differenza prima delle stime generate dal modello SEIR inerenti alla popolazione infetta I ed alla popolazione rimossa R. Queste due variabili esplicative sono inserite nel modello rispettivamente come *ld_I* e *ld_R*.

Gli indici FTSE-MIB, DAX, SSEC, il differenziale SPREAD ed il prezzo del petrolio Brent e dell'oro sono stati inserite nel modello come tassi di crescita percentuale giornalieri prendendo i loro rispettivi valori di chiusura giornalieri e calcolando la differenza prima dei logaritmi, cioè $y_t = \ln(x_t) - \ln(x_{t-1})$.

3.2.3 STIME E COMMENTI DEL MODELLO OLS

modellol: OLS, usando le osservazioni 2020-02-25:2020-09-14 (T = 203)
 Variabile dipendente: ld_FTSEMIB

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value
const	0,000872959	0,00149177	0,5852	0,5591
ld_DAX	0,886618	0,0346969	25,55	3,75e-064 ***
ld_SSEC	-0,0957189	0,0562715	-1,701	0,0905 *
ld_BRENT	-0,000994930	0,0146720	-0,06781	0,9460
ld_SPREAD	-0,108041	0,0141958	-7,611	1,14e-012 ***
ld_GOLD	-0,0593587	0,0472249	-1,257	0,2103
ld_In	0,139954	0,100406	1,394	0,1649
ld_R	-0,0432405	0,0371176	-1,165	0,2455
Media var. dipendente	-0,000830	SQM var. dipendente	0,023046	
Somma quadr. residui	0,013470	E.S. della regressione	0,008311	
R-quadro	0,874453	R-quadro corretto	0,869946	
F(7, 195)	194,0291	P-value(F)	2,88e-84	
Log-verosimiglianza	688,4372	Criterio di Akaike	-1360,874	
Criterio di Schwarz	-1334,369	Hannan-Quinn	-1350,151	
rho	-0,067558	Durbin-Watson	2,132014	

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

Escludendo la costante, il p-value è massimo per la variabile 28 (ld_BRENT)

Figura 4: modello OLS con variabili sanitarie stimate con il modello SEIR.

Si può notare la presenza di due variabili significative. Utilizzando per l'analisi del modello i coefficienti relativi alle variabili significative si nota:

- *ld_DAX* ha un coefficiente positivo di 0,8866. Ciò sta a significare che ogni variazione unitaria che interviene su questa variabile scaturisce nella variabile dipendente una variazione pari al coefficiente, quindi una variazione pressoché simile. Ciò segnala che c'è un'elevata influenza di

questa variabile esplicativa sulla variabile dipendente e questa situazione è confermata anche dal coefficiente di correlazione delle due variabili che è uguale a 0,9085.

- *ld_SPREAD* ha un coefficiente negativo di -0.108. Basandosi sull'interpretazione dello SPREAD come un indicatore di fiducia dei risparmiatori verso un determinato Paese, il rapporto negativo che risulta da questa stima tra il FTSE-MIB e lo SPREAD identifica che all'aumentare di quest'ultimo, quindi del divario tra rendimento dei BUND e BTP, il primo subisce una variazione negativa.

Tra le altre variabili esplicative non significative si nota:

- *ld_GOLD*, questa non significatività presuppone che gli investitori, anche ritirando parte dei loro investimenti dai mercati azionari, non sembrano utilizzato l'oro come bene rifugio;
- *ld_BRENT*, anche se essa non risulta significativa sia il FTSE-MIB che il prezzo del petrolio BRENT hanno subito un calo a causa del COVID-19 e del *lockdown* imposto che ha causato una massiccia diminuzione del consumo dei prodotti derivati del petrolio.

L'ultima variabile economica *ld_SSEC* ha una lieve significatività, ciò significa che l'andamento del SSEC e dell'economia cinese ha inciso lievemente sul FTSE-MIB.

Gli indici R^2 e R^2 corretto sono rispettivamente 0,8744 e 0,8699. Considerando che il valore massimo di entrambi gli indicatori è 1, si suppone che il modello potrebbe avere una buona capacità previsiva.

L'indicatore DW (Durbin-Watson) è di 2,13 e questo identifica come il modello non abbia residui correlati fino al primo ordine, ma per determinare se non c'è correlazione nei residui per ordini successivi al primo si effettua il test BG (Breush-Godfrey). Nonostante si segnali una presenza lieve nel quarto e nel sesto ordine di autocorrelazione dei residui, i rispettivi test F e Chi-quadro non rifiutano l'ipotesi nulla, quindi il modello non sembra essere mispecificato.

Test di Breusch-Godfrey per l'autocorrelazione fino all'ordine 7
 OLS, usando le osservazioni 2020-02-25:2020-09-14 (T = 203)
 Variabile dipendente: uhat

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value
const	0,000223150	0,00148691	0,1501	0,8809
ld_DAX	0,0139548	0,0372224	0,3749	0,7082
ld_SSEC	0,0206643	0,0579851	0,3564	0,7220
ld_BRENT	0,00579002	0,0148935	0,3888	0,6979
ld_SPREAD	0,000570086	0,0151739	0,03757	0,9701
ld_GOLD	0,0139038	0,0483645	0,2875	0,7741
ld_In	0,0194980	0,100178	0,1946	0,8459
ld_R	-0,00603163	0,0370321	-0,1629	0,8708
uhat_1	-0,108512	0,0736551	-1,473	0,1424
uhat_2	-0,0978452	0,0741626	-1,319	0,1887
uhat_3	-0,108097	0,0731572	-1,478	0,1412
uhat_4	-0,151840	0,0743096	-2,043	0,0424 **
uhat_5	-0,0593347	0,0763851	-0,7768	0,4383
uhat_6	-0,140183	0,0788029	-1,779	0,0769 *
uhat_7	-0,0872128	0,0784160	-1,112	0,2675

R-quadro = 0,049818

Statistica test: LMF = 1,408123,
 con p-value = $P(F(7,188) > 1,40812) = 0,204$

Statistica alternativa: $TR^2 = 10,113084$,
 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(7) > 10,1131) = 0,182$

Ljung-Box $Q' = 6,13978$,
 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(7) > 6,13978) = 0,524$

Figura 5: test BG per l'autocorrelazione fino all'ordine 7.

Per concludere l'analisi si nota come le variabili sanitarie tratte dalla stima del modello SEIR risultino non significative per il FTSE-MIB. Prima di giustificare questo aspetto si effettua un modello OLS dinamico simile a quello precedente ma utilizzando delle variabili sanitarie che si basano su dati ufficiali e non stimati:

- *ld_casi*: tasso di variazione percentuale giornaliero dei casi totali registrati dal 24 Febbraio;
- *ld_rec*: tasso di variazione percentuale giornaliero della somma dei soggetti guariti e deceduti registrati dal 24 Febbraio.

modello2: OLS, usando le osservazioni 2020-02-25:2020-09-14 (T = 203)
 Variabile dipendente: ld_FTSEMIB

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-0,000750710	0,000651813	-1,152	0,2508	
ld_DAX	0,889134	0,0349884	25,41	8,61e-064	***
ld_SSEC	-0,114356	0,0577520	-1,980	0,0491	**
ld_BRENT	-0,000753748	0,0147324	-0,05116	0,9592	
ld_SPREAD	-0,108279	0,0142739	-7,586	1,32e-012	***
ld_GOLD	-0,0716041	0,0472808	-1,514	0,1315	
ld_casi	-0,0173958	0,0143160	-1,215	0,2258	
ld_rec	0,0116285	0,00835222	1,392	0,1654	
Media var. dipendente	-0,000830	SQM var. dipendente	0,023046		
Somma quadr. residui	0,013570	E.S. della regressione	0,008342		
R-quadro	0,873523	R-quadro corretto	0,868983		
F(7, 195)	192,3979	P-value (F)	5,90e-84		
Log-verosimiglianza	687,6883	Criterio di Akaike	-1359,377		
Criterio di Schwarz	-1332,871	Hannan-Quinn	-1348,653		
rho	-0,050611	Durbin-Watson	2,096938		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

Escludendo la costante, il p-value è massimo per la variabile 28 (ld_BRENT)

Figura 6: modello OLS con variabili sanitarie basate su dati ufficiali.

Si nota immediatamente come anche queste variabili sanitarie non risultino significative per la variabile dipendente. La stima è simile al modello precedente avendo le stesse variabili esplicative significative ed un R^2 e un R^2 corretto molto simili.

La netta similarità tra questi due modelli permette di affermare che la stima pervenuta dal modello epidemiologico non è così distante dalla realtà, quindi può essere applicata per effettuare una stima degli effetti che il COVID-19 ha avuto in Italia. L'unica differenza presente tra questi due modelli OLS è che la variabile esplicativa *ld_SSEC* risulta essere più significativa rispetto al modello precedente. La non significatività delle variabili sanitarie ricavate dalla stima o dai dati ufficiali è data dalla paura degli investitori nel vivere una possibile nuova crisi finanziaria ed è questo che ha inciso molto sul crollo degli indici di borsa. Ciò si può notare nel prossimo modello OLS dinamico il quale ha come due variabili esplicative due dummy, cioè una variabile binaria che assume valore 0 o 1. Queste due variabili rappresentano rispettivamente l'annuncio e l'entrata in vigore dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'9 Marzo e del 18 Maggio 2020:

- *ddl_9mar*: questa variabile esplicativa è una dummy che assumerà valore 1 nei giorni in cui è stato annunciato il decreto del 9 Marzo e quando quest'ultimo è entrato in vigore, rispettivamente il 9 e il 10 Marzo 2020, e valore 0 altrove;
- *ddl_18mag*: quest'altra variabile è anche essa una dummy che assumerà valore 1 nei giorni in cui è stato annunciato il decreto del 18 Maggio e quando quest'ultimo è entrato in vigore, rispettivamente il 18 e il 19 Maggio 2020, e valore 0 altrove.

Questo terzo modello presenta la stessa variabile dipendente e gli stessi regressori degli altri modelli ma con l'aggiunta di alcune variabili ritardate al tempo $t = -1$: *ld_SPREAD*, *ld_casi* e *ld_guariti*.

Modello 1: OLS, usando le osservazioni 2020-02-26:2020-09-14 (T = 202)
 Variabile dipendente: *ld_FTSEMIB*

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-0,000235637	0,000567063	-0,4155	0,6782	
ld_DAX	0,884705	0,0304712	29,03	1,38e-071	***
ld_SSEC	-0,103570	0,0493377	-2,099	0,0371	**
ld_BRENT	-0,00807800	0,0127852	-0,6318	0,5283	
ld_SPREAD	-0,103473	0,0125104	-8,271	2,33e-014	***
ld_SPREAD_1	0,0497224	0,0107976	4,605	7,56e-06	***
ld_GOLD	-0,0571968	0,0412774	-1,386	0,1675	
ld_casi	-0,00441221	0,0203528	-0,2168	0,8286	
ld_casi_1	-0,00340525	0,0174977	-0,1946	0,8459	
ld_guariti	0,00707381	0,00347841	2,034	0,0434	**
ld_guariti_1	-0,00358024	0,00320220	-1,118	0,2650	
ddl_9mar	-0,0323556	0,00567731	-5,699	4,56e-08	***
ddl_18mag	-0,0222600	0,00520189	-4,279	2,98e-05	***
Media var. dipendente	-0,000763	SQM var. dipendente	0,023083		
Somma quadr. residui	0,009680	E.S. della regressione	0,007157		
R-quadro	0,909617	R-quadro corretto	0,903878		
F(12, 189)	158,5085	P-value(F)	1,03e-91		
Log-verosimiglianza	717,9146	Criterio di Akaike	-1409,829		
Criterio di Schwarz	-1366,822	Hannan-Quinn	-1392,428		
rho	-0,234302	Durbin-Watson	2,462801		

Note: SQM = scarto quadratico medio; E.S. = errore standard

Escludendo la costante, il p-value è massimo per la variabile 31 (*ld_casi_1*)

Figura 7: modello OLS con due variabili dummy.

Come si nota le due dummy risultano significative per il FTSE-MIB ed entrambe hanno un coefficiente negativo, *ddl_9mar* di -0,03235 e *ddl_18mag* di -0,02226. Da questi valori si può ricavare che il decreto del 9 Marzo ha avuto un impatto maggiormente negativo sull'indice borsistico italiano rispetto al quello del 18

Maggio, anche se lieve; ciò è dato dal fatto che con il primo decreto si è introdotto un *lockdown* obbligatorio su tutto il territorio nazionale bloccando l'economia del Paese. Anche se con il decreto del 18 Maggio si sono riaperte maggior parte delle attività italiane, la variabile *ddl_18mag* ha un impatto negativo perché rappresenta sempre una situazione di stallo dovuta dalla continua presenza del virus.

Gli indici R^2 e R^2 corretto di questo modello sono rispettivamente 0,9096 e 0,9038. L'indicatore DW è di 2,46 e ciò potrebbe identificare la presenza di residui correlati al primo ordine e possibilmente anche agli ordini successivi al primo, perciò per identificare l'eventuale presenza di autocorrelazione dei residui si effettua il test BG. Si afferma la presenza di autocorrelazione dei residui nel primo ordine e ciò è appurato anche dall'indicatore DW, come riportato sopra. Successivamente si osserva una lieve presenza nel secondo e nel terzo ordine di autocorrelazione dei residui e nonostante ciò i rispettivi test F e Chi-quadro non rifiutano l'ipotesi nulla, quindi il modello non sembra essere mispecificato per il secondo e terzo ordine.

Test di Breusch-Godfrey per l'autocorrelazione fino all'ordine 7
 OLS, usando le osservazioni 2020-02-26:2020-09-14 (T = 202)
 Variabile dipendente: uhat

	coefficiente	errore std.	rapporto t	p-value	
const	-1,26981e-05	0,000550892	-0,02305	0,9816	
ld_DAX	-0,00799334	0,0314363	-0,2543	0,7996	
ld_SSEC	-0,00415681	0,0492780	-0,08435	0,9329	
ld_BRENT	0,00752664	0,0129081	0,5831	0,5606	
ld_SPREAD	-0,00193982	0,0132877	-0,1460	0,8841	
ld_SPREAD_1	-0,00247633	0,0112791	-0,2195	0,8265	
ld_GOLD	0,0162529	0,0414017	0,3926	0,6951	
ld_casi	-0,00293087	0,0202308	-0,1449	0,8850	
ld_casi_1	-0,000351187	0,0172660	-0,02034	0,9838	
ld_guariti	0,00111365	0,00344274	0,3235	0,7467	
ld_guariti_1	0,000780140	0,00314784	0,2478	0,8045	
ddl_9mar	0,00277433	0,00562642	0,4931	0,6225	
ddl_18mag	-0,00224407	0,00511868	-0,4384	0,6616	
uhat_1	-0,311227	0,0764812	-4,069	7,02e-05	***
uhat_2	-0,185039	0,0781409	-2,368	0,0189	**
uhat_3	-0,151041	0,0792774	-1,905	0,0583	*
uhat_4	-0,0894587	0,0822813	-1,087	0,2784	
uhat_5	-0,0728215	0,0863613	-0,8432	0,4002	
uhat_6	-0,0356552	0,0875566	-0,4072	0,6843	
uhat_7	0,0186961	0,0827702	0,2259	0,8215	

R-quadro = 0,095762

Statistica test: LMF = 2,753484,
 con p-value = $P(F(7,182) > 2,75348) = 0,00965$

Statistica alternativa: $TR^2 = 19,343872$,
 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(7) > 19,3439) = 0,00718$

Ljung-Box $Q' = 13,0862$,
 con p-value = $P(\text{Chi-quadro}(7) > 13,0862) = 0,07$

Figura 8: test BG per l'autocorrelazione fino all'ordine 7 del modello OLS con variabili dummy

4. CONCLUSIONE

Questo rapporto combina due modelli, il modello epidemiologico SEIR necessario per poter attuare un'analisi dell'andamento dell'epidemia di COVID-19 e il modello statistico/econometrico OLS che è stato utilizzato per poter effettuare le considerazioni economiche sugli effetti che il COVID-19 ha avuto in Italia.

Le autorità italiane, per evitare il collasso del Servizio Sanitario Nazionale e per tutelare la popolazione dal virus, hanno deciso di imporre il *lockdown*, ma ciò ha comportato a subire gli effetti del COVID-19 come possiamo notare da alcuni dati dell'ISTAT qui riportati:

- variazione produzione industriale mensile di Marzo rispetto a Febbraio -28,4%;
- variazione PIL secondo trimestre rispetto al trimestre precedente -12,4%.

Dalla comparazione dei modelli OLS effettuata nel capitolo 3 si afferma che ciò che ha danneggiato l'economia italiana non è il danno materiale sanitario provocato dal COVID-19 ma tutte le precauzioni, come il *lockdown*, che hanno rallentato l'economia nazionale rendendola stagnante.

Sicuramente l'Italia non potrà permettersi di imporre un nuovo *lockdown* perché ciò comporterebbe nel fermare nuovamente le attività economiche del Paese causando un altro drastico calo del PIL e della condizione economica.

Osservando i modelli presentati nel capitolo precedente si nota che il mercato finanziario sembra essere più sensibile ai decreti Legge rispetto alla congiuntura

economica e sanitaria e che l'evoluzione della pandemia non sembra avere effetti diretti sul tasso di crescita del FTSE-MIB.

La stima del modello SEIR, come già esposto, potrebbe essere perfezionata in modo da renderla più aderente alla realtà. La stima potrebbe essere corretta modificando i tassi di incubazione e di rimozione da costanti a variabili nel tempo e il periodo di riferimento delle stime oppure utilizzare un modello epidemiologico più complesso o dettagliato di quello qui utilizzato, ad esempio il modello SEIRD.

La possibilità che ci potrebbe essere una seconda ondata di contagi dovuti dal COVID-19 non è così remota. Negli ultimi mesi, nei quali le misure di distanziamento sociale sono state quasi totalmente rimosse, il tasso di riproduzione R_t è ritornato maggiore di uno destando le prime preoccupazioni. L'unica differenza presente con la fase iniziale del virus è che adesso si conosce la sua facilità di contagio e che sono state delineate misure precauzionali, come l'uso della mascherina in luoghi chiusi.

Nel caso in cui la situazione di stallo attuale si dovesse trasformare in una seconda ondata simile alla prima, ciò potrebbe causare l'imposizione di un nuovo *lockdown* con conseguenze economiche catastrofiche. L'economia risentirà fortemente la prima crisi dovuta dalla prima ondata e dovrà affrontare la seconda crisi in una situazione economica già molto precaria.

BIBLIOGRAFIA

Atkeson A. (2020), *WHAT WILL BE THE ECONOMIC IMPACT OF COVID-19 IN THE US? ROUGH ESTIMATES OF DISEASE SCENARIOS*, Nber Working Paper Series, n.26867

Cai Y., Chang R., Dong Y., Huang J., Shang M., Shen T., Tsamlag L., Wang H., Wang Y., Wang Z., Xu C., Xu G., Yu X., Zhang S., Zhang X. (2020), *Phase-adjusted estimation of the number of Coronavirus Disease 2019 cases in Wuhan, China*, Cell Discovery, n.10

Remuzzi A. & Remuzzi G. (2020), *COVID-19 and Italy: what next?*, The Lancet, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30627-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30627-9)

Imarisio M. (2020), *Coronavirus, c'è solo un mese per trovare 4 mila letti in terapia intensiva*, Corriere della Sera

SITOGRAFIA

- <https://www.investing.com/>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale
- <http://www.governo.it/it/articolo/firmato-il-dpcm-9-marzo-2020/14276>
- <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2020/05/18/20A02727/sg>
- https://www.istat.it/it/files/2020/07/FLASH_20q2.pdf

- <https://www.istat.it/it/archivio/242661>
- https://www.corriere.it/salute/20_maggio_18/coronavirus-italia-225886-casi-positivi-32007-morti-bollettino-18-maggio-6de3ae5e-9917-11ea-8e5b-51a0b6bd4de9.shtml
- <http://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioNotizieNuovoCoronavirus.jsp?lingua=italiano&menu=notizie&p=dalministero&id=4290>
- https://www.corriere.it/cronache/20_marzo_14/coronavirus-c-solo-mese-trovare-4-mila-letti-terapia-intensiva-ac93a0d6-6574-11ea-86da-7c7313c791fe.shtml
- <http://www.salute.gov.it/portale/nuovocoronavirus/dettaglioNotizieNuovoCoronavirus.jsp?lingua=italiano&menu=notizie&p=dalministero&id=4176>
- <http://www.salute.gov.it/portale/home.html>