

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale – Percorso Finanza



Tesi di Laurea Magistrale

**Effetto della crisi pandemica da SARS-CoV-2 sulle principali borse mondiali**

Relatore:

Franco Varetto

Candidato:

Emanuele Rampulla

Anno Accademico 2021-2022



*A mia zia Gabriella e a tutte le anime  
buone che, come lei, hanno vissuto la  
propria vita con il sorriso nel cuore.*



*La storia è maestra di vita.*

*Marco Tullio Cicerone, De Oratore, II, 9, 36.*



## Indice

1. La crisi pandemica da SARS-CoV-2.....	pag. 13
1.1. La crisi sanitaria.....	pag. 13
1.2. Dalla crisi sanitaria alla crisi economica.....	pag. 13
1.2.1. Gli effetti della crisi economica indotta.....	pag. 14
1.3. Il futuro a breve.....	pag. 15
2. I mercati finanziari.....	pag. 17
2.1. Definizione di mercati finanziari.....	pag. 17
2.2. Le funzioni dei mercati finanziari.....	pag. 17
2.2.1. Trasferimento delle risorse finanziarie.....	pag. 18
2.2.2. Trasferimento dei rischi.....	pag. 18
2.2.3. Formazione dei prezzi.....	pag. 18
2.2.4. Informazione su titoli e operatori finanziari.....	pag. 19
2.2.5. Contenimento dei costi e velocità delle transazioni.....	pag. 19
2.3. L'efficienza dei mercati finanziari.....	pag. 20
2.3.1. I diversi tipi di efficienza.....	pag. 20
3. Modelli di efficienza dei mercati finanziari.....	pag. 24
3.1. La casualità delle oscillazioni delle quotazioni di mercato.....	pag. 24
3.2. La definizione formale di mercato finanziario efficiente.....	pag. 24
3.2.1. Il modello del Fair Game (FG).....	pag. 26
3.2.2. Il modello Martingala.....	pag. 27
3.2.3. Il modello Random Walk.....	pag. 29
3.2.3.1. Il modello Random Walk 1 (RW1) con incrementi IID.....	pag. 29
3.2.3.2. Il modello Random Walk 2 (RW2) con incrementi INID.....	pag. 30
3.2.3.3. Il modello Random Walk 3 (RW3) con incrementi NINID.....	pag. 31
3.3. Modelli per testare l'efficienza di mercato.....	pag. 31
3.3.1. Modelli con incrementi indipendenti e identicamente distribuiti.....	pag. 33
3.3.1.1. Il test di Cowles e Jones.....	pag. 34
3.3.1.2. Il test delle corse.....	pag. 36
3.3.2. Modelli con incrementi indipendenti e non identicamente distribuiti.....	pag. 37
3.3.3. Modelli con incrementi non indipendenti e non identicamente distribuiti.....	pag. 38
3.3.3.1. I coefficienti di autocorrelazione.....	pag. 38

3.3.3.2. Le statistiche di Portmanteau.....	pag. 40
3.3.3.3. I rapporti tra varianze.....	pag. 40
4. Metodologia di costruzione degli indici di borsa.....	pag. 44
4.1. Indice FTSE MIB.....	pag. 44
4.1.1. Composizione del FTSE MIB.....	pag. 45
4.1.2. Calcolo e capitalizzazione del FTSE MIB.....	pag. 45
4.2. Indice DAX30.....	pag. 46
4.2.1. Composizione del DAX30.....	pag. 47
4.2.2. Calcolo e capitalizzazione del DAX30.....	pag. 48
4.3. Indice CAC40.....	pag. 49
4.3.1. Composizione del CAC40.....	pag. 49
4.3.2. Calcolo e capitalizzazione del CAC40.....	pag. 50
4.4. Indice FTSE100.....	pag. 51
4.4.1. Composizione del FTSE100.....	pag. 51
4.4.2. Calcolo e capitalizzazione del FTSE100.....	pag. 52
4.5. Indice IBEX35.....	pag. 53
4.5.1. Composizione dell'IBEX35.....	pag. 53
4.5.2. Calcolo e capitalizzazione dell'IBEX35.....	pag. 54
4.6. Indice EURO STOXX 50.....	pag. 54
4.6.1. Composizione dell'EURO STOXX 50.....	pag. 55
4.7. Indice S&P 500.....	pag. 55
4.7.1. Composizione dello S&P 500.....	pag. 56
4.7.2. Calcolo e capitalizzazione dello S&P 500.....	pag. 57
4.8. Indice SSE Composite.....	pag. 58
4.8.1. Composizione del SSE Composite.....	pag. 58
4.8.2. Calcolo e capitalizzazione del SSE Composite.....	pag. 59
4.9. Indice HSI.....	pag. 60
4.9.1. Composizione dell'HSI.....	pag. 60
4.9.2. Calcolo e capitalizzazione dell'HSI.....	pag. 61
4.10. Indice BOVESPA.....	pag. 62
4.10.1. Composizione del BOVESPA.....	pag. 62
4.11. Indice BSE Sensex.....	pag. 62
4.11.1. Composizione del BSE Sensex.....	pag. 63

4.11.2. Calcolo e capitalizzazione del BSE Sensex.....	pag. 63
4.12. Indice MOEX.....	pag. 64
4.12.1. Composizione del MOEX.....	pag. 65
4.12.2. Calcolo e capitalizzazione del MOEX.....	pag. 65
5. Andamento degli indicatori macroeconomici dei vari paesi.....	pag. 67
5.1. Andamento dell'economia italiana.....	pag. 69
5.2. Andamento dell'economia tedesca.....	pag. 70
5.3. Andamento dell'economia francese.....	pag. 72
5.4. Andamento dell'economia britannica.....	pag. 73
5.5. Andamento dell'economia spagnola.....	pag. 76
5.6. Andamento dell'economia dell'Eurozona.....	pag. 77
5.7. Andamento dell'economia statunitense.....	pag. 78
5.8. Andamento dell'economia cinese.....	pag. 81
5.9. Andamento dell'economia brasiliana.....	pag. 83
5.10. Andamento dell'economia indiana.....	pag. 85
5.11. Andamento dell'economia russa.....	pag. 87
6. Reazioni delle principali borse mondiali alla pandemia da SARS-CoV-2.....	pag. 88
6.1. Trattamento preliminare dei dati.....	pag. 88
6.2. Analisi dell'andamento trimestrale degli indici di borsa.....	pag. 89
6.2.1. Entità dello shock pandemico sulle principali borse europee.....	pag. 89
6.2.2. Entità dello shock pandemico sulle principali borse extra europee.....	pag. 94
6.3. Analisi delle quotazioni giornaliere durante la pandemia.....	pag. 99
6.3.1. Analisi delle quotazioni giornaliere delle principali borse europee.....	pag. 99
6.3.2. Analisi delle quotazioni giornaliere delle principali borse extra europee.....	pag. 102
6.4. Analisi delle correlazioni tra i diversi indici di borsa.....	pag. 107
6.4.1. Analisi delle correlazioni su tutto il periodo (2015/2021).....	pag. 107
6.4.2. Analisi delle correlazioni sul periodo precedente alla pandemia (2015/2019).....	pag. 109
6.4.3. Analisi delle correlazioni sul periodo della pandemia (2020/2021).....	pag. 111
6.4.4. Analisi delle correlazioni per trimestre dell'anno 2020.....	pag. 112
7. Econometria e modelli di regressione.....	pag. 114
7.1. La natura e lo scopo dell'econometria.....	pag. 114
7.2. L'aspetto operativo dell'econometria.....	pag. 114

7.2.1. Stima iniziale del modello econometrico o di una teoria economica.....	pag. 115
7.2.2. Specificazione del modello econometrico.....	pag. 115
7.2.3. Raccolta dei dati economici.....	pag. 116
7.2.4. Stima effettiva del modello econometrico.....	pag. 116
7.2.5. Controllo della corretta specificazione del modello.....	pag. 117
7.2.6. Utilizzo del modello econometrico.....	pag. 119
8. Modello di regressione econometrico.....	pag. 120
8.1. Il modello matematico.....	pag. 120
8.2. Le variabili indipendenti.....	pag. 121
8.3. L'approccio al modello di regressione.....	pag. 127
8.4. Introduzione al modello di regressione multipla.....	pag. 131
9. Modelli di regressione per diversi indici di borsa a confronto.....	pag. 146
9.1. Confronto tra i modelli di regressione applicati agli indici di borsa europei.....	pag. 146
9.2. Confronto tra i modelli di regressione applicati agli indici di borsa non europei..	pag. 149



## **Premessa e scopo del lavoro**

La pandemia che si è abbattuta sull'umanità a partire dalla fine del 2019 è un evento eccezionale, che in un mondo interconnesso come quello del ventunesimo secolo, diventa di interesse rilevante per molteplici discipline: dalla medicina alla statistica, dall'economia alla finanza.

Nel presente lavoro di tesi si vogliono indagare con un certo grado di approfondimento le implicazioni statistiche, finanziarie ed economiche direttamente connesse alla situazione pandemica da SARS-CoV-2.

Il primo capitolo della tesi si apre con un'introduzione alla crisi pandemica iniziata in un distretto cinese, poi diffusasi in tutto il resto del mondo. Si cerca di esplicitare come questa crisi sanitaria si sia tramutata in una crisi economica.

Nel secondo capitolo si introduce alla materia finanziaria spiegando che cosa siano e quali funzioni abbiano i mercati finanziari.

Nel terzo capitolo ci si concentra sull'efficienza dei mercati finanziari che, nel caso fosse stata testata, avrebbe dato delle informazioni preziose per poter dare un certo valore alla solidità dei modelli finali ottenuti. Nello stesso capitolo si forniscono esempi concreti di test atti a testare o dimostrare l'efficienza di un mercato finanziario.

Nel quarto capitolo si dà un inquadramento generali dei vari indici di borsa considerati nel presente lavoro con un approfondimento sulla composizione della borsa valori di un certo paese e sul calcolo della capitalizzazione di borsa per ogni indice inserito nei dati.

Nel quinto capitolo si descrive l'andamento economico dei diversi paesi europei ed extra europei considerati al fine di collocare l'economia di un paese in una certa serie storica di dati che permetta di interpretare meglio l'andamento delle quotazioni degli anni della pandemia.

Nel sesto capitolo si indagano le reazioni delle principali borse mondiali a partire da un calcolo dei coefficienti di correlazione tra i vari indici. Questo concede di valutare l'interrelazione esistente tra i diversi mercati e la tendenza a comportarsi similmente, nonché a muoversi contemporaneamente con trend positivi o negativi.

Nel settimo capitolo si introduce brevemente all'econometria, riferendo alcuni concetti base.

Nell'ottavo capitolo si costruisce un modello econometrico a partire dall'indice di borsa di Milano, preso come modello benchmark di riferimento.

Nel nono ed ultimo capitolo si applica il modello di cui al capitolo 8 agli altri indici di borsa considerati per fare dei confronti sulle diverse reazioni avute e sull'applicabilità del modello.



# **La crisi pandemica da SARS-CoV-2**

## **1. La crisi sanitaria**

Tra la fine del 2019 e l'inizio del 2020 si è diffusa a livello globale un'epidemia scoppiata a Wuhan, in Cina, dovuta ad un ceppo virale di Coronavirus fino ad allora non noto con dicitura scientifica SARS-CoV-2, ad indicare un virus in grado di causare una sindrome respiratoria acuta e severa. L'infezione, che inizialmente è rimasta circoscritta ai paesi asiatici, nelle settimane successive alla sua prima comparsa, si è rapidamente diffusa in altri paesi del mondo, dando vita ad un'epidemia di portata mondiale. Come detto, circoscritto prevalentemente a Cina e Corea del Sud, il virus ha fatto poi il suo prepotente ingresso in Europa a metà febbraio colpendo dapprima l'Italia per poi espandersi rapidamente anche in tutti gli altri paesi europei. Il contagio ha poi raggiunto il Nord America, colpendo soprattutto gli Stati Uniti per poi diffondersi in modo devastante anche in Sud America e penetrare anche in Africa e Oceania, in particolare in India, assumendo, in conclusione, i tratti di una vera e propria pandemia come ufficializzato dall'OMS. Resta da sottolineare che i dati sul continente africano sono molto poco attendibili a causa della mancanza di istituzioni pubbliche e sanitarie strutturate, nonché diffuse capillarmente su tutto il territorio del continente.

## **2. Dalla crisi sanitaria alla crisi economica**

L'iniziale crisi sanitaria si è presto tramutata in una crisi economica, originatasi principalmente per via delle politiche di distanziamento sociale che, da una parte hanno contribuito a diminuire il numero di nuovi contagi, ma dall'altra hanno frenato le attività economiche dei paesi che le hanno adottate. Le misure adottate per garantire il contenimento dei contagi, hanno generato, direttamente o indirettamente, un impatto sincrono sia sul lato della domanda che sul lato dell'offerta. Rispetto a crisi di natura esogena passate, risulta difficile prevedere gli andamenti e la durata della crisi, dato che molteplici sono le fonti di incertezza; sono però evidenti gli impatti sui mercati finanziari, sul sistema bancario, e sull'economia reale.

I governi dei vari paesi risposero (più o meno) prontamente con misure di distanziamento sociale, l'unica soluzione possibile per rallentare il ritmo dei contagi. Fu così che i diversi governi deliberarono limitazioni alla libera circolazione delle persone, sia all'interno dei

confini nazionali che tra nazioni, sospensione di eventi pubblici e di attività non essenziali, e chiusura delle scuole; accorpendo queste misure si può parlare di lockdown.

## **2.1 Gli effetti della crisi economica indotta**

Le interruzioni delle filiere produttive non essenziali hanno causato inevitabilmente uno shock negativo dell'offerta. In parte il problema è stato attenuato dalla possibilità di lavorare da remoto (smart working), soluzione che, ovviamente, non è stata applicabile per molte attività: sono esclusi, ad esempio, tutti quei comparti a stretto contatto con il pubblico del settore dei servizi (come turismo o ristorazione), oppure quelle attività del settore industriale, che durante i periodi in cui furono prese le misure di contenimento più drastiche, dovettero chiudere gli impianti e gli stabilimenti. Inoltre, si deve considerare che gli effetti delle chiusure delle attività lavorative, possono andare a colpire indirettamente anche altri settori, a seconda delle interdipendenze lungo la catena produttiva di un determinato settore.

Ovviamente il lockdown ha causato anche uno shock dal lato della domanda, che è stato influenzato da diversi fattori. Nell'immediato il blocco dei movimenti ha causato un calo dei consumi. I ricavi di attività connesse a settori come il commercio al dettaglio, trasporti, intrattenimento di massa e turismo, hanno subito una battuta di arresto; al contrario i settori primari come agricoltura, pesca, allevamento e attività agroalimentari industriali non hanno subito pesanti effetti nell'immediato, anche se potrebbero risentire delle difficoltà di approvvigionamento di materie prime (come indisponibilità di manodopera). Si osserva, invece, che settori come quello farmaceutico, e delle telecomunicazioni non hanno risentito in modo significativo delle misure di contenimento.

A questo si aggiunge l'effetto reddito; dato che molte attività vennero chiuse molte famiglie videro un netto calo della retribuzione. La crisi causa, inoltre, un effetto ricchezza dato che le attività finanziarie possedute dalle famiglie perdono valore per via dell'andamento negativo dei mercati finanziari. In fine, non si può trascurare l'effetto incertezza causato dalla crisi pandemica. L'incertezza contribuisce a far diminuire ulteriormente la domanda: infatti, gli individui tendono a limitare i propri consumi al minimo indispensabile, a rimandare le spese per rafforzare il risparmio precauzionale. Il calo della domanda derivante dall'incertezza e dal crollo della fiducia dovrebbe essere transitorio. Infatti, con il superamento della pandemia e con la conseguente abolizione delle misure di distanziamento sociale, la domanda dovrebbe gradualmente ripristinarsi. Più persistente potrebbe risultare, invece, l'effetto reddito nel caso in cui numerose imprese fallissero e, di conseguenza, il tasso

di disoccupazione aumentasse in modo significativo: il reddito complessivamente disponibile subirebbe in questo caso una contrazione permanente e, in assenza di interventi pubblici di sostegno, i consumi si ridurrebbero in maniera duratura.

La crisi pandemica sta avendo effetti anche sul sistema finanziario, cioè sui mercati finanziari e sulle banche. Si registra un andamento negativo dei mercati, rispetto ai periodi precedenti alla crisi sanitaria, il che causa una perdita di valore dei titoli finanziari. Questo, oltre a determinare l'effetto ricchezza di cui si è parlato prima, riduce la capacità di finanziarsi sul mercato da parte dello Stato e delle imprese, dato che si riduce la propensione dei potenziali investitori ad assumere rischi. La crisi, inoltre, potrebbe colpire anche le banche, le quali potrebbero tendere a ridurre la concessione di credito a famiglie e imprese per via del timore di non riuscire a recuperare i prestiti. Una contrazione del credito peggiorerebbe ulteriormente il calo dei consumi da parte delle famiglie e degli investimenti delle imprese, peggiorando il quadro complessivo.

Infine, si deve tener conto del peggioramento delle finanze pubbliche, determinate dalle poderose misure adottate dai governi, da un lato, per adeguare il sistema sanitario all'emergenza, e dall'altro per sostenere i redditi delle famiglie e imprese. Tale situazione è in più aggravata dalla riduzione delle entrate fiscali dovute al differimento degli adempimenti fiscali, che molti paesi hanno concesso alle attività commerciali, alle quali avevano imposto la chiusura durante il lockdown. Tale impatto è tanto maggiore, quanto maggiore è il debito pubblico del paese.

### **3. Il futuro a breve**

Dal momento che ci si trova ancora in piena crisi (sia pandemica che economica), un'analisi di lungo periodo della crisi non è ancora possibile. Si potrebbe stimare l'impatto sull'economia sulla base dello studio di crisi passate, ma nessuna delle epidemie verificatesi in anni recenti ha avuto una portata internazionale come quella causata dal Covid-19. Le evidenze raccolte nei primi mesi della crisi non consentono agli esperti di stimare una durata della crisi, dato che le nuove ondate di contagio, la nascita di nuovi ceppi virali (come le varianti di Covid inglese e brasiliana), e le incertezze sull'andamento della campagna vaccinale contribuiscono a mantenere elevate le incertezze sulla durata della pandemia. Per tali motivi ci si limita ad osservare quelli che sono i principali effetti sulle principali borse mondiali riscontrati fino ad oggi.

La persistenza dello shock sul lato dell'offerta, soprattutto per il blocco delle attività produttive, mostra i suoi effetti alla fine del 2020. Tutti i Paesi del mondo hanno risentito dell'emergenza coronavirus e la maggior parte ha assistito ad un crollo record del prodotto interno lordo. Eccezion fatta per la Cina, rimbalzata fuori dall'emergenza Covid con il +4,9% del Pil del terzo trimestre del 2020, riprendendo a correre ad un ritmo più veloce rispetto a quello posseduto prima della pandemia. Secondo una stima diffusa da Eurostat, l'Unione Europea ha chiuso il 2020 con una recessione del 6,8% (peggio del -8,8% italiano ha fatto la Spagna con -11%, mentre la Francia ha chiuso a poco al di sopra dell'Italia con un -8,3%). Per gli Stati Uniti il 2020 si chiude con un Pil in discesa del 3,5%, il peggior dato annuale dal 1946.

Di fatto, tutte le banche centrali delle maggiori economie avanzate hanno adottato misure straordinarie. Negli Stati Uniti la Fed, oltre a ridurre i tassi di interesse, ha varato diversi programmi finalizzati ad aumentare la liquidità a disposizione degli istituti di credito e a sostenere il credito a imprese e famiglie; essa ha inoltre avviato un nuovo programma di acquisti di titoli pubblici e di titoli cartolarizzati con sottostanti mutui (mortgage-backed securities).

Nell'area euro la BCE ha lanciato nuove operazioni straordinarie, oltre ad ampliare e rendere più convenienti quelle già avviate negli anni scorsi. Si possono citare ad esempio: nuove operazioni di rifinanziamento bancario a più lungo termine (cosiddette Long Term Refinancing Operation, LTRO), una nuova serie di operazioni per favorire l'erogazione del credito bancario all'economia reale (Targeted Long Term Refinancing Operation 3, TLTRO3), nuovi interventi denominati pandemic emergency longer-term refinancing operations (PELTRO), per favorire il mantenimento di adeguati livelli di liquidità nel sistema. Con riferimento alle operazioni di mercato, la BCE ha ampliato i programmi di acquisto di attività finanziarie già esistenti (Expanded Asset Purchase Programme, APP), ed ha avviato un nuovo programma di acquisto di titoli pubblici e privati per l'emergenza pandemica (Pandemic Emergency Purchase Programme, PEPP), per un ammontare complessivo in origine di 750 miliardi, poi ampliati a 1.350 miliardi.

## **I mercati finanziari**

Questo capitolo è di carattere introduttivo ed ha lo scopo di introdurre la materia a partire dalla definizione di cosa sia un mercato finanziario, quali funzioni assolva e in che termini debba considerarsi uno strumento efficiente.

### **1. Definizione dei mercati finanziari**

I mercati finanziari sono il luogo virtuale o fisico in cui vengono scambiati redditi, ricchezza, strumenti e servizi finanziari. Per capire il motivo dell'esistenza dei mercati finanziari bisogna capire quali siano le loro funzioni, ovvero quali esigenze soddisfano e per quale motivo gli agenti del sistema economico-finanziario tendono a farvi ricorso.

La categoria di mercato finanziario più diffusa è il mercato mobiliare, comprensivo del mercato azionario e del mercato obbligazionario. Si parla di mercato "mobiliare" perché esso è inteso come piazza di scambio dei valori mobiliari, ossia di contratti che donano diritti trasferibili ad altre persone, come diritti di proprietà (azioni) e diritti patrimoniali (obbligazioni). La definizione di valore mobiliare è data dal Testo Unico della Finanza (TUF), testo legislativo principale in Italia in ambito finanziario, come quel valore che i titoli possono trasferire o liquidare attraverso il mercato dei capitali.

### **2. Le funzioni dei mercati finanziari**

I mercati finanziari nascono dall'esigenza di accedere a beni e servizi in un regime di concorrenza, quindi in presenza di più compratori e venditori disposti ad offrire prezzi vantaggiosi per partecipare agli scambi. Ogni agente ha diverse esigenze, oltre alla necessità di ottenere un bene o un servizio: vuole coprirsi da un certo rischio diversificando i propri investimenti, raccogliere più informazioni possibili, stimare il valore di un certo prodotto finanziario, trovare velocemente qualcuno con cui portare a termine lo scambio e al minor costo possibile. Ognuna delle esigenze elencate è espressa da una funzione del mercato a sé stante, così come sono state individuate da diversi economisti nel tempo.

Le funzioni dei mercati finanziari sono, quindi, il trasferimento delle risorse finanziarie e dei rischi, la formazione dei prezzi (in inglese price discovery), la produzione di informazioni sugli operatori e sugli strumenti finanziari, la semplificazione degli scambi e il contenimento dei costi di transazione.

## **2.1. Trasferimento delle risorse finanziarie**

I soggetti partecipanti al mercato finanziario sono alla ricerca di risorse o di papabili compratori delle risorse di cui essi dispongono e si vogliono liberare, solitamente con intento speculativo. Il mercato fa incontrare persone con un progetto da finanziare e persone con soldi risparmiati da investire a scopo speculativo. Per definizione, i primi sono agenti in deficit finanziario, mentre i secondi sono agenti in surplus finanziario. Secondo la teoria dei saldi finanziari è possibile soddisfare tutte le esigenze del mercato tramite l'incontro tra surplus e deficit. In realtà, il loro incontro è molto difficile ed è necessario l'intervento di vari intermediari e, alcune volte, dello Stato per soddisfare ogni esigenza di risorse.

## **2.2. Trasferimento dei rischi**

Un agente può avere la necessità di scambiare risorse monetarie e titoli finanziari con l'obiettivo di ridurre il livello di rischio a cui si espone. L'obiettivo non è finanziare un progetto, bensì diversificare il proprio portafoglio di investimenti per far sì che l'andamento positivo o negativo di ogni titolo non sia eccessivamente correlato al resto del corso degli investimenti. Ciò vuol dire che si cerca di non avere titoli che aumentino di prezzo o perdano valore tutti nello stesso momento, in modo da avere sempre qualche investimento in grado produrre benefici per l'investitore e in modo che questo possa godere di un certo reddito più o meno stabile nel tempo.

Si pensi anche alle assicurazioni per analogia con la tutela dei rischi imprevisti: un assicurato è disposto a pagare periodicamente un premio ad un assicuratore che, a sua volta, è disposto a coprire ogni costo nel caso in cui un particolare evento si verifichi. L'assicuratore si fa carico del rischio che l'evento si verifichi, ma riceve in cambio una serie di pagamenti sicuri. Così, nel caso in cui un evento negativo per l'assicurato si verifichi, egli potrà contare su un pagamento da parte dell'assicuratore che vada a compensare la perdita subita.

## **2.3. Formazione dei prezzi**

Il lato della domanda e il lato dell'offerta di titoli devono proporre dei prezzi, sulla base delle proprie analisi ed aspettative, per poter acquistare o vendere un titolo. Facendo incontrare le due parti, i mercati permettono di individuare dei prezzi di equilibrio per ogni strumento o servizio finanziario scambiato.

In base al grado di informazioni conosciute dagli agenti del mercato e in base al grado di rischio che gli agenti, singolarmente, attribuiscono a ciascun asset finanziario, il prezzo rifletterà più o meno il valore reale (o valore intrinseco) dello strumento finanziario oggetto dello scambio, o quantomeno un prezzo condivisibile dalle parti perché lo scambio avvenga con successo.

#### **2.4. Informazione su titoli e operatori finanziari**

Per poter dare seguito agli scambi, i mercati costruiscono una serie di infrastrutture e procedure per la creazione e la diffusione di informazioni inerenti all'oggetto dello scambio e all'attività d'impresa che lo offre (bilanci, piani industriali, rating delle società emittenti, eccetera). Così, gli investitori hanno accesso in maniera più trasparente a dati fondamentali per la valutazione di strumenti e dell'affidabilità degli altri soggetti coinvolti nello scambio e nelle varie attività di impresa. La trasparenza aumenta il livello di fiducia nel mercato e il livello di scambi, amplificando l'effetto delle altre funzioni.

Far incontrare domanda e offerta non è sempre facile, ogni agente ha un interesse particolare da soddisfare, seguendo valutazioni personali e non sempre condivise. Dato l'alto numero di partecipanti in un mercato, diventa più semplice far sì che due operatori si incontrino e possano soddisfare reciprocamente i propri interessi personali.

Inoltre, i mercati finanziari possono rappresentare un luogo con infrastrutture, regole e procedure che aiutino nella realizzazione dello scambio, come anche nell'assicurarsi che le controparti onorino il proprio impegno e lo portino a termine, ma anche la velocità con cui è possibile inviarsi ordini per la compravendita di titoli.

#### **2.5. Contenimento dei costi e velocità delle transazioni**

Grazie all'incontro di molteplici soggetti su una piattaforma unica e condivisa, aumenta il grado di concorrenza tra agenti che vogliono partecipare allo stesso scambio. Questa circostanza impone ai partecipanti di offrire prezzi di acquisto e di vendita tali da ridurre la loro differenza. Ciò permette di accedere a prezzi più vantaggiosi per ciascuna controparte, riducendo parte dei costi di transazione fino al limite minimo; questo limite minimo di margine deve comunque garantire alle parti la convenienza al reciproco scambio di liquidità e strumenti finanziari, ad esempio.

Inoltre, diminuisce il tempo richiesto per trovare una controparte e raccogliere le informazioni necessarie su di essa affinché lo scambio possa avvenire. Nei mercati regolamentati, gli accordi sono stipulati secondo regole di scambio standard, il che semplifica il processo di negoziazione dovendo concentrarsi solo sul prezzo. Nel mercato borsistico in base al tipo specifico di titolo finanziario, esistono dei rapporti contrattuali predefiniti con iscritti gli obblighi di ciascuna controparte secondo regole generali e note. Ognuna delle funzioni sopracitate richiede un certo grado di efficienza dei mercati in diversi ambiti.

### **3. L'efficienza dei mercati finanziari**

Al giorno d'oggi, uno dei settori economici in continua crescita e in perpetua modifica è proprio il settore finanziario. Infatti, i mercati finanziari sono in grado di cogliere, grazie alle proprie caratteristiche intrinseche, tutti i cambiamenti della società e sono in grado di adattarsi a tutte le nuove dinamiche dell'economia globale. I mercati finanziari svolgono ruoli importanti nelle moderne economie, consentendo lo spostamento di redditi e ricchezze nel tempo e nello spazio. I mercati dei capitali finanziari rappresentano l'espressione finanziaria dei capitali reali e, contrariamente alla rigidità ed illiquidità di questi ultimi, hanno la caratteristica della flessibilità e liquidità. L'espressione finanziaria di ogni possibile asset reale è quella delle azioni o altre forme di capitale di rischio, integrate, ove necessario, da indebitamento. Il trasferimento delle azioni è molto più facile, rapido e meno costoso del trasferimento dei beni reali. Il trasferimento di azioni, ovvero la loro vendita ad un altro soggetto, è l'equivalente finanziario del disinvestimento di capitali reali. I mercati finanziari, in altri termini, disgiungono le vicende dei capitali reali da quelle dei capitali finanziari, facilitando le decisioni di investimento e finanziamento.

Quindi, ogni mercato finanziario assolve alle funzioni di trasferimento di risorse finanziarie e di rischi, formazione dei prezzi e delle informazioni su operatori e strumenti finanziari, semplificazione degli scambi e riduzione dei costi di transazione, come detto nei paragrafi precedenti. Le capacità di tali funzioni di ogni mercato finanziario sono classificabili in base a tre diverse categorie di efficienza.

#### **3.1. I diversi tipi di efficienza**

L'efficienza dei mercati finanziari viene in genere riferita a tre diversi concetti:

- a) Efficienza allocativa-funzionale: essa riguarda la capacità dei mercati di trasferire le risorse finanziarie ed i rischi in modo da soddisfare, a livello ottimale, gli obiettivi dei diversi operatori finanziari. Il mercato stabilisce il prezzo delle attività riflettendo il loro contenuto di rischio e i flussi di rendimento attesi in futuro (fundamental-valuation efficiency) e l'efficienza allocativa-funzionale misura quanto il mercato riesce a far sì che gli operatori possano soddisfare i propri bisogni, procedendo con gli scambi, sia con l'obiettivo di cercare o vendere risorse, che di bilanciare la propria esposizione a vari tipi di rischio. Rientra in questo concetto di efficienza anche la capacità del mercato di assicurare ai diversi operatori la quantità e il tipo di beni, inclusa la liquidità, desiderati in ogni circostanza futura, tramite lo smobilizzo delle attività possedute o l'impegno a consegnare attività in futuro quando ricorrano specifiche condizioni (contratti di vendita allo scoperto).
- b) Efficienza tecnico-operativa: questo tipo di efficienza ha a che fare con la capacità del mercato di funzionare con il minimo livello dei costi di transazione, in tempi brevi, soddisfacendo ordini di acquisto o vendita di importi anche rilevanti. In altre parole, un mercato è efficiente dal punto di vista tecnico e operativo se permette ai trader di procedere con gli scambi nel momento in cui ne hanno bisogno, al prezzo che preferiscono e per le quantità richieste. Queste necessità sono misurate da alcuni parametri:
- *Immediatezza*: è la possibilità di concludere uno scambio di una certa quantità ad un certo costo, nell'esatto momento in cui il trader vuole farlo. È collegata al concetto di liquidità di un mercato, ossia quanto tempo è richiesto ad un operatore per vendere un asset sul mercato e renderlo liquido, ossia monetizzarlo.
  - *Ampiezza*: indica quanti ordini di acquisto e di vendita sono presenti sul mercato per ogni livello di prezzo, quanta quota parte è possibile vendere e comprare di un determinato strumento finanziario una volta scelto un prezzo preciso. Permette ad ogni singolo trader di soddisfare le sue esigenze nonostante l'entità dello scambio che vuole portare a termine.
  - *Profondità o spessore*: il mercato offre una determinata quantità (volume) di un certo strumento finanziario a più prezzi vicini tra loro. In tal senso una volta soddisfatta la domanda di un'attività finanziaria ad un certo prezzo, il livello dei prezzi si alzerà, ma sarà disponibile un'altra quotazione poco più alta della prima. Così, il mercato non subirà forti oscillazioni di prezzo dovuti ad ingenti ordini che "ripuliscono il mercato", ossia che soddisfano tutta la domanda degli ordini

presenti sul mercato, lasciandolo vuoto e creando una temporanea assenza di possibili scambi.

- *Elasticità*: al variare della quantità richiesta dal lato della domanda e concessa dal lato dell'offerta, tale informazione dovrebbe riflettersi sul mercato. Infatti, se un trader dovesse vedere molti ordini di acquisto, maggiori rispetto alla media, potrebbe pensare che lo strumento sia deprezzato. Quindi, da agente razionale dovrebbe cercare di comprare, anche se a un prezzo leggermente superiore agli altri ordini già presenti, in modo da anticipare un futuro rialzo dei prezzi.
  - *Resilienza*: un mercato è resiliente se riesce a ripristinare prezzi adeguati dopo un movimento dovuto a grandi ordini da parte dei cosiddetti "noise traders". Un "noise trader" non compra o vende sulla base di informazioni, ma sulla base di altre necessità, come per esempio il bisogno di liquidità. Se uno di essi dovesse decidere di vendere una forte quantità di un certo strumento finanziario, il prezzo calerebbe. Il valore intrinseco, o reale, dello strumento non è cambiato, ma il suo prezzo sì. Un mercato resiliente riporta il prezzo al livello adeguato in poco tempo.
- c) Efficienza informativa: questo aspetto riguarda la capacità del mercato di raccogliere, elaborare e diffondere le informazioni rilevanti per gli operatori che devono decidere gli scambi. Il mercato azionario è forse il maggiore aggregatore di informazioni economiche esistente. In un tale mercato è impossibile guadagnare sugli scambi decisi sulla base di informazioni pubblicamente disponibili; solo gli insider possono guadagnare, sulla base di informazioni riservate.

In realtà, l'informazione nel mondo finanziario ha un valore fittizio. Acquisirla ha, dunque, un costo implicito. Gli operatori che riescono ad acquisire informazioni e a trarne profitto sono i cosiddetti trader informati, i quali guadagnano sottraendo valore ai trader non informati (o "noise traders").

Attraverso l'attività di compravendita operata dai trader informati, i prezzi si muovono e rispecchiano le informazioni usate per svolgere analisi e produrre previsioni. Ad esempio, un trader informato comprerà un titolo che ritiene avere un prezzo troppo basso e venderà un titolo che ritiene avere un prezzo troppo alto. Comprando e vendendo titoli sui mercati finanziari, i trader segnalano l'esistenza di informazioni positive e negative riguardanti un certo strumento finanziario e, in questo senso, i mercati finanziari formano dei prezzi in maniera efficiente. Quindi, il mercato è efficiente dal punto di vista informativo se consente una corretta

formazione dei prezzi e una più affidabile raccolta delle informazioni su strumenti e operatori finanziari.

D'altra parte, l'economia finanziaria si è sviluppata intorno all'ipotesi fondamentale che l'informazione sia prontamente disponibile a tutti gli operatori e uniformemente distribuita tra di loro (informazione perfetta): tutti hanno le stesse informazioni, nello stesso momento. Il ruolo del sistema dei prezzi è quello di aggregare le varie informazioni, disperse tra i diversi operatori, nel modo più efficiente possibile. L'introduzione dell'incertezza, a condizione che sia comune a tutti gli operatori, rende più complesso il processo di decisione e di allocazione delle risorse, senza alterarne però le conclusioni di fondo. La presenza di differenze sistematiche, non transitorie, nella quantità e qualità dell'informazione tra i vari operatori, invece, ha il potere di minare profondamente le conclusioni dell'economia finanziaria neoclassica, rendendo non ottimale l'allocazione delle risorse che deriva dal processo di ricerca dell'equilibrio di mercato.

Il collegamento tra informazione ed efficienza del mercato è stato oggetto di approfondite analisi teoriche ed econometriche, generalmente incentrate sullo studio del comportamento dei prezzi e dei rendimenti azionari in funzione dell'informazione disponibile. Proprio a proposito di questa relazione la presente tesi si pone l'obiettivo di capire con quali modalità, quanto velocemente e con quanto impatto le informazioni riguardanti la situazione pandemica abbiano influito sulle quotazioni dei mercati azionari di diversi Stati del mondo, tra i principali colpiti dall'epidemia di Coronavirus.

## **Modelli di efficienza dei mercati finanziari**

In questo capitolo si vuole procedere ad una disamina del concetto di efficienza dei mercati finanziari dal punto di vista modellistico. Si propone una serie di modelli tesi a dimostrare l'efficienza dei mercati finanziari, che non si analizzeranno nella parte di elaborazione e analisi dei dati di quest'opera di tesi, ma che si propone con lo scopo di completezza accademica. Infatti, testare l'efficienza di un mercato potrebbe dare delle indicazioni essenziali alla comprensione e all'incisività delle correlazioni tra le variabili sanitarie, individuate nel presente lavoro, e gli andamenti delle quotazioni borsistiche.

### **1. La casualità delle oscillazioni delle quotazioni di mercato**

La teoria economico-finanziaria ha evidenziato che in un mercato efficiente le variazioni di prezzo dei singoli titoli devono susseguirsi in modo casuale. L'assoluta casualità del movimento dei prezzi è esattamente il comportamento che caratterizza un mercato finanziario che elabora in modo efficiente l'informazione disponibile agli operatori; i prezzi sono ritenuti, dunque, informativi se il mercato è efficiente. In tale framework i prezzi di mercato cambiano solo se arrivano nuove informazioni, ma i modi e i tempi con cui emergono e i contenuti delle nuove informazioni sono ritenuti essi stessi come inseriti in un processo di rivelazione casuale. Se le informazioni fossero in qualche modo prevedibili (cioè non casuali), esse non sarebbero di fatto nuove, ma sarebbero già anticipate dagli operatori informati stessi ed incluse nella formazione attuale dei prezzi. In definitiva, se i prezzi in un mercato efficiente si modificano solo in base alle nuove informazioni e se queste si manifestano in sequenza casuale (condizioni necessarie e sufficienti), allora le variazioni dei prezzi devono essere casuali.

### **2. La definizione formale di mercato finanziario efficiente**

La prima persona che introdusse il tema di un mercato finanziario efficiente dal punto di vista informativo (come sarà da intendersi sempre da qui in poi, se non diversamente reso esplicito) fu Eugene Fama. La sua tesi di dottorato dal titolo "The Behavior of Stock Market Prices" concludeva che le variazioni dei prezzi delle azioni sono casuali e seguono un cammino casuale. Inoltre, con l'articolo "The Adjustment of Stock Prices to New Information", Fama fu il primo studioso ad analizzare come il prezzo delle azioni reagisce a un evento. Infine, Eugene Fama nel 1970 formalizzò la più famosa definizione di mercato

finanziario efficiente: un mercato finanziario è efficiente se i prezzi riflettono sempre e pienamente tutte le informazioni disponibili. Il significato di questa definizione espone come i prezzi incorporino senza distorsioni sistematiche le informazioni disponibili (direttamente ed indirettamente) sul mercato. Per rendere operativamente verificabile sul piano empirico la definizione di Fama occorre precisare meglio i concetti di “pienamente incorporati” e di “informazione disponibile”. L’approccio classico per affrontare questo problema non prende una posizione teorica su come è determinato il prezzo atteso  $E[P_t]$  o il rendimento atteso  $E[r_t]$  di un titolo: si può far riferimento al CAPM od al più generale APT, ma l’essenziale è che l’insieme delle informazioni disponibili ( $\Phi_t$ ) sia sempre pienamente incorporato nei prezzi attesi calcolati con il modello scelto.

E. Fama ha sviluppato il concetto di “informazione disponibile” ricorrendo a tre forme di efficienza informativa di mercato con contenuto di informazione progressivamente crescente:

- Efficienza in forma debole, dove  $\Phi_t$  rappresenta il set di informazioni limitatamente all’andamento della serie storica dei prezzi, senza incorporare altre informazioni (storicamente, questa fu la prima forma di efficienza ipotizzata ed empiricamente testata). La diretta implicazione di tale ipotesi è che vi possono essere agenti che battono sistematicamente il mercato utilizzando strategie che sfruttino informazioni non sintetizzate ed incorporate nel comportamento storico delle serie dei prezzi, delineando una situazione di asimmetria informativa.
- Efficienza in forma semi-forte, dove  $\Phi_t$  rappresenta il set di informazioni pubblicamente disponibili (ad esempio split azionari, fusioni, acquisizioni, report annuali, eccetera). In questa seconda forma di efficienza, non è possibile ottenere degli extra profitti investendo nel mercato, a meno di non poter sfruttare informazioni private che permettano di assumere una posizione monopolistica rispetto adesso, poiché in possesso di notizie che nessun altro investitore è in grado di recepire.
- Efficienza in forma forte, dove  $\Phi_t$  rappresenta l’insieme informativo totale, includendo tutte le informazioni disponibili, siano esse pubbliche o private. In questo ultimo caso, nessun trader è in grado di guadagnare extra profitti in misura maggiore rispetto al mercato poiché tutte le informazioni disponibili sono già scontate nei prezzi, il cui andamento non risulta essere prevedibile.

Inoltre, E. Fama ha formalizzato il concetto di “pienamente incorporato” dell’informazione nei prezzi di mercato attraverso tre modelli che saranno trattati in modo esaustivo

successivamente: il modello di mercato del Fair-Game, il modello dei prezzi Martingala e il modello dei prezzi Random Walk.

## 2.1. Il modello del Fair Game (FG)

Uno dei primi contributi che cita il modello di mercato del Fair Game proviene da Bachelier che formulò il cosiddetto “teorema fondamentale”. Questo teorema, riguardante i mercati azionari, dimostrò che la previsione dei prezzi azionari fosse un processo da intendersi proprio come un fair game. L’espressione fair game, ovvero gioco equo, implica che non sia in alcun modo possibile ottenere un rendimento atteso non nullo, sopra le aspettative, investendo su uno strumento finanziario al tempo  $t$  utilizzando la sola informazione disponibile allo stesso tempo  $t$ . Un altro importante contributo alla teoria finanziaria proviene da Samuelson il quale, nel 1965, affermò che le ipotesi di mercato efficiente (EMH = efficient market hypothesis) implicano unicamente che il prezzo di mercato “contenga in sé tutto ciò che può essere conosciuto sul futuro e in questo senso abbia scontato le contingenze future per quanto umanamente prevedibile”; per attinenza al presente lavoro di tesi, si precisa che proprio un evento come la crisi pandemica da SARS-CoV2 non rientra tra le contingenze future umanamente prevedibili. L’economista, nel suo articolo, presenta la composita dimostrazione a tale affermazione, i cui passaggi chiave vengono riportati di seguito.

Si consideri, innanzitutto, la sequenza temporale dei prezzi di un titolo come  $\{\dots, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}, \dots, X_{t+\tau}, \dots\}$ ; conoscendo solamente la sequenza di prezzi passati ed il prezzo corrente, ovvero  $[X_t, X_{t-1}, X_{t-2}, \dots]$ , e dunque non conoscendo nessun prezzo futuro  $X_{t+\tau}$ , la sola assunzione possibile è che esista una distribuzione di probabilità per ogni prezzo futuro, la cui forma è indipendente da quanti periodi  $\tau$  vengono scelti per prevedere il prezzo  $X_{t+\tau}$ . Come espressione statistica si ha:

$$P[X_{t+\tau} \leq X] = P[X_0, X_{t-1}, X_{t-2} \leq X]$$

la quale implica di fatto l’assunzione di un processo stazionario.

Si definisca inoltre, dati  $X_t$  il prezzo al tempo  $t$  ed  $X_{t+\tau}$  il prezzo che avrà il sottostante al tempo  $t + \tau$ , il prezzo futuro attualizzato  $Y$ , ovvero la quotazione al tempo  $t + \tau$  del sottostante valorizzato al tempo  $t$ . Samuelson definisce l’assioma del valore atteso del prezzo (“axiom of mathematically expected price formation”) come segue:

$$Y(t + \tau) = E[X_{t+\tau} | X_t, X_{t-1}, \dots, X_0]$$

Applicando questi costrutti teorici, l'economista afferma che i prezzi futuri sono basati sull'informazione disponibile nell'esatto momento in cui vengono stabiliti e non vi è possibilità alcuna di speculazione.

Samuelson, infatti, esplicita il modello di mercato del Fair-Game sui prezzi futuri, la cui riformulazione può essere espressa come segue: se i prezzi sono soggetti alle leggi di probabilità e la sequenza dei prezzi futuri è soggetta all'assioma del valore atteso dei prezzi futuri, allora l'extraprofitto  $\pi$  atteso di un certo titolo al tempo  $t + \tau$  è dato dalla differenza tra il prezzo del titolo al tempo  $t + \tau$  e il valore atteso del prezzo del titolo, date tutte le informazioni disponibili già riflesse nei prezzi.

Quindi:

$$\pi(t + \tau) = Y(t + \tau) - E[X_{t+\tau} | X_t, X_{t-1}, \dots, X_0]$$

Lo stesso significato può essere espresso tramite la seguente espressione per sostituzione:

$$\pi(t + \tau) = E[X_{t+\tau} | X_t, X_{t-1}, \dots, X_0] - E[X_{t+\tau-1} | X_t, X_{t-1}, \dots, X_0] = 0$$

che esprime come la migliore previsione, con le informazioni disponibili ad oggi, di qualsiasi prezzo futuro sia pari al valore atteso del prezzo futuro condizionato alla serie storica dei prezzi passati e che, per questo motivo, l'eccesso di rendimento atteso al tempo  $t$  è sempre nullo per qualsiasi valore di  $\tau$ .

Con questo approccio l'aspettativa sul rendimento atteso in eccesso è specificata direttamente, senza alcuna considerazione sul modello che genera i rendimenti attesi. Infine, nel lungo periodo gli scostamenti tra i rendimenti effettivi e quelli attesi sono nulli, il che implica che le informazioni contenute nella valutazione attuale dei prezzi futuri non sono utili per generare rendimenti attesi in eccesso sistematicamente positivi.

## 2.2. Il modello Martingala

Dopo aver visto come il modello del Fair-Game descriva la struttura di un mercato efficiente, è necessario riportare quello che fu il primo modello dei prezzi delle attività finanziarie. Il modello in questione è definito come modello Martingala e la sua origine si deve ai giochi d'azzardo e al non sottile parallelismo che un casinò può avere con un mercato efficiente. Infatti, proprio in base al modello sopra citato del Fair Game, anche nei mercati finanziari si ha un gioco equo che si basa sulla diffusione delle medesime informazioni a tutti i "giocatori", alias investitori, con le medesime tempistiche e modalità.

Questa è l'essenza del modello Martingala, diretta implicazione del Fair Game, definito come un processo stocastico  $P_t$  che soddisfa la seguente condizione:

$$E[P_{t+1}|P_t, P_{t-1}, \dots, P_0] = P_t$$

O equivalentemente:

$$E[P_{t+1} - P_t|P_t, P_{t-1}, \dots, P_0] = 0$$

Se  $P_t$  rappresenta la propria ricchezza al tempo  $t$ , un modello dei prezzi Martingala prevede che la ricchezza attesa per il periodo successivo sia esattamente uguale a quella già posseduta nel periodo di tempo corrente, condizionatamente alla storia del gioco, nonché alle informazioni disponibili al tempo  $t$ . In alternativa, un gioco è considerato equo se le vincite incrementali previste in qualsiasi fase sono pari a zero quando condizionate dalla cronologia del gioco. Formalmente, la definizione del processo statistico Martingala afferma che il prezzo corrente corrisponde al valore attuale del futuro prezzo atteso, scontato al tasso di rendimento atteso congruo per il rischio. Quindi, non è il prezzo atteso ad essere una Martingala, ma è il prezzo atteso scontato al tasso di rendimento atteso congruo per il rischio ad esserlo. Il prezzo atteso è invece una Sub-Martingala perché ci si aspetta che cresca al tasso di rendimento atteso; per completezza si dice Super-Martingala un prezzo atteso che ci si aspetta decresca al tasso di rendimento atteso.

Ancora, se  $P_t$  è considerato il prezzo di un'attività finanziaria al tempo  $t$ , l'ipotesi del modello Martingala suggerisce che il prezzo di domani dovrebbero essere uguale al prezzo di oggi, data l'intera cronologia dei prezzi degli asset finanziari considerati. In alternativa, la variazione di prezzo attesa al tempo corrente è nulla, se condizionata alla cronologia dei prezzi finora noti.

Da un punto di vista statistico-previsionale, l'ipotesi del modello Martingala è che la migliore previsione sul prezzo di domani sia il prezzo di oggi, dove per migliore si intende la previsione che presenterà, al realizzarsi del prezzo futuro, lo scarto quadratico medio minimo.

Un'altra ipotesi del modello Martingala è che l'evoluzione dei prezzi non sia condizionata a variabili cosiddette lead o lag, forward o backward, il che implica l'inefficacia di tutti i modelli previsionali lineari per le future variazioni di prezzo basati solo sulle serie storiche. Il modello Martingala per l'evoluzione dei prezzi delle attività finanziarie è sempre stato visto come una condizione necessaria per un mercato finanziario efficiente che garantisca, quindi, dei prezzi in grado di riflettere istantaneamente, completamente e perennemente tutte le informazioni disponibili.

In definitiva, più il mercato è efficiente più la sequenza delle variazioni di prezzo deve essere casuale, garantendo aspettative sulle future variazioni di prezzo né negative, né positive.

Tuttavia, il modello Martingala non tiene conto in alcun modo del rischio connesso strettamente a ciascuna attività finanziaria. In particolare, se la variazione di prezzo attesa di un'attività è positiva, può essere la ricompensa necessaria per attirare gli investitori a detenere l'attività in questione e a sopportarne i rischi associati; ma questa ipotesi non è ammessa dal modello Martingala. Pertanto, è stato dimostrato in seguito (Leroy [1973], Lucas [1978]) che la proprietà del modello Martingala non è una condizione né necessaria, né sufficiente per avere dei prezzi di attività efficienti dal punto di vista informativo.

### **2.3. Il modello Random Walk (RW)**

Se già un comportamento “Fair Game” del mercato finanziario, costituisce una pietra miliare all'interno delle strategie dell'investimento, Fama propose un ulteriore approfondimento con delle implicazioni importanti per capire in modo più dettagliato il comportamento economico del mercato con il modello del Random Walk dei prezzi.

In matematica, una passeggiata aleatoria (o Random Walk) è la formalizzazione dell'idea di proseguire per passi successivi in direzioni casuali. Matematicamente parlando, è il processo stocastico più semplice, o processo markoviano, la cui rappresentazione matematica più nota è costituita dal processo di Wiener. Il modello Random Walk è stato declinato in sotto modelli con ipotesi formali leggermente progressivamente meno stringenti caso per caso.

#### **2.3.1. Il modello Random Walk 1 (RW1) con incrementi IID**

La versione più semplice del modello Random Walk è il caso che prevede delle variazioni dei prezzi di mercato con incrementi indipendenti e identicamente distribuiti (IID). Questa assunzione impone che ogni incremento successivo dei prezzi di mercato debba essere indipendente da tutte gli incrementi precedentemente osservati e da tutte gli incrementi successivi non ancora osservati.

Le dinamiche dei prezzi di mercato previste in questo modello sono:

$$P_t = \mu + P_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dove  $P_t$  è il prezzo di un'attività finanziaria al tempo  $t$ ,  $\mu$  è la variazione di prezzo prevista in base alla serie storica pari alla media di tutte le variazioni osservate e  $\varepsilon_t$  è l'incremento della variazione previsto per il periodo corrente, che ha una distribuzione dalla forma non specificata, ma composta da elementi indipendenti e identicamente distribuiti (IID); in altre

parole, gli incrementi provengono da una stessa distribuzione anche se dalla forma non nota. Inoltre:

$$\varepsilon_t \sim IID (0; \sigma^2)$$

Quindi, la distribuzione non nota è parametrata con media nulla e varianza  $\sigma^2$ . Tale affermazione sugli incrementi delle variazioni di prezzo conferma un modello di Fair-Game per il mercato e un modello Martingala per i prezzi, ma in senso più ampio. Infatti, se i prezzi delle attività finanziarie seguono un modello RW1, allora anche le combinazioni lineari degli stessi prezzi devono essere non correlati.

Nel corso del tempo, si è consolidata la teoria che anche per gli incrementi ivi descritti valesse il teorema del limite centrale e che, quindi, questi fossero distribuiti normalmente. Tuttavia, nonostante l'assunzione di normalità semplifichi di molto certi calcoli, questa viola la condizione di un campo di esistenza limitato per i prezzi di mercato. Questi non possono mai essere negativi, perché perderebbero il senso economico che la teoria gli affida. Per evitare questa violazione, il modello RW1 è sempre utilizzato con riferimenti ai prezzi logaritmici di mercato:

$$p_t = \mu + p_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dove  $p_t = \ln(P_t) \neq P_t$ .

### **2.3.2. Il modello Random Walk 2 (RW2) con incrementi INID**

Nonostante l'eleganza e la semplicità con cui il modello RW1 riesce a descrivere l'andamento evolutivo dei prezzi azionari, non risulta ottimo per la descrizione della realtà. Infatti, nel corso di duecento anni di storia della borsa di New York, ad esempio, si sono registrati innumerevoli cambiamenti a livello economico e a livello sociale o cambiamenti rispetto al contesto istituzionale, normativo e tecnologico in cui sono determinati i prezzi dei mercati azionari. Ergo, pensare che tutti gli incrementi delle variazioni di prezzo possano essere identicamente distribuiti, come previsto nel modello RW1, non è per niente plausibile dal punto di vista logico ed empirico.

Il modello RW1, pertanto, si è evoluto nel modello RW2 in cui gli incrementi  $\varepsilon_t$  sono ritenuti indipendenti ma non identicamente distribuiti (INID); ipotesi meno stringente rispetto al primo modello.

Il modello RW2 contiene chiaramente il modello RW1 come caso particolare, ma può includere analisi su un andamento dei prezzi azionari più generale del modello precedente.

Inoltre, il modello RW2 consente l'eteroschedasticità degli incrementi  $\varepsilon_t$ , intesa come diversa volatilità degli incrementi delle variazioni di prezzo in periodi storici differenti. Tale caratteristica statistica consente che gli incrementi possano essere suddivisi in sottogruppi con diverse varianze; l'ipotesi risulta meno selettiva nel trattamento dei prezzi di mercato e permette analisi più inclusive.

Infine, il modello RW2 mantiene la proprietà economica più interessante del modello RW1: qualsiasi trasformazione arbitraria degli incrementi  $\varepsilon_t$  delle variazioni di prezzo future è imprevedibile e casuale rispetto a qualsiasi trasformazione matematica della serie storica dei prezzi.

### 2.3.3. Il modello Random Walk 3 (RW3) con incrementi NINID

Un modello di Random Walk ancora più generale, o meglio il più generale possibile, è il modello RW3 utilizzato più frequentemente nella letteratura economica empirica contemporanea. Si ottiene il modello RW3 allentando anche l'ipotesi dell'indipendenza degli incrementi prevista nel modello RW2. Includendo processi non indipendenti è, però, di assoluta importanza sottolineare che due incrementi  $\varepsilon_t$  possono essere reciprocamente non indipendenti, ma non devono essere comunque correlati se si vuole rimanere all'interno dei confini descritti da un modello Random Walk di evoluzione dei prezzi.

Questa è la forma più debole e inclusiva del modello Random Walk e richiede l'unica condizione di cui prima, quale:

$$\text{corr}[\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}] = 0 \quad \forall t \in \mathbb{N}^+$$

Ovviamente, il modello RW3 contiene i modelli RW2 e RW1 come casi speciali.

## 3. Modelli per testare l'efficienza di mercato

È stato proposto di raggruppare i modelli empirici che testano l'efficienza di mercato in alcune categorie, che effettuano analisi secondo diverse prospettive:

- i. non dovrebbero sussistere autocorrelazioni tra i rendimenti in eccesso  $\text{corr}[r_t, r_{t-n}] = 0$ : il rendimento in eccesso di oggi non ci dice assolutamente nulla sul rendimento in eccesso di domani o dei prossimi periodi. Da un punto di vista strettamente statistico, l'assenza di autocorrelazione seriale dei rendimenti deriva dal comportamento random walk dei prezzi. I prezzi dei titoli dovrebbero aggiustarsi istantaneamente e senza distorsioni a nuove informazioni che arrivano agli operatori.

In altri termini, non dovrebbero esserci pattern prevedibili sull'evoluzione dei prezzi sfruttabili dagli investitori, dopo che al mercato arrivano nuove informazioni. Oltre al calcolo statistico dei coefficienti di correlazione seriale, l'autocorrelazione tra i rendimenti può essere rappresentata graficamente con la distribuzione dei rendimenti del periodo  $(t - 1)$  rispetto al periodo  $t$ .

- ii. le strategie di investimento basate su informazioni storiche non dovrebbero essere in grado di generare rendimenti in eccesso positivi. Quindi, i trading systems (o le filter rules) non dovrebbero essere migliori della semplice strategia "buy-and-hold".
- iii. rendimenti più elevati rispetto alle attese dovrebbero essere attribuibili al caso ed alla fortuna più che alla progettazione di strategie di investimento e quindi non dovrebbero essere sistematici.

L'assenza di autocorrelazione è contro l'idea e la prassi su cui si basano molte strategie di investimento, che sono incorporate nel comportamento di molti gestori di fondi, che i futuri rendimenti (o i prezzi) possano essere previsti elaborando le informazioni sui rendimenti (o i prezzi) realizzati nel passato. L'analisi tecnica è un esempio di questo approccio, infatti secondo questo tipo di analisi, con un'approfondita analisi di lunghe sequenze dei prezzi, dei rendimenti e dei volumi passati, si può individuare una certa regolarità degli andamenti degli indici, dei pattern riconoscibili, che possano preludere ad una stima credibile della loro evoluzione futura.

Come detto, se il mercato fosse efficiente, la reazione dei prezzi a nuove informazioni dovrebbe essere immediata. Nella figura 1, riportata di seguito, sono raffigurate tre possibili traiettorie di evoluzione dell'indice considerato: aggiustamento istantaneo efficiente, under-reaction e over-reaction.

Oltre all'aggiustamento istantaneo dell'indice che si verifica se e solo se il mercato risulta efficiente, si possono produrre altri due processi. Si può leggere sul grafico un processo di under-reaction tramite il quale i prezzi hanno una reazione lenta alle nuove informazioni pervenute e per raggiungere un livello che incorpori l'intero effetto della informazione (previsto con l'aggiustamento efficiente) occorrono vari periodi. Infine, si può avere un processo di over-reaction secondo cui i prezzi hanno una prima reazione eccessiva, successivamente riassorbita sull'arco di vari periodi, ripristinando il livello di indice che incorpora l'efficienza di mercato. Sia l'under-reaction, che l'over-reaction possono derivare dalla difficoltà (incertezza) degli operatori ad individuare il nuovo valore fondamentale dell'indice dopo l'arrivo della nuova informazione. Se i comportamenti di under-reaction ed over-reaction fossero individuabili, gli operatori potrebbero sfruttarli per mettere a punto

delle strategie d'investimento, ottenendo profitti, ma in un mercato efficiente proprio le strategie di sfruttamento di tali processi eliminerebbero le opportunità di profitto, costringendo i prezzi ad aggiustamenti istantanei, portandoli al livello corretto.

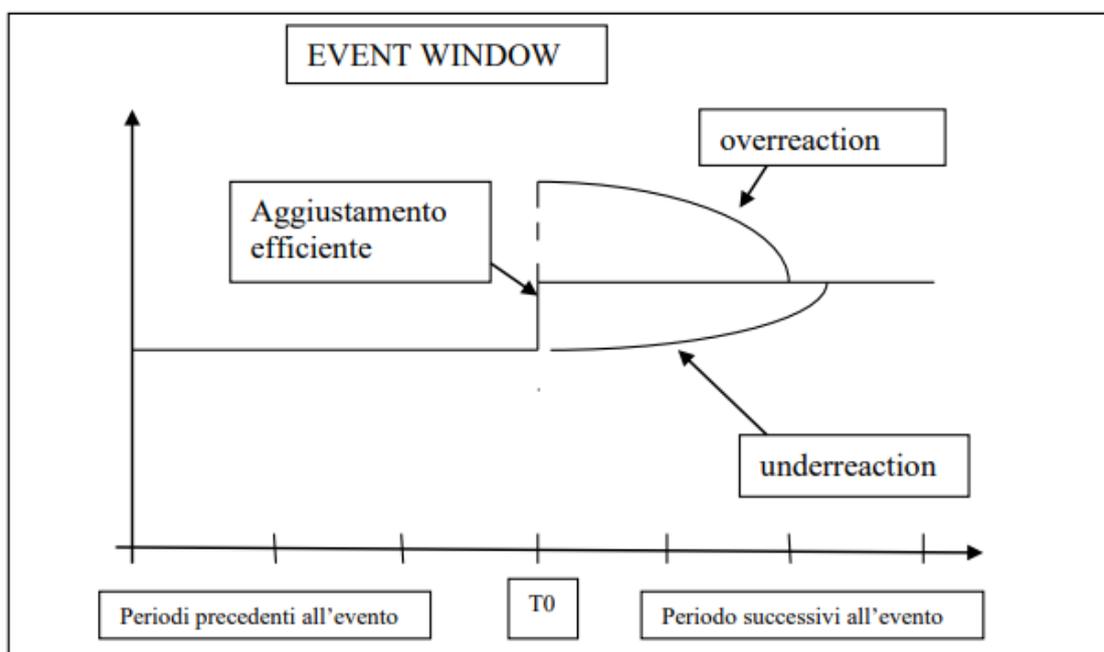


Figura 1: reazione di un mercato azionario a nuove informazioni secondo i processi di aggiustamento efficiente istantaneo, under-reaction e over-reaction.

In sintesi: la maggior parte dei test basati sulle sequenze dei rendimenti o delle variazioni dei prezzi, di pattern di movimenti dei titoli, di traiettorie di reazione dei prezzi a nuovi eventi od informazioni tendono a non rifiutare l'ipotesi di mercati efficienti. Nei paragrafi successivi si passa ad esaminare ciascuna categoria di test o di modello empirico per provare l'efficienza di mercato seguendo l'elenco puntato di cui ad inizio paragrafo.

### 3.1. Modelli con incrementi indipendenti e identicamente distribuiti

Poiché i presupposti degli incrementi IID sono così centrali nello studio dei mercati tramite l'inferenza statistica classica, i test per questo tipo di ipotesi sono molteplici. Risulterebbe, quindi, impossibile catalogare tutti i test sull'indipendenza e la distribuzione identica e di conseguenza, saranno menzionati solo i principali e più noti test tra tutti.

Siccome le proprietà di IID non sono proprie di una specifica distribuzione, sono spesso utilizzati modelli cosiddetti non parametrici che, per testare le ipotesi, non necessitano dei parametri che abitualmente descrivono una distribuzione specifica. Tra questi test troviamo il coefficiente di correlazione di Spearman, il foot-rule test e il coefficiente di correlazione di Kendall. Tuttavia, le teorie di campionamento esatte per tali test sono generalmente non

disponibili in forma chiusa, complicate e quindi, obbligano chi le utilizza a delle approssimazioni asintotiche.

In base a presupposti parametrici, invece, i test sono di più facile costruzione, come è intuitivo capire. In questa famiglia di test troviamo perlopiù test sui modelli RW1 e RW2 quindi test ormai superati e di interesse conoscitivo, ma che, appunto, permettono di cogliere molte caratteristiche del modello RW più generale.

Tra i test più utilizzati si trovano quelli che si concentrano sull'analisi di sequenze e inversioni.

### 3.1.1. Il test di Cowles e Jones

Per semplicità, si analizza per prima, col modello RW1, la versione logaritmica in cui il prezzo logaritmico  $p_t$  si presume che segua un incremento IID casuale:

$$p_t = p_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{con } \varepsilon_t \sim IID(0; \sigma^2)$$

Si denoti con  $I_t$  la seguente variabile casuale:

$$I_t = \begin{cases} 1 & \text{se } r_t = p_t - p_{t-1} > 0 \\ 0 & \text{se } r_t = p_t - p_{t-1} \leq 0 \end{cases} \quad (\text{A})$$

Come fosse una variabile Bernoulliana che indica se il rendimento in capitalizzazione continua sia positivo o non positivo al tempo  $t$ .

Si definiscano, infine, le sequenze e le inversioni come quelle coppie di rendimenti, in capitalizzazione continua, successivi che sono rispettivamente concordi o discordi. In particolare, si ha una sequenza quando due  $r_t$  successivi sono concordi (entrambi negativi o entrambi positivi) e si ha una un'inversione quando due  $r_t$  successivi sono discordi (uno positivo e uno negativo senza che l'ordine di manifestazione sia rilevante). In base a queste definizioni, si conti il numero di sequenze  $N_S$  e il numero di inversioni  $N_I$  come segue, essendo  $n$  il numero totale di osservazioni considerato:

$$N_S = \sum_{t=1}^n Y_t \quad \text{con } Y_t = I_t \cdot I_{t-1} + (1 - I_t) * (1 - I_{t-1})$$

$$N_I = n - N_S$$

Se i prezzi logaritmici considerati seguono una passeggiata aleatoria (RW) con gli incrementi IID, allora per ogni coppia di rendimenti una sequenza e un'inversione sono ugualmente probabili. Quindi, il rapporto  $CJ = N_S/N_I$  dovrebbe essere approssimativamente uguale a uno. Più formalmente, questo rapporto può essere interpretato come uno stimatore

coerente del rapporto CJ della probabilità di una sequenza  $\pi_S$  sulla probabilità di un'inversione  $(1 - \pi_S)$ .

In particolare, il rapporto CJ sarà maggiore dell'unità nei casi in cui si presenti una deriva degli incrementi diversa da zero e l'unità sarà il suo limite inferiore. Infatti, per derive, cioè andamenti non casuali degli incrementi, positive o negative il numeratore del rapporto sarà superiore al denominatore, facendo convergere il rapporto a valori maggiori di uno. Si sottolinea che solo per un processo di mercato perfettamente Fair-Game il rapporto di Cowles e Jones converge al suo limite inferiore pari ad uno.

Nei casi reali, si propone un aggiustamento del calcolo del rapporto, considerando  $\pi$  come la probabilità di avere  $I_t = 1$  su una serie storica. Allora, il rapporto CJ diventa:

$$CJ = \frac{\pi^2 + (1 - \pi)^2}{2 \cdot \pi \cdot (1 - \pi)}$$

In alternativa il fattore  $\pi$  può essere stimato correttamente con una normale cumulata fino al valore di  $\mu$  su  $\sigma$  della distribuzione degli incrementi:

$$\hat{\pi} = \Phi\left(\frac{\mu}{\sigma}\right)$$

Per confrontare due valori del rapporto CJ è necessario ricorrere ad uno stimatore che in seguito a delle considerazioni dimostrative può essere espresso a livello di distribuzione asintotica per campioni con numerosità elevata, cioè con grandi quantità di rendimenti azionari considerati:

$$CJ \overset{a}{\sim} N\left(\frac{\pi_S}{1 - \pi_S}; \frac{\pi_S * (1 - \pi_S) + 2 * (\pi^3 + (1 - \pi)^3 - \pi_S^2)}{n * (1 - \pi_S)^4}\right)$$

Con il suddetto stimatore è possibile confrontare due valori anche con livelli severi di significatività statistica per testare l'applicabilità del modello RW1 al mercato considerato.

D'altra parte, si supponga che l'ipotesi del modello RW1 sia falsa per un certo mercato considerato e si supponga, altresì, di voler comprendere come sia influenzato il rapporto CJ da una deviazione del mercato verso comportamenti non aderenti al modello RW1. A tal proposito sia la variabile  $(I_t; I_{t+1})$  una catena di Markov a due stati:

$$(I_t; I_{t+1}) = \begin{pmatrix} 1 - \alpha & \alpha \\ \beta & 1 - \beta \end{pmatrix} \quad (B)$$

Dove  $1 - \alpha$  denota la probabilità che l'incremento  $\varepsilon_t$  sia positivo per entrambi i periodi successivi considerati e  $1 - \beta$  denota la probabilità che l'incremento  $\varepsilon_t$  sia negativo per entrambi i periodi successivi considerati. Fintanto che  $\alpha \neq 1 - \beta$ , allora il modello tenderà

a presentare un valore CJ diverso da uno perché le sequenze saranno più probabili delle inversioni. In questo caso il valore teorico stimato di CJ è dato da:

$$CJ = \frac{(1 - \alpha)\beta + (1 - \beta) \cdot \alpha}{2 \cdot \alpha \cdot \beta}$$

Esso può assumere qualsiasi valore reale non negativo. Come  $\alpha$  e  $\beta$  si avvicinano ad uno, così la probabilità delle inversioni aumenta e quindi CJ si avvicina ad uno (limite inferiore). Viceversa, come  $\alpha$  e  $\beta$  si avvicinano a zero, così la probabilità delle sequenze aumenta e quindi CJ tende ad aumentare senza limiti (non esiste un valore massimo). In questi casi, dunque, CJ è un indicatore ragionevole delle deviazioni del mercato dal modello RW.

### 3.1.2. Il test delle corse

Un altro test diffuso per provare il modello RW1 è il test delle corse. Per definire che cosa sia una corsa si parta dalla definizione di  $I_t$  data nella versione (A) e si analizzi una sequenza di dieci variazioni di prezzo identificate con la seguente codifica binaria: 1001110100. In questo esempio, si identificano sei corse come una sequenza senza interruzioni di variazioni concordi nello stesso segno. In particolare, si hanno tre sequenze di numeri 1 e tre piste di numeri 0, per sei corse totali. Chiaramente, la stessa sequenza binaria, pur presentando congiuntamente lo stesso numero di zeri e di uno, potrebbe avere un diverso numero di corse. Come controesempio, si prenda la codifica 1110000011 con tre corse totali e lo stesso numero di zeri e uno.

Il test prevede di confrontare il numero di corse dei dati empirici con il numero di corse previste con dati estratti da un perfetto modello di RW teorico attraverso un test d'ipotesi. Per eseguire il test d'ipotesi è necessaria la distribuzione campionaria delle corse  $N_{runs}$  su un campione di  $n$  dati totali. Inoltre, si identifichi con  $\pi_i$  la probabilità di verificarsi di ciascun tipo di corsa che contenga lo stesso numero con  $N_{runs}(i)$ . Seguendo l'esempio con i dati 1001110100 si ha  $i = 0, 1$ :

- $N_{runs}(1) = 3$              $\pi_i = 1/2$
- $N_{runs}(0) = 3$              $\pi_i = 1/2$
- $N_{runs} = 6$

Con il controesempio 1110000011:

- $N_{runs}(1) = 2$              $\pi_i = 2/3$
- $N_{runs}(0) = 1$              $\pi_i = 1/3$
- $N_{runs} = 3$

Lo studioso Mood nel 1940 deriva la distribuzione discreta di  $N_{runs}(i)$  grazie a proprietà del calcolo combinatorio e delle distribuzioni multinomiali. Da ciò si ricava una distribuzione che converge asintoticamente ad una distribuzione normale, se si normalizza adeguatamente la variabile di interesse. Nel caso Bernoulliano con  $k = 2$  in esame si ha:

$$\text{cov}[N_{runs}(i); N_{runs}(j)] \sim [0; \sum_{i=1}^k \pi_i^2 * (1 + 2\pi_i) - 3 * (\sum_{i=1}^k \pi_i^2)^2]$$

Che implica per le corse del tipo 1:

$$E[N_{runs}] = 2n\pi * (1 - \pi) + \pi^2 + (1 - \pi)^2$$

Si osservi che questa funzione del valore atteso del numero di corse è quadratica e concava per l'intervallo  $[0; 1]$  che raggiunge un valore massimo per  $\pi = 1/2$ . In alternativa, una deriva delle variazioni di prezzo in senso negativo o positivo ridurrà il numero delle corse previsto e in particolare porterà  $\pi_1 > 1/2$  una deriva positiva e  $< 1/2$  per una deriva negativa. Per eseguire il test di ipotesi sul modello Random Walk 1 nel caso Bernoulliano si può utilizzare la seguente statistica:

$$z = \frac{N_{runs} - 2n\pi(1 - \pi)}{2\sqrt{n\pi(1 - \pi) * [1 - 3\pi(1 - \pi)]}} \sim \mathcal{N}(0; 1)$$

Che si adatta ad un consueto test di significatività con distribuzione normale.

Un leggero aggiustamento di questa statistica è fatto per tenere conto dell'approssimazione delle probabilità esatte:

$$z = \frac{N_{runs} - 2n\pi(1 - \pi) + \frac{1}{2}}{2\sqrt{n\pi(1 - \pi) * [1 - 3\pi(1 - \pi)]}} \sim \mathcal{N}(0; 1)$$

Altri aspetti delle corse sono stati utilizzati per testare la passeggiata aleatoria con incrementi delle variazioni di prezzo IID, come la distribuzione delle corse per lunghezza e per segno. In effetti, il documento seminale di Mood (1940) fornisce un catalogo esaustivo delle proprietà delle sequenze, comprese le distribuzioni marginali e congiunte esatte, i momenti fattoriali, i momenti centrati e le approssimazioni asintotiche. Un eccellente sommario a favore di questi risultati, insieme a una raccolta di problemi combinatori correlati in probabilità e statistica, è contenuto in David e Barton (1962).

### 3.2. Modelli con incrementi indipendenti e non identicamente distribuiti

La restrizione di distribuzioni identiche, come detto, è chiaramente non plausibile, soprattutto se applicata a dati finanziari che abbracciano diversi decenni. Tuttavia, testare

l'indipendenza senza assumere distribuzioni identiche è piuttosto difficile, in particolare per i dati di serie temporali. Se non poniamo restrizioni su come le distribuzioni marginali dei dati possono variare nel tempo, diventa praticamente impossibile condurre un'inferenza statistica, poiché le distribuzioni campionarie anche delle statistiche più elementari non possono essere derivate.

Tuttavia, ci sono due linee di ricerca empirica che possono essere viste come una sorta di test "economico" di RW2: filter rules e analisi tecnica. Sebbene nessuno di questi approcci faccia un grande uso dell'inferenza statistica formale, entrambi hanno catturato l'interesse della comunità finanziaria per ragioni pratiche. Questo non vuol dire che l'inferenza statistica non possa essere applicata a queste modalità di analisi, ma piuttosto che gli standard di evidenza in questa letteratura si sono evoluti lungo percorsi molto diversi.

Pertanto, data la natura dei dati in analisi del presente lavoro di tesi riferiti ad una serie temporale di soli sei anni, non saranno presentate le tecniche di analisi sopra menzionate proprio perché i dati si potranno considerare identicamente distribuiti.

### **3.3. Modelli con incrementi non indipendenti e non identicamente distribuiti**

Uno dei test più diretti e intuitivi delle ipotesi del modello Random Walk e del modello martingala per una singola serie temporale è verificare la correlazione tra due osservazioni della stessa serie in date diverse. Nella versione più debole del Random Walk, RW3, gli incrementi delle variazioni di prezzo  $\varepsilon_t$  non sono correlati a variabili lead o lag. Pertanto, possiamo testare il modello RW3 provando l'ipotesi nulla che i coefficienti di autocorrelazione delle differenze prime tra vari elementi siano tutti zero. Questo approccio apparentemente semplice è la base per una varietà sorprendentemente ampia di test del Random Walk, che svilupperemo in questo paragrafo. Ad esempio, i test possono essere basati sui coefficienti di correlazione stessi; test più potenti possono essere costruiti dalla somma delle autocorrelazioni al quadrato. Infine, le combinazioni lineari delle autocorrelazioni possono anche avere alcuni vantaggi nel rilevare particolari scostamenti dal modello Random Walk.

#### **3.3.1. I coefficienti di autocorrelazione**

Il coefficiente di autocorrelazione è una naturale estensione in una serie temporale del noto coefficiente di correlazione tra due variabili casuali X e Y:

$$\text{corr}[x, y] = \frac{\text{cov}[x, y]}{\sqrt{\text{var}[x] \cdot \text{var}[y]}}$$

Data una serie temporale stazionaria di rendimenti logaritmici dei prezzi azionari  $r_t$  si definiscono:

$$\begin{aligned}\gamma(k) &= \text{cov}[r_t; r_{t+k}] \\ \rho(k) &= \frac{\gamma(k)}{\sqrt{\text{var}[r_t] \cdot \text{var}[r_{t+k}]}}\end{aligned}$$

Con  $\gamma(k)$  coefficiente di autocovarianza e  $\rho(k)$  coefficiente di autocorrelazione.

Dove la seconda variabile, grazie alla stazionarietà dell'operatore di covarianza si può esprimere come:

$$\rho(k) = \frac{\gamma(k)}{\text{var}[r_t]}$$

Per un dato campione gli stimatori corretti di queste variabili sono:

$$\begin{aligned}\hat{\gamma}(k) &= \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^{T-k} (r_t - \bar{r}_T) \cdot (r_{t+k} - \bar{r}_T) \\ \hat{\rho}(k) &= \frac{\hat{\gamma}(k)}{\hat{\gamma}(0)}\end{aligned}$$

con  $\hat{\gamma}(0) = \text{cov}[r_t; r_{t+0}]$ .

Fuller dimostra che il vettore degli stimatori del coefficiente di autocovarianza e il vettore degli stimatori del coefficiente di autocorrelazione sono, a livello asintotico, delle normali multivariate. Le espressioni estese non sono necessarie per testare le autocovarianze tutte pari a zero, bensì sono sufficienti delle forme più semplici. Le espressioni utili al test di ipotesi del modello RW3 sono:

$$\begin{aligned}E[\hat{\rho}(k)] &= -\frac{T-k}{T(T-1)} + O(T^{-2}) \\ \text{cov}[\hat{\rho}(k), \hat{\rho}(l)] &= \frac{T-k}{T^2} + O(T^{-2}) \quad \text{se } k, l \neq 0\end{aligned}$$

Dove:

- T = numero totale di dati;
- k = indice dei dati;
- l = indice dei dati.

Dalla formula del valore atteso del coefficiente di autocorrelazione notiamo che per il modello RW1  $\hat{\rho}(k) = 0 \forall k$ , invece, in generale, per il modello RW3  $\hat{\rho}(k) < 0$ . Questo pregiudizio sul valore dello stimatore è dovuto all'interpretazione dello stimatore stesso

come somma scalata dei prodotti incrociati di deviazioni dalla media stimata. In particolare, in un modello Random Walk, stimando la media dei rendimenti a zero per costruzione, si ottengono delle alternanze di deviazioni positive e negative e viceversa, quindi, il valore atteso dei prodotti incrociati a coppie risulta negativo.

In definitiva, Lo e MacKinley derivano approssimazioni asintotiche per campioni molto grandi di dati per eseguire molteplici test basati sull'ipotesi dei modelli di Random Walk con la statistica:

$$\sqrt{T} \cdot \hat{\rho}(k) \sim N(0,1)$$

### 3.3.2. Le statistiche di Portmanteau

Il modello RW1 implica che tutte le autocorrelazioni siano zero. Una semplice statistica che contrasta molte ipotesi alternative è la statistica Q di Box e Pierce:

$$Q_m = T \cdot \sum_{k=1}^m \rho^2(k)$$

Che asintoticamente risulta distribuita come una variabile  $\chi^2$  che si presta per i consueti test di ipotesi. La statistica può essere aggiustata per campioni di piccole dimensioni:

$$Q_m = T(T + 2) \cdot \sum_{k=1}^m \frac{\rho^2(k)}{T - k}$$

La statistica è progettata per rilevare le deviazioni da zero delle autocorrelazioni in senso sia negativo che positivo. Nelle espressioni di cui sopra si ha che:

- T = periodo di tempo considerato;
- $\rho(k)$  = definita come nel paragrafo precedente.

### 3.3.3. I rapporti tra varianze

Una proprietà importante di tutte e tre le ipotesi del modello Random Walk è che la varianza degli incrementi delle variazioni di prezzo deve essere una funzione lineare del tempo. Ad esempio, per il modello RW1 la varianza della somma di due rendimenti successivi ( $r_t; r_{t+1}$ ) deve essere il doppio della varianza del singolo rendimento  $r_t$ . Pertanto, la plausibilità del modello Random Walk può essere verificato confrontando la varianza di ( $r_t; r_{t+1}$ ) con due volte la varianza di  $r_t$ . Naturalmente, queste varianze non saranno numericamente identiche, ma il loro rapporto dovrebbe essere statisticamente indistinguibile

da uno. Quindi, per costruire un test statistico dell'ipotesi del Random Walk utilizzando i rapporti tra varianze, si ha bisogno della loro distribuzione campionaria.

Prima di derivare tali distribuzioni campionarie, si sviluppano alcune intuizioni per i valori della popolazione della statistica del rapporto tra varianze in vari scenari di interesse.

Si definisca il rapporto tra varianza come statistica:

$$VR(2) = \frac{var[r_t + r_{t+1}]}{2 \cdot var[r_t]} = 1 + 2\rho(1)$$

Dove  $\rho(1)$  è il coefficiente di autocorrelazione dei rendimenti ( $r_t; r_{t+1}$ ) e si inserisce nella seconda uguaglianza grazie alla stazionarietà dei rendimenti di mercato.

Siccome sotto le ipotesi di RW1, tutti i coefficienti di autocorrelazioni sono nulli allora il valore del rapporto tra varianze deve essere pari semplicemente ad uno. Diversamente, in presenza di rendimenti positivamente correlati la varianza della somma di due rendimenti sarà maggiore della varianza di un singolo rendimento e, oppostamente, in presenza di rendimenti negativamente correlati la varianza della somma di due rendimenti sarà minore della varianza di un singolo rendimento. Quindi, rispettivamente nel primo caso il rapporto sarà maggiore dell'unità e nel secondo caso sarà minore dell'unità; ergo risulta necessario un test d'ipotesi bilaterale.

Per il confronto tra rendimenti oltre un periodo, entrano in gioco correlazioni di ordine superiore al primo e la statistica cambia forma in:

$$VR(q) = 1 + 2 \sum_{k=1}^{q-1} \left(1 - \frac{k}{q}\right) \rho(k)$$

Dove  $\rho(k) = r_t + r_{t-1} + \dots + r_{t-k+1}$  è il k-esimo coefficiente di autocorrelazione di ordine k del rendimento  $r_t$ .

Sotto le ipotesi di RW1,  $VR(q) = 1$  sempre, perché sotto quelle ipotesi  $\rho(k)$  è sempre nullo per qualsiasi elemento considerato.

Per costruire un test statistico sulle ipotesi del modello RW1, seguendo l'esposizione di Lo e MacKinlay, si cerca di testare l'ipotesi nulla  $H_0: r_t = \mu + \varepsilon_t$  considerando  $(2n + 1)$  dati e con stimatori dei parametri della distribuzione pari a:

$$\hat{\mu} = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{k=1}^{2n} (p_k - p_{k-1}) = \frac{1}{2n} \cdot (p_{2n} - p_0)$$

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{k=1}^{2n} (p_k - p_{k-1} - \hat{\mu})^2$$

$$\hat{\sigma}_b^2 = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{k=1}^{2n} (p_{2k} - p_{2k-2} - \widehat{2\mu})^2$$

Le prime 2 equazioni sono i soliti stimatori della media e della varianza campionaria, mentre la terza equazione è un altro stimatore corretto della varianza che sfrutta le caratteristiche del modello RW1 per i rendimenti logaritmici  $p_t$ : la media e la varianza sono lineari con il tempo e quindi la varianza può essere stimata dalla metà dei dati campionari, in particolare dai dati campionari con indice pari [ $p_0, p_2, p_4, p_6$ , eccetera]. Secondo la teoria asintotica standard, entrambi gli stimatori convergono ai parametri corretti della popolazione seguendo le distribuzioni presenti:

$$\sqrt{2n}(\hat{\sigma}_a^2 - \sigma^2) \sim N(0; 2\sigma^4)$$

$$\sqrt{2n}(\hat{\sigma}_b^2 - \sigma^2) \sim N(0; 4\sigma^4)$$

Concentrandosi sulla prima distribuzione, si trova che per effettuare test di significatività statistica è necessario stimare la varianza con i due stimatori efficienti precedentemente procurati. In particolare, si dimostra che la differenza tra i due stimatori della varianza è il miglior stimatore del valore della varianza  $2\sigma^4$ . Quindi, la forma funzionale che permette di effettuare test efficienti è data da:

$$\frac{\widehat{VD}}{\sqrt{2\hat{\sigma}_a^4}} = \frac{\hat{\sigma}_b^2 - \hat{\sigma}_a^2}{\sqrt{2\hat{\sigma}_a^4}} = \frac{\widehat{VR} - 1}{\sqrt{2}} \sim N(0; 1)$$

Dove  $\widehat{VD}$  indica la differenza tra stimatori della varianza e  $\widehat{VR}$  indica il rapporto tra stimatori della varianza.

Poiché vi è un crescente consenso tra gli economisti finanziari sul fatto che le volatilità cambino nel tempo, un rifiuto delle ipotesi del Random Walk a causa dell'eteroschedasticità non sarebbe di grande interesse. Pertanto, cerchiamo un test per RW3: anche in presenza di eteroschedasticità il rapporto di varianze deve comunque avvicinarsi all'unità man mano che il numero di osservazioni aumenta verso l'infinito, poiché la varianza della somma degli incrementi non correlati deve comunque essere uguale alla somma delle varianze nel caso di un modello perfetto di Random Walk. Tuttavia, la varianza asintotica dei rapporti di varianze dipende chiaramente dal tipo e dal grado di eteroschedasticità presente. Un approccio per considerare quest'ultima circostanza consiste nel modellare l'eteroschedasticità in modo esplicito e quindi calcolare la varianza asintotica sotto questa specifica ipotesi nulla. Tuttavia, per consentire forme più generali dell'eteroschedasticità, si potrebbe seguire l'approccio di Lo e MacKinlay, che si basa sul calcolo di parametri coerenti, per costruzione, con l'eteroschedasticità. Rispetto al presente lavoro di tesi, questo approfondimento

metodologico risulterebbe superfluo perché la serie temporale, usata per l'analisi del modello Random Walk sui mercati considerati, precedente alla situazione pandemica copre solo cinque anni, periodo troppo breve per poter osservare importanti effetti dell'eteroschedasticità.

## Metodologia di costruzione degli indici di borsa

Nei paragrafi seguenti si illustrano le diverse metodologie per la composizione dei vari indici di borsa. L'obiettivo è quello di sottolineare i metodi di calcolo degli indici affini, che permettano di considerare il confronto tra gli andamenti delle diverse borse mondiali come solido, anche in base alla composizione percentuale delle borse per settore economico.

In generale, esistono tre differenti meccanismi di ponderazione delle quotazioni azionarie che fanno parte del paniere di un indice:

- *Indici equally weighted*, nei quali è attribuito lo stesso fattore di ponderazione a tutti i titoli facenti parte dello stesso paniere. Questo fa sì che la capitalizzazione delle singole società non sia rilevante, in quanto tutti i titoli dell'indice hanno il medesimo peso.
- *Indici price weighted*, in cui il peso associato ad un titolo varia proporzionalmente al suo prezzo. Stando così la composizione di questo tipo di indici, ci sarà una tendenza degli stessi a rappresentare in maniera preponderante i titoli più costosi, indipendentemente dal numero di azioni emesse e dalle dimensioni in termini di capitale delle varie società.
- *Indici value weighted (o cap-weighted)*, che superano le problematiche emerse nel calcolo del tipo precedente, pesando essi i titoli proporzionalmente alla capitalizzazione di borsa degli stessi.

### 1. Indice FTSE MIB

Questo indice della borsa italiana, precedentemente noto come S&P MIB, dal giugno 2009 è gestito dal Financial Times Stock Exchange Group. Il suo obiettivo è quello di seguire i risultati delle azioni quotate sulla Borsa di Milano.

L'indice FTSE MIB è composto da 40 titoli di società, incluse secondo un principio di ponderazione proporzionale al volume della loro capitalizzazione, con una selezione effettuata in funzione della liquidità dei titoli, nonché dell'importanza del settore di attività commerciale o industriale. Questi 40 titoli rappresentano peraltro, da soli, oltre l'80% della capitalizzazione di Borsa totale di questa piazza finanziaria.

Si noti che la composizione di questo indice azionario è soggetta a revisione trimestrale ad opera dello stesso gruppo gestorio di cui sopra.

## 1.1 Composizione del FTSE MIB

La suddivisione settoriale delle imprese quotate nel FTSE MIB rispetto alla capitalizzazione complessiva è la seguente (vedi figura 1):

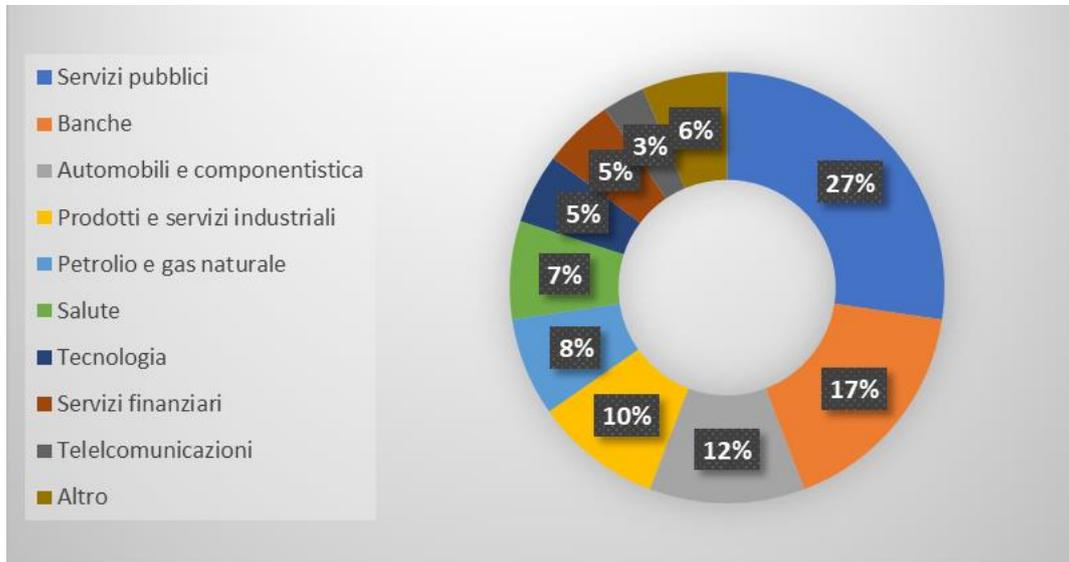


Figura 2: composizione percentuale del FTSE MIB.

- Servizi pubblici 27%
- Banche 17%;
- Automobili e componentistica 12%;
- Prodotti e servizi industriali 10%;
- Assicurazioni 8%;
- Petrolio e gas naturale 7%;
- Salute 5%;
- Tecnologia 5%;
- Servizi finanziari 5%;
- Telecomunicazioni 3%;
- Altri 6%.

## 1.2 Calcolo e capitalizzazione del FTSE MIB

Il metodo utilizzato per calcolare l'indice azionario FTSE MIB è denominato "metodo del flottante", termine utilizzato nel mondo del trading di azioni, che consente di determinare il numero di azioni disponibili su un mercato affinché il pubblico possa acquistarle o venderle.

Dato che il valore di ciascun titolo è in costante evoluzione, anche i prezzi delle capitalizzazioni di Borsa che compongono l'indice sono in costante evoluzione. La capitalizzazione borsistica del flottante tiene conto solo delle azioni che vengono offerte sul mercato borsistico e non dell'insieme dei titoli delle società.

L'indice dei prezzi e l'indice di rendimento totale sono calcolati in tempo reale e in euro.

Il FTSE MIB fa parte degli indici con meccanismo di ponderazione value weighted. Il valore dell'indice FTSE MIB al tempo  $t$  è calcolato utilizzando la seguente formula:

$$I_t = \frac{M_t}{D_t}$$

Dove

- $M_t$  = capitalizzazione totale di mercato al tempo  $t$ ;
- $D_t$  = Valore del Divisor al tempo  $t$ .

Nello specifico:

$$M_t = \sum_i p_{it} * q_{it} * IWF_{it}$$

- $p_{it}$  = prezzo al tempo  $t$  della  $i$ -esima azione. È il prezzo dell'ultimo contratto concluso;
- $q_{it}$  = numero di azioni per la società  $i$ -esima, al netto delle azioni proprie;
- $IWF_{it}$  = flottante dell'azione  $i$ -esima.

## 2. Indice DAX 30

Il DAX 30 è un indice azionario creato direttamente dalla Borsa di Francoforte che è la più grande piazza finanziaria in Germania, nonché la decima piazza finanziaria a livello mondiale. L'indice DAX 30 è stato creato il 30 dicembre 1987 ed ha la caratteristica di essere stato il primo indice borsistico europeo sul mercato mondiale.

Nel corso del tempo, la Deutsche Börse, che è l'operatore del DAX, all'indice principale DAX 30 ha affiancato ulteriori indici.

È importante conoscere alcuni dati relativi al mercato tedesco e, in particolare, va tenuto presente che la Germania è la prima potenza economica in Europa, nonché la quinta economia mondiale. Ciò è possibile, in particolare, grazie alle società che entrano nella composizione del DAX 30 e che da sole rappresentano oltre il 75% della capitalizzazione borsistica totale della Borsa di Francoforte. È, quindi, comprensibile che questo indice susciti tanto interesse sui mercati.

## 2.1 Composizione del DAX 30

Come indicato dal suo nome e come accennato in precedenza, l'indice borsistico DAX 30 è composto dalle 30 più grandi imprese del mercato tedesco in termini di capitalizzazione borsistica totale. Ne fanno parte imprese di diversi settori di attività. Sebbene l'economia tedesca sia spesso associata all'industria automobilistica, contrariamente a quanto si potrebbe pensare, alla testa delle più grandi imprese di questo indice si trovano soprattutto aziende del settore chimico, tra cui il gruppo Bayer e il gruppo BASF. Ovviamente, anche i costruttori di automobili come Daimler, BMW e Volkswagen sono presenti con una quota importante nella ponderazione dell'indice.

Da notare inoltre che, sebbene la sua volatilità sia particolarmente elevata, l'indice borsistico DAX 30 è costituito da imprese che hanno una forte resistenza. È noto, ad esempio, che delle 30 imprese che compongono attualmente l'indice, 17 erano già presenti al momento della sua creazione nel 1988.

Ecco l'elenco delle imprese, accorpate per settore, che compongono l'indice DAX 30 a inizio 2021 con il loro peso rispettivo nell'indice stesso (vedi figura 2):

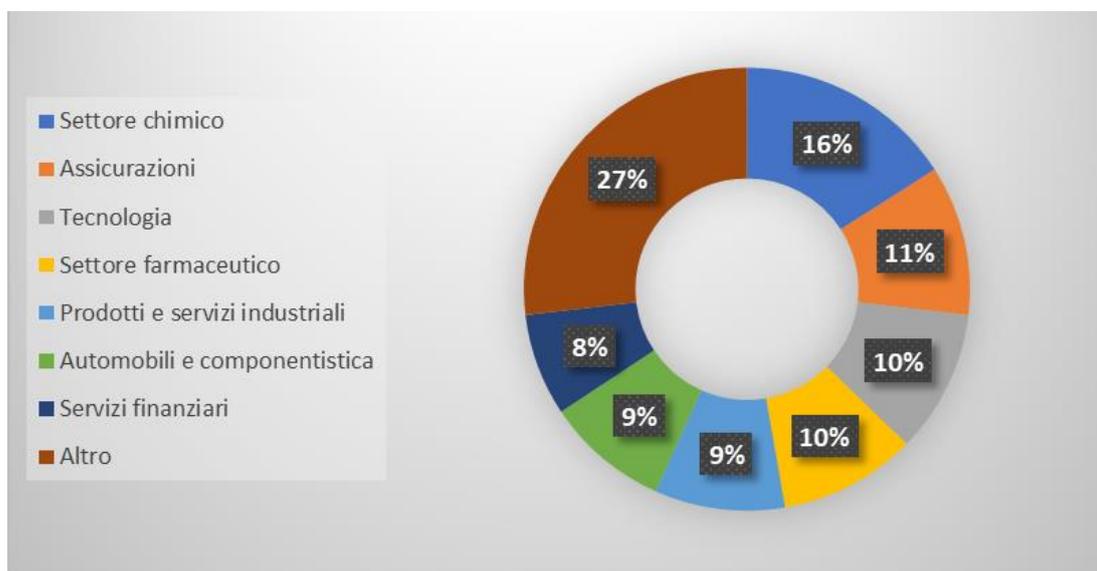


Figura 3: composizione percentuale del DAX 30.

- Settore chimico 16%
- Assicurazioni 11%
- Tecnologia 10,5%
- Settore farmaceutico 10%
- Prodotti e servizi industriali 9,5%
- Automobili e componentistica 9%

- Servizi finanziari 7,5%
- Altro 27%

## 2.2 Calcolo e capitalizzazione del DAX 30

Prima di tutto, si ricordino i criteri necessari affinché un'impresa possa far parte della composizione di tale indice. Per entrare nel DAX 30, un'impresa deve necessariamente essere quotata sul segmento Prime Standard della Borsa di Francoforte, almeno il 15% delle sue azioni deve essere quotato in Borsa o detenuto dallo Stato e l'impresa deve essere quotata in Borsa da almeno tre anni.

Per uscire dalla composizione dell'indice di Borsa DAX 30, una società deve invece scendere al di sotto del 45° posto della classifica in termini di capitalizzazione di Borsa. Naturalmente, anche un'impresa che diventasse insolvente uscirebbe dall'indice. Da notare, inoltre, che ogni trimestre il comitato della Borsa tedesca si riunisce con l'obiettivo di decidere le ammissioni e le esclusioni dall'indice DAX 30 in base alla loro capitalizzazione borsistica e al volume del loro libro degli ordini.

Per quanto riguarda il calcolo stesso dell'indice DAX 30, questo dipende dalla capitalizzazione borsistica delle aziende e utilizza una metodologia basata sul principio del flottante che tiene conto solo delle azioni effettivamente disponibili. Va inoltre osservato che nessuna delle imprese che compongono questo indice può superare una ponderazione del 10%.

Anche il DAX 30, analogamente al FTSE MIB, è un indice calcolato con il metodo value weighted:

$$I_t = R_T * \left( \frac{\sum_{i=0}^{30} p_{it} q_{iT} f_{iT} * k}{\sum_{i=0}^{30} p_{i0} q_{i0}} \right) * 1000$$

Dove:

- $t$  = data di calcolo dell'indice;
- $R_T$  = fattore di concatenamento, per evitare variazioni eccessive nel valore dell'indice a seguito di aggiustamenti;
- $p_{it}$  = prezzo dell'azione i-esima al tempo  $t$ ;
- $q_{iT}$  = numero di azioni i-esime alla data dell'ultima revisione ordinaria;
- $f_{iT}$  = flottante calcolato all'ultima revisione ordinaria;
- $k$  = fattore di aggiustamento;
- $p_{i0}$  = prezzo di apertura dell'azione i-esima alla data base;

- $q_{i0}$  = numeri di azioni i-esime alla data base.

### **3. Indice CAC 40**

Il CAC 40 è il più importante indice borsistico francese che, come indica il suo nome, è composto dalle 40 più importanti società francesi quotate sul mercato borsistico Euronext Paris. L'indice fa parte del principale mercato europeo, vale a dire l'Euronext, e rappresenta da solo oltre l'80% della piazza finanziaria francese.

Le società che compongono l'indice CAC 40 sono selezionate tra le prime 100 società francesi appartenenti a diversi settori di attività che riflettono il più obiettivamente possibile l'economia francese e la sua salute.

Naturalmente, come avviene con altri indici borsistici internazionali, l'elenco delle società che compongono il CAC 40 evolve nel tempo. Alcune imprese escono dalla composizione dell'indice a favore di altre società la cui capitalizzazione è più elevata.

Tuttavia, alcune imprese particolarmente solide fanno parte dell'indice borsistico CAC 40 fin dalla sua creazione e non ne sono mai uscite. Si tratta delle imprese Accor, Air Liquide, Carrefour, Danone, Lafarge-Holcim, l'Oréal, LVMH, Michelin, Saint-Gobain, Sanofi, Société Générale e Vivendi.

#### **3.1 Composizione del CAC 40**

Come è facile immaginare, per effettuare delle analisi accurate e pertinenti della quotazione dell'indice CAC 40 è indispensabile studiare le imprese che lo compongono. Ovviamente, quante più le imprese hanno una capitalizzazione elevata, tanto più forte è il loro peso nell'indice. Di seguito, l'elenco delle 40 imprese che fanno parte di questo indice azionario ad inizio 2021, classificate in ordine decrescente di capitalizzazione e accorpate per settore (vedi figura 3):

- Prodotti e servizi industriali 15%
- Settore chimico 12%
- Abbigliamento 12%
- Tecnologia 8,5%
- Petrolio e gas naturale 8%
- Settore aerospaziale 6%
- Banche 5,5%

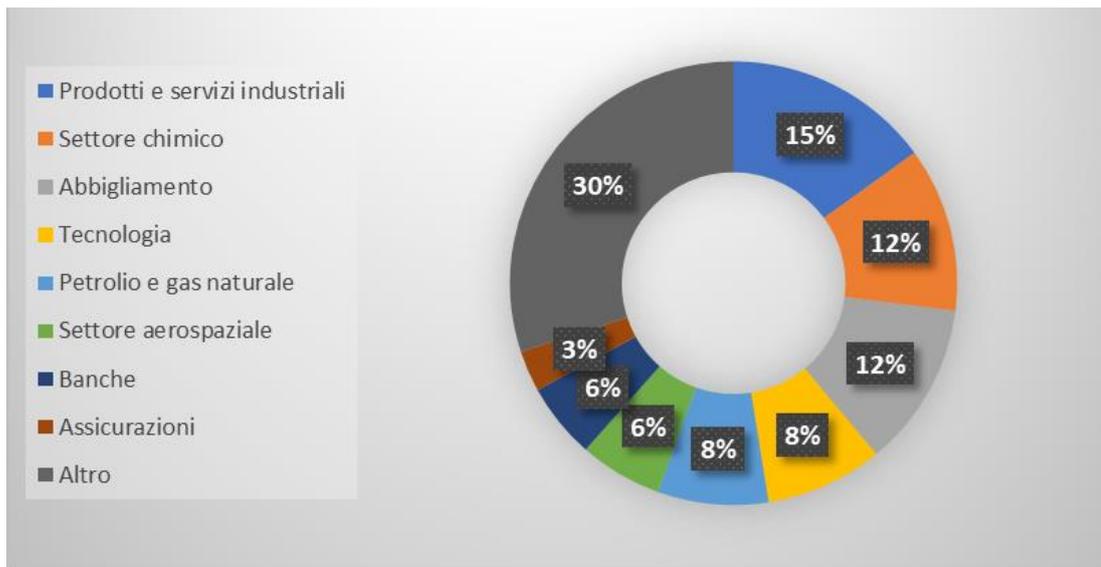


Figura 4: composizione percentuale del CAC 40.

- Assicurazioni 3%
- Altro 30%

### 3.2 Calcolo e capitalizzazione del CAC 40

Per comprendere il metodo di calcolo va innanzitutto segnalato che dal dicembre 2003 il CAC40 ha adottato il sistema della capitalizzazione di mercato flottante, tenendo conto del numero di titoli di una società quotata disponibili per l'acquisto sul mercato. Questa modifica del metodo di calcolo mirava, allora, ad avvicinarsi a quanto già avveniva per i principali indici borsistici internazionali.

In definitiva, il calcolo della quotazione dell'indice CAC 40 si basa sulla capitalizzazione delle società che lo compongono, ottenuta moltiplicando il numero di azioni di ciascuna impresa sul mercato per il prezzo di tali azioni.

Così come i precedenti, anche il CAC 40 è un indice calcolato secondo il meccanismo value weighted:

$$I_t = \frac{\sum_{i=1}^{40} p_{it} q_{it} IWF_{it}}{K_T * \sum_{i=1}^{40} p_{i0} q_{i0}} * 1000$$

Dove:

- $q_{it}$  = numero di azioni dell'i-esimo titolo presenti nell'indice al tempo t;
- $p_{it}$  = prezzo delle azioni dell'i-esimo titolo al tempo t;
- $K_T$  = fattore di aggiustamento per mantenere la continuità dei dati nel tempo;
- $IWF_{it}$  = flottante dell'azione i-esima;

- $p_{i0}$  = prezzo di apertura dell'azione i-esima alla data base;
- $q_{i0}$  = numeri di azioni i-esime alla data base.

#### **4. Indice FTSE 100**

Per quanto riguarda la sua definizione generale, il FTSE 100, noto anche come Footsie, è un indice azionario che integra, come indica il suo nome, le 100 più importanti società quotate alla Borsa di Londra, il London Stock Exchange (LSE), in termini di capitalizzazione di Borsa.

Per comprendere meglio il funzionamento dell'indice azionario FTSE 100, esso può essere paragonato a quello di alcuni indici azionari statunitensi come l'S&P 500 o il Dow Jones 30, nel senso che il prezzo dell'indice britannico è calcolato nello stesso modo: utilizzando la capitalizzazione di mercato totale delle 100 società che lo compongono. Più concretamente, ciò significa che la quotazione di questo indice al rialzo riflette il fatto che il valore totale delle società che lo compongono aumenta senza che ciò comporti un aumento della capitalizzazione di ciascuna società. Nel caso contrario, se si osserva un ribasso della quotazione dell'indice FTSE 100, significa che la capitalizzazione complessiva dell'insieme delle imprese che lo compongono è in calo e non che tutte queste imprese registrano una riduzione di capitalizzazione.

Le fluttuazioni della quotazione dell'FTSE 100 sono frequenti e talvolta molto volatili e, per rendersene conto, basta semplicemente consultare un grafico mensile del corso di questo indice borsistico. Tale volatilità invita, quindi, alla prudenza in qualsiasi tipo di analisi.

##### **4.1 Composizione del FTSE 100**

Poiché l'analisi della quotazione dell'indice FTSE 100 richiede di individuare i fattori che possono aumentare o diminuire la capitalizzazione delle imprese che lo compongono, è necessario avere un'eccellente conoscenza di tale composizione.

Un punto importante da sottolineare per quanto riguarda la composizione dell'indice azionario FTSE 100 è il fatto che non tutte le imprese che vi sono rappresentate sono necessariamente britanniche. Infatti, questa caratteristica non è un requisito, in quanto una società deve semplicemente essere quotata sulla Borsa di Londra per avere la possibilità di farne parte. Infatti, molte delle società attualmente quotate sulla Borsa di Londra sono in

realità società con sede all'estero, che realizzano quindi una quota considerevole del loro reddito all'estero.

La composizione è data dai seguenti principali settore (vedi figura 4):

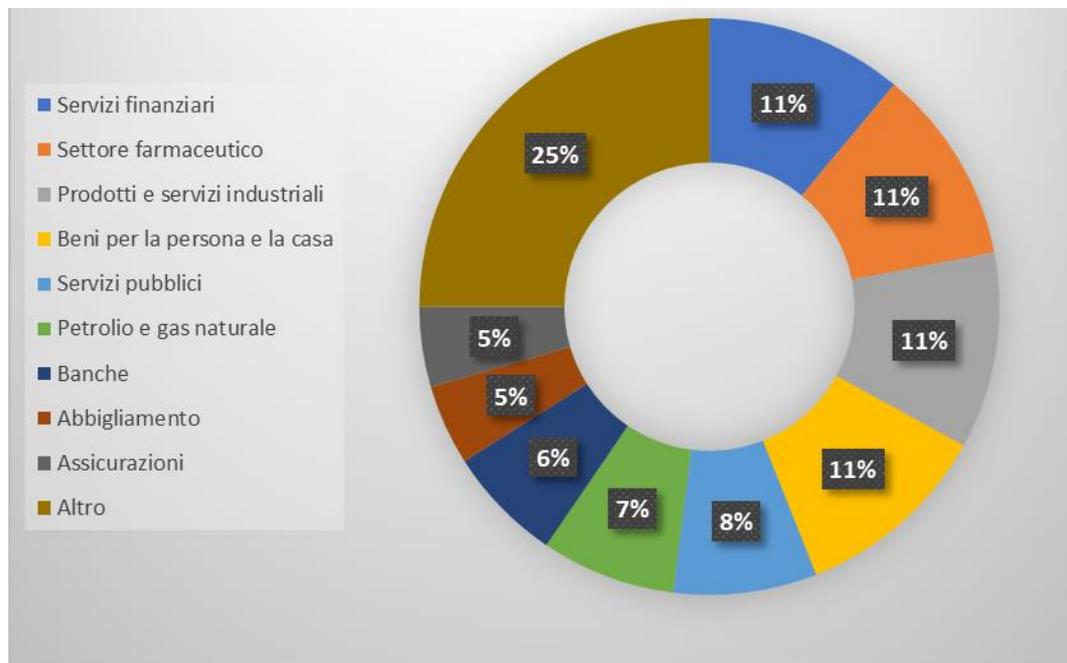


Figura 5: composizione percentuale del FTSE 100.

- Servizi finanziari 11%
- Settore farmaceutico 11%
- Prodotti e servizi industriali 11%
- Beni per la persona e la casa 11%
- Servizi pubblici 8%
- Petrolio e gas naturale 7,5%
- Banche 6,5%
- Abbigliamento 4,5%
- Assicurazioni 4,5%
- Altro 25%

## 4.2 Calcolo e capitalizzazione del FTSE 100

Ovviamente, come per tutti gli indici azionari e i mercati mondiali, i due principali fattori che influenzano il prezzo dell'FTSE 100 sono economici e politici.

Dato che questo indice tende a riflettere l'economia britannica e la sua salute, si può generalmente osservare un rialzo della sua quotazione nei periodi di crescita economica del

paese e un ribasso nei periodi di recessione. In realtà, però, le cose non sono così semplici e altri fattori esterni possono influire su questo valore. Occorre, quindi, realizzare un'analisi tenendo conto sia degli indicatori economici che di quelli politici nazionali e internazionali. Da notare, inoltre, che esiste una correlazione relativa tra gli indici azionari statunitensi e gli altri indici mondiali, tra cui il FTSE 100 subisce forte influenza. All'atto pratico, anche il FTSE 100 è un indice cap-weighted ed è calcolato analogamente al FTSE MIB.

## **5. Indice IBEX 35**

Il mercato IBEX35 è un mercato borsistico della piazza finanziaria di Madrid che raggruppa in un indice omonimo le 35 più grandi imprese spagnole.

Si sottolinei il fatto che, in questo caso, per “più grandi imprese” si intendono le imprese che sono oggetto del maggior volume di transazioni sul mercato di Madrid.

Per costruire tale indice si tiene conto delle performance individuali delle più importanti capitalizzazioni borsistiche del paese. Vi si trovano grandi nomi dell'industria spagnola come la società BBVA o il gruppo Santander per il settore bancario, Iberdrola per il settore dell'energia o Telefonica per le telecomunicazioni.

Si può quindi affermare senza errore che il mercato borsistico dell'IBEX35 è un forte indicatore della salute finanziaria delle imprese spagnole. Ovviamente la composizione di questo indice borsistico non è fissa, visto che è rivista ogni 6 mesi da uno specifico comitato di esperti.

### **5.1 Composizione dell'IBEX 35**

Si propone ora di scoprire nel dettaglio quali siano le imprese che entrano nella composizione dell'indice spagnolo IBEX 35. Di seguito, i principali settori (vedi figura 4):

- Petrolio ed energia 28%
- Prodotti e servizi industriali 27%
- Servizi finanziari 20%
- Tecnologia e telecomunicazioni 18%
- Servizi immobiliari 1,5%
- Altro 5,5%

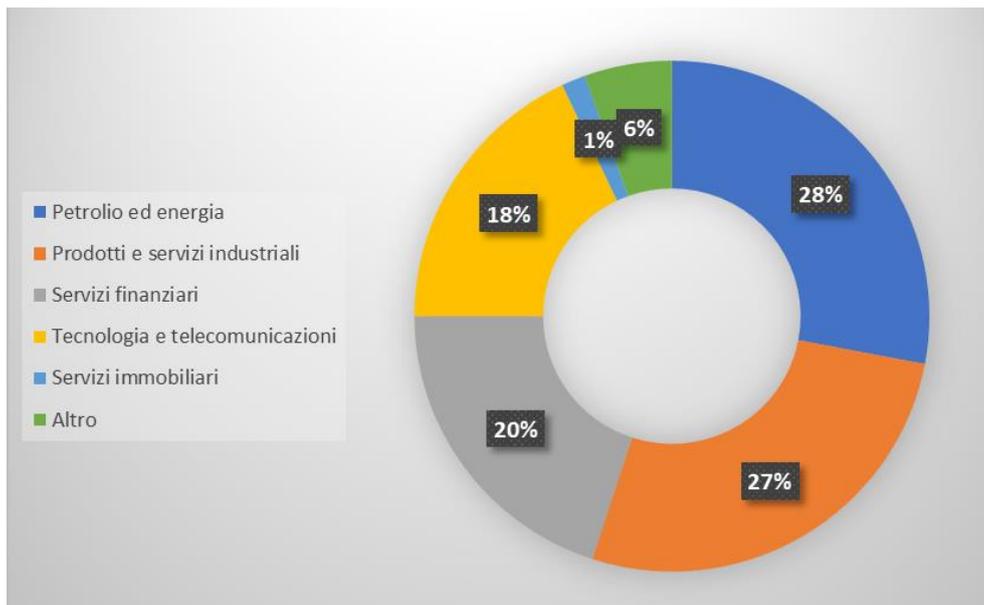


Figura 6: composizione percentuale dell'IBEX 35.

## 5.2 Calcolo e capitalizzazione dell'IBEX 35

Anche l'IBEX35 è un indice value weighted, calcolato con la formula:

$$I_t = I_{t-1} * \frac{\sum_{i=1}^{35} cap_i(t)}{\sum_{i=1}^{35} cap_{i-1} \pm J}$$

Dove:

- $cap_i(t)$  = capitalizzazione del titolo i-esimo il giorno t;
- $J$  = fattore di aggiustamento per mantenere la continuità dei dati nel tempo.

## 6. Indice Euro Stoxx 50

L'indice EURO STOXX 50, il principale indice blue-chip europeo per l'Eurozona, fornisce una rappresentazione delle imprese leader nella regione. L'indice copre 50 titoli di 8 paesi dell'Eurozona: Belgio, Finlandia, Francia, Germania, Irlanda, Italia, Paesi Bassi e Spagna. L'indice EURO STOXX 50 è concesso in licenza alle istituzioni finanziarie per fungere da sottostante per un'ampia gamma di prodotti di investimento come fondi negoziati in borsa (ETF), futures, opzioni e prodotti strutturati in tutto il mondo.

L'indice EuroStoxx 50 è uno degli ultimi arrivati nel panorama degli indici azionari. Questo paniere, infatti, ha fatto la sua comparsa nel febbraio 1998. Si tratta, per semplificare, di una sorta di superindice di una fantomatica borsa dell'Europa Unita.

## 6.1 Composizione dell'Euro Stoxx 50

La composizione dell'indice Euro Stoxx 50 è oggi la seguente (vedi figura 6):

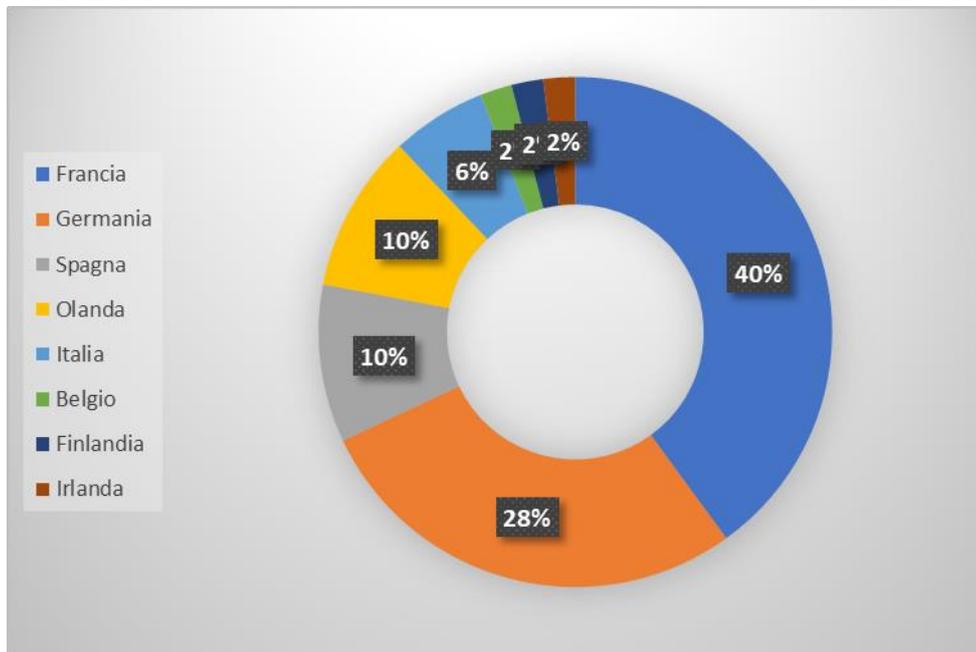


Figura 7: composizione percentuale per nazioni dell'Euro Stoxx 50.

- Francia: 20 società tra cui Carrefour, Danone, Orange, Vinci, Sanofi, Total
- Germania: 14 società quotate a Francoforte tra cui Adidas, Allianz, Bayer, BMW, Daimler, Deutsche Bank, Siemens, SAP, Schneider Electric, Volkswagen
- Spagna: 5 società quotate a Madrid tra cui, Inditex, Santander e Telefonica
- Olanda: 5 società tra cui ING Group, Unilever, Philips
- Italia: 3 società quotate su Borsa Italiana quali Eni, Enel e Intesa Sanpaolo
- Con una società: Belgio (Anheuser-Busch Inbev), Finlandia (Nokia) e Irlanda (CRH).

Poiché la composizione dell'Euro Stoxx 50 varia, anche queste percentuali tendono a cambiare. I pesi delle varie nazioni, comunque, dovrebbero restare più o meno stabili.

## 7. Indice S&P 500

Lo S&P 500, anche chiamato SPX, è un indice borsistico americano. Più precisamente, e come suggerito dal suo nome, dà conto delle 500 più grandi società quotate in Borsa negli Stati Uniti. Il suo nome deriva, inoltre, da quello della Standard & Poor's, una delle tre più grandi agenzie di rating americane.

L'indice S&P 500 è stato creato nel 1950 ed è oggi l'indice più rappresentativo del mercato borsistico americano, migliore anche del Dow Jones 30. Esso è composto da un gran numero di società (cinquecento appunto) e tiene conto della capitalizzazione borsistica di ciascuna di queste aziende.

## 7.1 Composizione dello S&P 500

Tra tutti i titoli quotati sulla borsa di New York, i più importanti sono senza dubbio i titoli Google e Apple che sono delle componenti essenziali dell'indice S&P 500. Queste aziende sono fortemente ponderate, ma non perturbano l'indice S&P 500 come potrebbero invece fare con il Dow Jones e questo perché l'S&P 500 ha una composizione molto più vasta.

A questo punto sono elencati i settori commerciali e produttivi percentualmente più rilevanti nel calcolo di quest'indice (vedi figura 7):

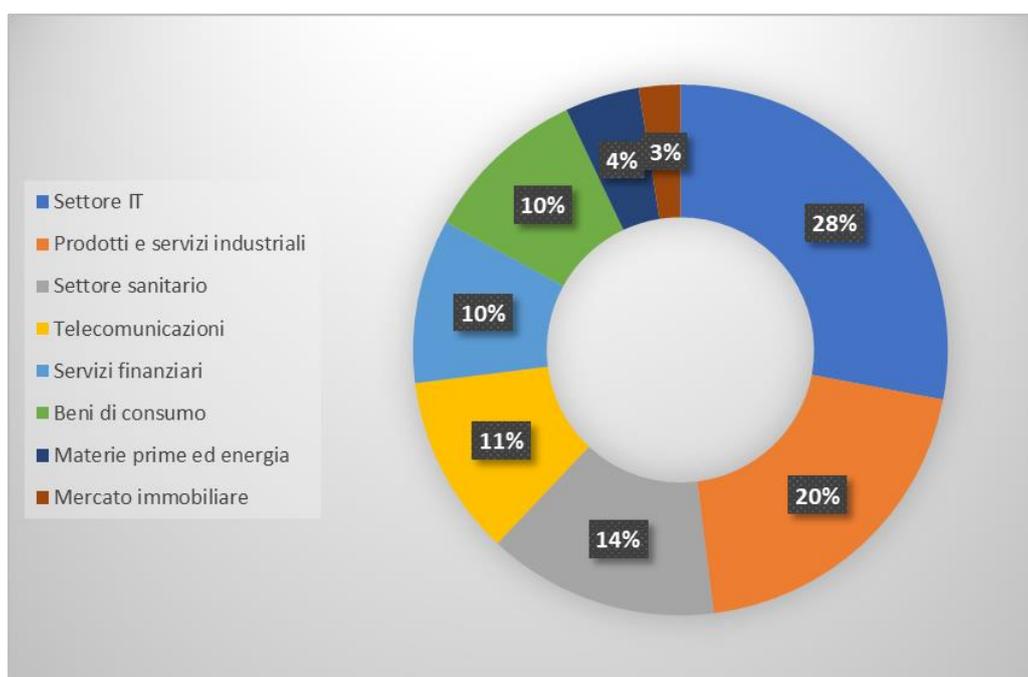


Figura 8: composizione percentuale dello S&P 500.

- Settore IT 28%
- Prodotti e servizi industriali 20%
- Settore sanitario 14%
- Telecomunicazioni 11%
- Servizi finanziari 10%
- Beni di consumo 10%
- Materie prime ed energia 4,5%

- Mercato immobiliare 2,5%

## **7.2 Calcolo e capitalizzazione dello S&P 500**

Per entrare in questo indice è necessario che la capitalizzazione borsistica di un'azienda faccia parte delle 500 più importanti degli Stati Uniti, ma anche altri criteri sono valutati nel quadro dell'ammissione di aziende nello S&P 500.

Infatti, l'azienda deve avere una capitalizzazione minima di quattro miliardi di dollari, nonché una quantità sufficiente di azioni detenute da membri del pubblico. Per quanto riguarda la liquidità, il volume minimo di transazioni è di duecentocinquantamila al mese perché un'azienda possa essere valutata.

Un'azienda che entra nell'indice S&P 500 deve essere classificata in maniera chiara in un settore di attività commerciale o produttivo ed essere iscritta e quotata alla Borsa di New York o al NASDAQ da un tempo sufficiente.

Infine, ultima condizione per entrare nella composizione dello S&P 500 è la validità finanziaria dell'azienda. Non a caso, ogni volta che un'azienda fa il suo ingresso in questo indice si constata una crescita della quotazione dei suoi titoli borsistici. Ciò è dovuto al fatto che i responsabili dei fondi indicizzati procedono in genere all'acquisto dei titoli di tale azienda per replicare lo S&P 500. Di conseguenza, è interessante servirsi di questa specificità per prendere posizione all'acquisto su dei titoli che fanno il loro ingresso nella composizione di questo indice.

Il metodo utilizzato per la ponderazione di questo indice non è lo stesso che è impiegato per l'indice Dow Jones. Con lo S&P 500 il peso delle aziende è ponderato a partire dalla loro capitalizzazione borsistica generale.

Grazie a questa specificità l'indice borsistico S&P 500 rende meglio conto della dimensione e del valore globale di un'azienda, visto che non si limita a prendere in considerazione unicamente il prezzo del singolo titolo. Va anche notato che la tecnica di ponderazione per capitalizzazione di questo indice è una tecnica flottante, nel senso che non tiene conto dell'insieme delle azioni disponibili al commercio tra investitori istituzionali e privati. Non tiene quindi assolutamente conto delle azioni detenute dalle aziende stesse o dai governi.

Quanto al calcolo dell'indice S&P 500, è utilizzato un divisore che è determinato da Standard & Poor's. Si tratta di aggiungere l'insieme delle capitalizzazioni borsistiche di tutte e cinquecento le società che lo compongono e di dividerne il risultato per tale divisore.

Lo S&P 500 è un indice di tipo value weighted ed è calcolato analogamente al FTSE MIB.

## 8. Indice SSE Composite

Il SSEC è il principale indice azionario della borsa di Shanghai, uno dei mercati finanziari più rilevanti non solo per l'Asia ma anche a livello mondiale.

Proprio per l'influenza che questo indice riesce ad esercitare, oltre alla qualità delle società contenute al suo interno, investitori da tutto il mondo guardano con grande interesse al suo andamento.

La Borsa più popolare per le azioni cinesi è la Borsa di Shanghai, che ha una capitalizzazione di mercato di oltre 4 trilioni di dollari, tale da renderla una delle prime cinque grandi Borse del pianeta.

La Borsa di Shanghai ha aperto i battenti per la prima volta nel 1866. Anche se non è ancora completamente aperta agli investitori stranieri, la Borsa della megalopoli cinese rimane un indicatore estremamente importante della salute economica del paese con più di mille società quotate.

### 8.1 Composizione dell'SSEC

La suddivisione settoriale delle imprese quotate nel SSE Composite aggiornata al 31 agosto 2020 è la seguente (vedi figura 8):

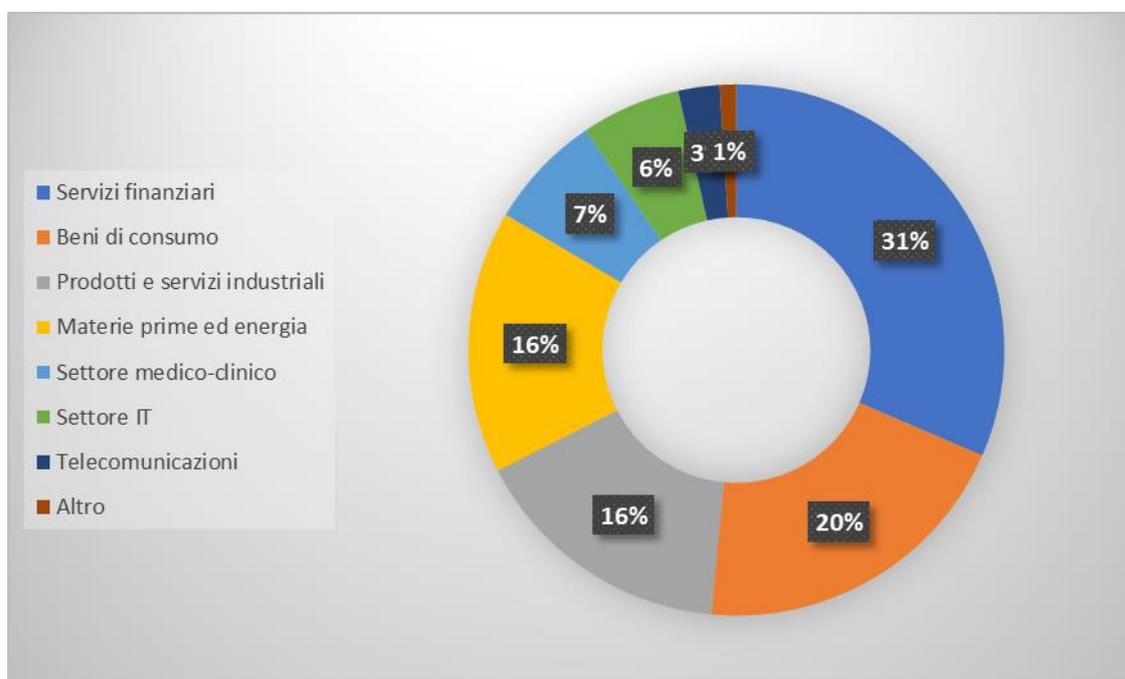


Figura 9: composizione percentuale dell'SSEC.

- Servizi finanziari 31,5%

- Beni di consumo 20%
- Prodotti e servizi industriali 16%
- Materie prime ed energia 16%
- Settore medico-clinico 7%
- Settore IT 6%
- Telecomunicazioni 2,5%
- Altro 1%

## 8.2 Calcolo e capitalizzazione dell'SSE Composite

La Borsa di Shanghai (SSEC) è inoltre, e soprattutto, un'organizzazione senza scopo di lucro gestita dalla China Securities Regulatory Commission (CRSC) ed è possibile investire sul mercato cinese tramite essa. Per quanto riguarda gli attivi che sono scambiati sulla Borsa di Shanghai, sono ovviamente disponibili delle azioni, ma anche dei fondi e delle obbligazioni. Per entrare in questo mercato borsistico, la società emittente deve essere in attività e deve realizzare degli utili da almeno tre anni.

La Borsa di Shanghai riunisce due tipi di società quotate con due classi di azioni che vi vengono quotate: le azioni ordinarie e le azioni privilegiate. Le azioni ordinarie sono dei titoli quotati in yuan e, per essere sottoposte a un investimento straniero, devono seguire un programma specifico chiamato QFIL, mentre le azioni privilegiate sono quotate in dollari statunitensi e sono, quindi, aperte agli investimenti stranieri.

Molti investitori continuano a confondere la Borsa di Shanghai con la Borsa di Hong-Kong, ma va notato che le due piazze finanziarie presentano delle differenze importanti. La Borsa di Hong-Kong, che è presentata a seguire, è attualmente la Borsa di titoli più importante del paese e in essa sono negoziate delle azioni H emesse da società cinesi direttamente quotate su questa Borsa in dollari di Hong-Kong. Un tempo questi valori erano riservati ai soli investitori stranieri, ma sono ormai accessibili anche ai residenti.

Ritornando alla Borsa di Shanghai, la maggior parte della sua capitalizzazione borsistica è composta di società che un tempo erano sotto il controllo dello Stato quali le più grandi banche commerciali o le grandi compagnie di assicurazioni.

Anche il SSE Composite è un indice di tipo cap-weighted ed è calcolato come segue:

$$I_t = B * \frac{\text{Total market cap}_t}{D}$$

Dove:

- D = Divisore
- Total market cap<sub>t</sub> = capitalizzazione totale di mercato al tempo t
- B = Base Value

## 9. Indice HSI

L'Hang Seng Index (abbreviato come HSI) è un indice azionario della borsa di Hong Kong. È utilizzato per registrare e monitorare i cambiamenti giornalieri delle maggiori società del mercato azionario di Hong Kong ed è il principale indicatore della performance complessiva del mercato a Hong Kong. Le 50 società costituenti l'indice, rappresentano circa il 58% della capitalizzazione della borsa di Hong Kong, che è una delle tre piazze d'affari più importanti di tutta l'economia cinese.

### 9.1 Composizione dell'HSI

La distribuzione settoriale dei titoli appartenenti al paniere dell'HSI al mese di gennaio 2021 è il seguente (vedi figura 9):

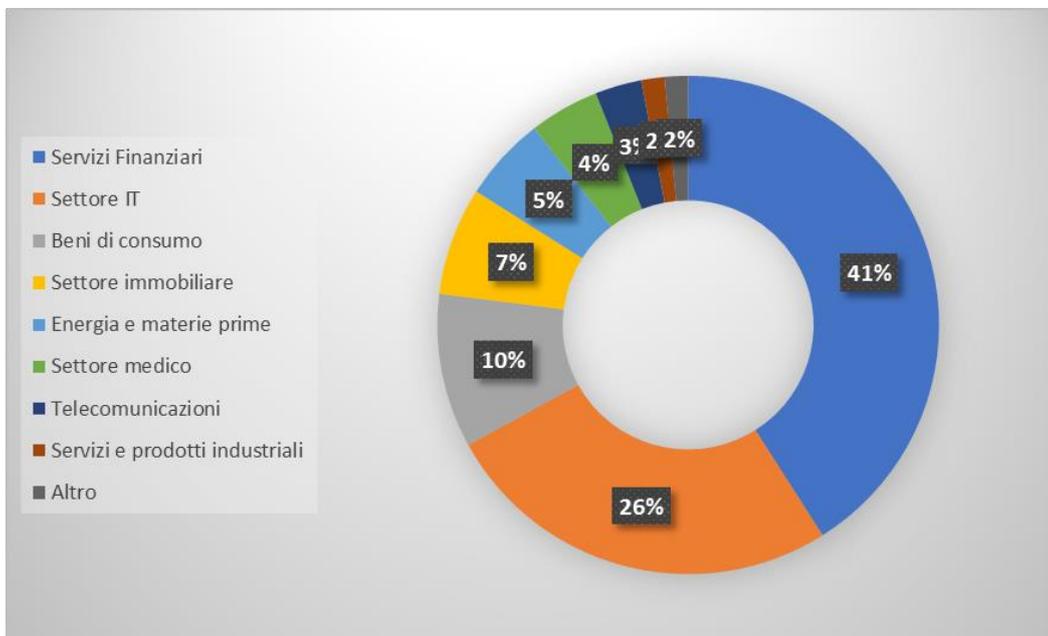


Figura 10: composizione percentuale dell'HSI.

- Servizi Finanziari 41%
- Settore IT 26%
- Beni di consumo 10%

- Settore immobiliare 7%
- Energia e materie prime 5,5%
- Settore medico 4,5%
- Telecomunicazioni 3%
- Servizi e prodotti industriali 1,5%
- Altro 1,5%

## 9.2 Calcolo e capitalizzazione dell'HSI

Ad oggi la Borsa di Hong Kong ha una capitalizzazione di ventitremila miliardi di dollari. Questa cifra corrisponde ad oltre 2.990 miliardi di dollari statunitensi, ed è quindi la settima più grande piazza finanziaria al mondo.

Il funzionamento della Borsa di Hong Kong è molto differente rispetto alle altre piazze finanziarie cinesi, ovvero le Borse di Shanghai e Shenzhen, per quanto riguarda gli azionisti autorizzati. Per detenere più del 5% della Borsa di Hong Kong è assolutamente indispensabile ottenere un'autorizzazione del governo locale. Va anche ricordato che fino all'11 settembre 2017 il Governo era il principale azionista di questa piazza finanziaria detenendo il 5,88% della sua capitalizzazione, seguito da JPMorgan Chase con il 5,54%, Citibank con il 4,13%, Horizontal Asset con il 2,30% e da altri investitori importanti.

In seguito alla crisi dei subprimes che si è verificata ad ottobre 2007, l'indice Hang Seng ha perso molti punti ed è crollato di oltre il 60% in un anno per via della contrazione del volume d'affari del mercato che ha fatto scendere il prezzo di questa società.

È anch'esso un indice cap-weighted, ponderato in base alla capitalizzazione delle sue 50 componenti. Il giorno  $t$ , l'indice Hang Seng viene calcolato come segue:

$$I_t = \frac{\sum(P_t * IS * FAF * CF)}{\sum(P_{t-1} * IS * FAF * CF)} * I_{t-1}$$

Dove:

- $P_t$  = Prezzo di un'azione ogni componente dell'indice al tempo  $t$ ;
- $P_{t-1}$  = Prezzo di un'azione di ogni componente dell'indice al tempo  $t-1$ ;
- IS = numero di azioni;
- CF = capping factor, compreso tra 0 e 1;
- FAF = freefloat adjusted factor, compreso tra 0 e 1.

## **10. Indice BVSP**

Il Bovespa (acronimo di BOlsa de Valores do Estado de São PAulo), meglio conosciuto come Ibovespa, è l'indice azionario della Borsa di San Paolo. È l'indice di riferimento di circa 60 titoli scambiati nella borsa brasiliana. L'indice è composto da un portafoglio teorico con gli stock che rappresentano l'80% del volume scambiato negli ultimi 12 mesi e che sono stati scambiati almeno sull'80% dei giorni di negoziazione.

L'indice è rivisto trimestralmente, al fine di mantenere la sua rappresentatività del volume scambiato e in media le componenti di Ibovespa rappresentano il 70% di tutto il valore delle azioni scambiate.

Inoltre, i titoli per essere inclusi nell'indice devono avere una quota di negoziazione dello stock di azioni superiore allo 0,1% del flusso azionario totale nella borsa e oltre l'80% delle azioni del titolo deve essere negoziato in borsa.

### **10.1 Composizione del BVSP**

Prendendo come riferimento i primi cinque titoli più liquidi nella borsa brasiliana, si nota una composizione molto omogenea:

- Bradesco (settore finanziario): 8,43%
- Petrobras (energia): due titoli quotati, uno con un peso del 7%, uno con il 5%
- Beni di consumo 4,85%
- Banco do Brasil (settore finanziario): 4%
- B3 (settore finanziario) 3,95%

Come si può vedere, i primi cinque titoli (6 se si considera che Petrobras ha due titoli quotati) pesano per circa 1/3 dell'indice.

Complessivamente, l'indice è molto esposto sul settore finanziario (vedi figura 10) e su quello energetico/materie prime. I due comparti, insieme, fanno il 60% della capitalizzazione dell'indice.

## **11. Indice BSE SENSEX**

Il BSE Sensex (Bombay Stock Exchange Sensitive Index) è l'indice composto dai 30 titoli maggiormente negoziati alla Borsa di Bombay, il listino più antico del continente asiatico. Fondato nel 1875 con il nome di "The Native Share & Stock Broker's Association",

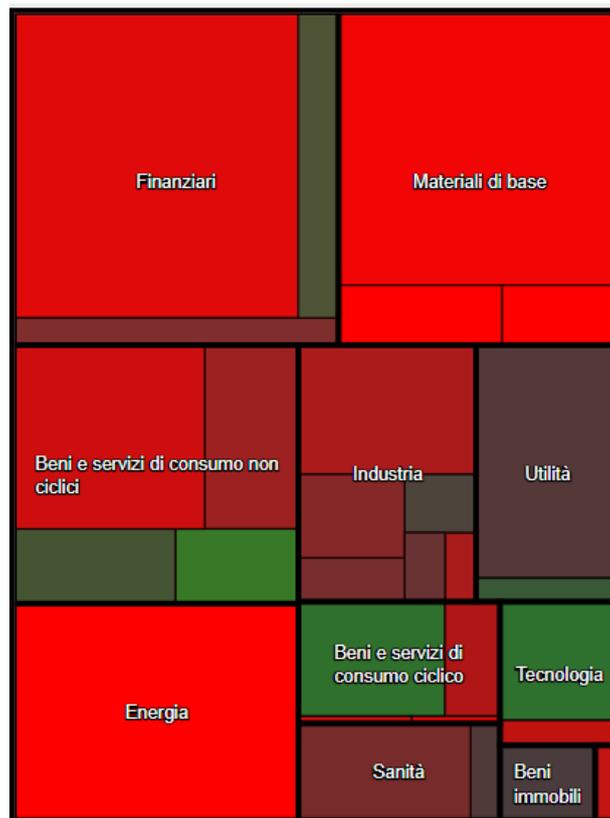


Figura 11: composizione del BVSP.

il Bombay Stock Exchange è stato, infatti, il primo listino indiano a ricevere il riconoscimento (nel 1956) dal Governo. All'interno del BSE, il Sensex, è l'indice con le 30 azioni più rappresentative dei 12 maggiori settori e si pone di fatto come il principale indicatore per misurare l'andamento dell'economia indiana.

### 11.1 Composizione del BSE SENSEX

All'interno dell'indice vengono scambiate le azioni rappresentative dei 12 settori principali (vedi figura 11) dell'economia indiana tra cui: settore finanziario, settore metallurgico, beni di consumo, settore IT, settore energetico. L'autorità della Borsa di Bombay rivede periodicamente la composizione dell'indice in modo da garantire una stretta correlazione con le condizioni di mercato.

### 11.2 Calcolo e capitalizzazione del BSE SENSEX

Il Sensex fu varato nell'aprile del 1979 con "base value" pari a 100 e venne calcolato inizialmente con il metodo "full market capitalization" poi abbandonato per la metodologia del "free-float market capitalization".

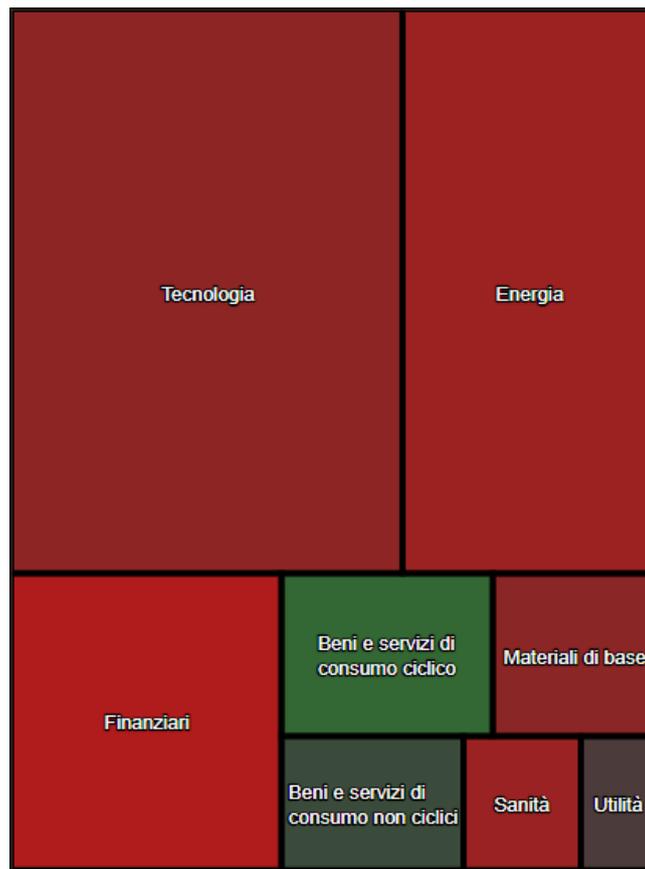


Figura 12: composizione del BSE SENSEX.

Il Sensex è calcolato attraverso la metodologia del “free-float market capitalization” dove il valore dell’indice in ogni momento riflette il valore di mercato del flottante di tutte e 30 le compagnie rappresentate. Il metodo del free-float market capitalization è, per l’appunto, un metodo di costruzione di un indice che prende in considerazione esclusivamente la capitalizzazione di mercato del flottante di una compagnia con l’obiettivo di calcolare l’indice ed assegnare pesi alle azioni dello stesso. La capitalizzazione di mercato del flottante è definita anche come la parte delle azioni emesse da una società che sono disponibili per la negoziazione sul mercato azionario. Il BSE calcola un fattore di flottante (free-float factor) per ogni compagnia sulla base del prospetto di emissione inviato al Bombay Stock Exchange da ogni società. A tal fine il BSE fissa dei range ad ognuno dei quali corrisponde un determinato fattore. Per esempio, un free-float factor pari a 0,55 significa che solo una quota tra il 50 ed il 55% della capitalizzazione di mercato della compagnia rappresenta il flottante ed è perciò tenuto in considerazione nel calcolo dell’indice.

## 12. Indice MOEX

Il Moscow Exchange (MOEX) è il più grande gruppo di scambio di titoli della Russia.

Questo mercato di scambio fu istituito il 19 dicembre 2011 con la fusione del gruppo MICEX (creato nel 1992) e del gruppo RTS (1995), si colloca tra i primi 20 mercati mondiali per volume di scambi e capitalizzazione totale delle azioni scambiate e tra i primi 10 mercati derivati. L'economia di mercato e la finanza sono delle relative novità da queste parti, dato che si è avuta una prima borsa degna di essere chiamata tale, soltanto nel 1995.

Complici sicuramente un regime dove la partecipazione pubblica era pressoché totale, un rifiuto ideologico per la libera economia di mercato e un paese che deve ancora il grosso della sua ricchezza all'attività estrattiva di gas e di idrocarburi.

MOEX è e rimarrà comunque sempre l'indice più importante di tutta la borsa russa e l'indice di riferimento per tutta l'economia di quella zona geografica.

Per questo, è necessario prenderlo in considerazione anche se non in grado di offrire aziende di grande capitalizzazione o con posizioni di assoluto dominio sui mercati di riferimento.

## **12.1 Composizione del MOEX**

Attualmente l'indice è composto da 38 diversi titoli e, tra gli altri, contribuiscono a formare il MOEX imprese come:

- Gazprom: colosso dell'energia e dell'estrazione di gas naturale, nonché della sua distribuzione e del suo commercio. È sicuramente l'azienda russa più conosciuta al mondo;
- Sberbank: il primo gruppo bancario della Russia e il punto di riferimento per il capitalismo di quel paese;
- Lukoil: azienda attiva nel settore degli idrocarburi e tra quelle che hanno un maggior peso specifico all'interno di questo indice;
- Norilsk: attiva principalmente nel settore minerario e in quello dell'estrazione di nickel.

Sono state citate quattro aziende che sono sicuramente interessanti e tra le più note, nonostante non occupino in modo preponderante il mercato internazionale.

## **12.2 Calcolo e capitalizzazione del MOEX**

L'indice russo è un indicatore complesso basato sulla capitalizzazione di mercato totale dei principali emittenti russi, espressa in unità relative (punti). La capitalizzazione è il prodotto del numero delle azioni per il loro valore attuale. Questo indicatore è considerato la

caratteristica più oggettiva della condizione economica dell'impresa, nonché della sua attrattività e delle prospettive di investimento.

Il calcolo tiene conto dei dati di 50 aziende leader. Allo stesso tempo, il portafoglio non è proporzionale, cioè le attività di varie imprese sono presentate in esso non nella stessa quantità, ma in determinate proporzioni.

Ad esempio, i due giganti del petrolio e del gas Lukoil e insieme rappresentano il 30% del numero totale di titoli che sono presi in considerazione nel calcolo. I tre leader sono chiusi da Sberbank, che nell'ultimo decennio ha mantenuto saldamente le sue posizioni di primo piano nel settore finanziario.

Dopo aver determinato l'attuale capitalizzazione totale, iniziano a calcolare il valore attuale dell'indice. Per questo, viene utilizzata una formula di calcolo:

$$I_n = I_1 * \frac{MC_n}{MC_1} * Z$$

Dove:

- $I_n$  = valore corrente;
- $MC_n$  = capitalizzazione attuale del pacchetto di azioni incluso nell'indice;
- $MC_1$  = capitalizzazione del blocco di azioni al momento del primo calcolo
- $I_1$  = il valore dell'indice in punti al momento del primo calcolo, il valore base è considerato pari a 100 punti;
- $Z$  = è un fattore di correzione speciale.

## **Andamento degli indicatori macroeconomici dei vari paesi**

A questo punto risulta necessario descrivere gli andamenti delle borse prese in considerazione, in parallelo ad una descrizione dei principali indicatori macroeconomici di ciascun paese considerato. Questo permette al lettore di cogliere la volatilità o la stabilità degli andamenti di borsa o eventuali picchi negativi o crescite positive dei vari indici, avuti nel periodo di tempo considerato precedente alla crisi pandemica.

### **1. Andamento dell'economia italiana**

L'economia italiana è una delle maggiori al mondo per dimensione. Nel 2012 era, infatti, ottava per prodotto interno lordo nominale e decima a parità di potere d'acquisto. L'Italia è inoltre un Paese fortemente orientato al commercio estero, essendo decima al mondo per valore delle esportazioni e dodicesima per valore delle importazioni.

L'industria italiana è dominata da piccole e medie imprese (PMI), per lo più di tipo manifatturiero, mentre le grandi imprese sono poche. Si tratta del cosiddetto dualismo industriale. Di recente, le PMI sono state messe sotto pressione dalla crescente concorrenza proveniente da alcuni Paesi emergenti, soprattutto quelli dell'Asia orientale (Cina, Vietnam, Thailandia), che proprio sul settore manifatturiero hanno puntato per il loro sviluppo, grazie al basso costo del lavoro. Le imprese italiane hanno reagito in parte esternalizzando la produzione o delocalizzandola in Paesi in via di sviluppo, in parte puntando su produzione di qualità.

Il sistema economico italiano è caratterizzato inoltre da alcune peculiarità: l'elevato debito pubblico in proporzione al prodotto interno lordo, l'elevata pressione fiscale, la presenza di una vasta economia sommersa legata in parte alla corruzione politica e alla criminalità organizzata.

Di seguito in tabella 1, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

Come si può notare dalla tabella, l'andamento della disoccupazione in rapporto alla forza lavoro totale disponibile è andata decrescendo gradualmente. Gli effetti della pandemia da Covid-19 non sono visibili sull'occupazione nel 2020, soprattutto grazie agli interventi del governo a proposito di cassa integrazione e blocco dei licenziamenti.

Anche la spesa pubblica è diminuita gradualmente con operazioni tese almeno a non incrementare il debito pubblico, attenuando la pressione fiscale sui contribuenti. Nel 2020 e

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	11,9	11,7	11,2	10,6	10	9,3
% SPESA PUBBLICA/PIL	79,9	79,2	79,1	79,1	78,7	78,8
% AFFLUSSI NETTI/PIL	0,7	1,4	0,6	2,1	1,6	0
% DEFLUSSI NETTI/PIL	0,9	0,7	0,6	1,9	1,6	0,3
% CRESCITA PIL	0,8	1,3	1,7	0,9	0,3	-8,9
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	0,9	1,5	1,8	1,1	1,5	-8,6
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	16,9	17,2	17,5	17,8	18	17,8
% INFLAZIONE SU PREZZI	0	-0,1	1,2	1,1	0,6	-0,1
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	0	0	0	0	0	0

Tabella 1: dati macroeconomici - Italia.

nell'anno corrente sono stati approvati più scostamenti di bilancio, che porteranno ad un aumento del debito pubblico e della pressione fiscale.

Per quanto riguarda importazioni ed esportazioni, si nota un andamento più o meno stabile intorno al punto percentuale rispetto al PIL, ma nel 2020 le importazioni crollano allo 0,3%. Sarebbe interessante poter leggere il dato degli afflussi netti, ma risulta semplice prevedere un crollo di questo indicatore dovuto allo sviluppo dell'epidemia in Italia, come uno dei primi paesi fortemente colpito dal Covid.

È molto importante rilevare l'andamento della crescita percentuale del PIL, anche pro capite, che permette di evidenziare il vertiginoso crollo avuto nell'anno della pandemia ed una sostanziale stabilità negli anni precedenti.

Diversamente, si può notare come gli investimenti siano rimasti pressoché costanti.

Infine, si sottolinei come l'inflazione mostri nel 2020 un segno negativo, in linea con il dato del 2016, dopo un periodo di dati con segno positivo. In questo caso, la deflazione registrata lo scorso anno durante il primo periodo di pandemia sarà sicuramente controbilanciata dall'inflazione che si registrerà nell'anno corrente; si può notare facilmente l'aumento dei prezzi attuale.

Nella figura 12 si mostra l'andamento del titolo FTSE MIB. In particolare, si può notare che nel 2015, si è registrato un rialzo dell'indice, dovuto alle mosse espansive da parte della BCE, con il lancio del Quantitative Easing ossia il massiccio acquisto di titoli di stato sovrani, alla temporanea risoluzione della crisi greca e ai primi segnali di ripresa economica nell'eurozona, come il rialzo dell'Indice Pmi. A causa delle tensioni europee sul caso Grecia l'indice subisce dei contraccolpi, arrivando comunque a sfondare per 3 chiusure consecutive il muro del 2% di rialzo nei giorni dell'accordo che scongiura l'uscita della Grecia dalla zona euro.



Figura 13: indice di borsa FTSE MIB.

Durante il primo semestre del 2016 si è segnato un percorso negativo per l'indice, che ha perso complessivamente il 24,37%. Le cause del trend devono essere ricercate nel rallentamento della crescita cinese e dell'economia globale, nel nuovo crollo dei prezzi del greggio, nelle tensioni che hanno colpito alcune banche italiane, tra cui MPS. Dopo il 2016 non seguono rilevanti andamenti dell'indice di borsa.

L'anno 2019 si chiude con l'indice FTSE MIB, al 30 dicembre, a quota 23.506,37 con un guadagno annuo del 28,28% prima dell'avvento della pandemia da Covid-19.

## 2. Andamento dell'economia tedesca

L'economia della Germania è una delle più sviluppate del mondo. Terza per volume di scambi in dollari e prodotto interno lordo, la quinta per potere d'acquisto e la prima d'Europa. Dal 1999 la Germania adotta come propria moneta l'euro e ha delegato le decisioni di politica monetaria alla Banca centrale europea.

Come nella maggior parte dei Paesi industrializzati, anche in Germania il settore economico prevalente è quello dei servizi (terziario), comprendente turismo, commercio, banche, assicurazioni, media, che contribuisce a circa il 72% del PIL.

L'industria produce il 27,2% del prodotto interno lordo, ed è dominata dai settori automobilistico, siderurgico, chimico, elettronico e dei macchinari. Il Paese è anche un buon produttore di carbone e gas naturale. All'interno delle 500 imprese con maggior fatturato a livello globale, 28 hanno sede in Germania.

Infine, il settore agricolo ha invece un'influenza molto più limitata, tranne che in comparti come la zootecnia e la produzione di patate e cereali, e costituisce solo lo 0,9% del PIL.

Di seguito in tabella 2, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	4.6	4.4	4.4	4.3	4.3	
% SPESA PUBBLICA/PIL	72.7	72.7	72.2	72.3	72.8	73.8
% AFFLUSSI NETTI/PIL	1.9	1.9	3.0	4.0	1.8	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	3.9	3.2	4.0	4.7	4.0	2.9
% CRESCITA PIL	1.5	2.2	2.6	1.3	0.6	-4.9
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	0.6	1.4	2.2	1.0	0.3	-5.1
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	20.0	20.3	20.4	21.1	21.7	22.1
% INFLAZIONE SU PREZZI	0.5	0.5	1.5	1.7	1.4	0.5
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	51.1	49.5	61.6	44.3	54.3	60.0

*Tabella 2: dati macroeconomici - Germania.*

Il dato sulla disoccupazione è senza dubbio uno dei più bassi di tutta Europa e si è mantenuto praticamente invariato negli anni precedenti alla crisi pandemica.

Le scelte del governo tedesco hanno portato ad aumentare nel 2020 la spesa pubblica e gli investimenti. Questo si deve al debito pubblico contenuto della Germania, che permette di effettuare spese ed investimenti attutendo l'effetto di crisi finanziarie ed economiche come quella in corso.

I deflussi netti, derivati dalle importazioni sono diminuiti, come prevedibile, ed anche in assenza di un dato certo è possibile fare la stessa previsione anche per gli afflussi netti derivati dalle esportazioni.

Ancora, è possibile sottolineare l'aumento di capitalizzazione progressivo delle società domestiche quotate, in linea con il trend dal 2018.

Infine, l'attenzione cade nuovamente sulla crescita percentuale del PIL e del PIL pro capite che hanno subito una forte battuta d'arresto.

Nella figura 13 si mostra l'andamento del DAX 30 dal 2015 al terzo trimestre del 2021. Nel periodo antecedente alla pandemia si rileva come andamento anomalo una caduta dell'indice nell'anno 2016 a causa delle motivazioni valide anche per la principale borsa italiana.

### **3. Andamento dell'economia francese**

L'economia della Francia si trova al settimo posto nella classifica per PIL nominale, dietro Stati Uniti d'America, Cina, Giappone, Germania, India e Regno Unito.



Figura 14: indice di borsa DAX 30.

La Francia è il quinto paese al mondo per l'esportazione nell'industria manifatturiera, il quarto per i servizi ed il secondo per i prodotti agricoli e agroalimentari (primo produttore ed esportatore agricolo europeo). Essa è inoltre la prima destinazione turistica mondiale e possiede la seconda zona marittima per la pesca al mondo.

L'economia francese è caratterizzata principalmente dalla produzione di servizi: il settore terziario occupa un terzo della popolazione attiva come forza lavoro, il settore primario (agricoltura, pesca, allevamento) ormai non ne rappresenta che il 3% circa, mentre il settore secondario (industria) si assesta intorno al 20%.

Di seguito in tabella 3, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	4.3	4.2	4.2	4.2	4.3	
% SPESA PUBBLICA/PIL	77.9	78.0	77.6	77.2	76.8	78.2
% AFFLUSSI NETTI/PIL	1.8	1.3	1.4	2.6	1.9	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	2.1	3.0	1.9	5.0	2.1	1.6
% CRESCITA PIL	1.1	1.1	2.3	1.8	1.5	-8.1
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	0.8	0.8	2.0	1.5	1.3	-8.3
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	21.5	21.8	22.5	22.9	23.6	22.9
% INFLAZIONE SU PREZZI	0.0	0.2	1.0	1.9	1.1	0.5
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	85.6	87.4	106.2	84.9		

Tabella 3: dati macroeconomici - Francia.

I dati sulla spesa pubblica e sugli investimenti mostrano un andamento stabile rispetto agli anni precedenti rispetto al 2020. Tra le cose più rilevanti sono da notare l'arresto della

crescita del PIL, anche pro capite, e un decremento dei deflussi netti che suggerisce un decremento anche degli afflussi netti; in generale, un'attenuazione delle attività di import – export a causa della pandemia.

Nella figura 14 anche per Parigi si mostra l'andamento dell'indice di borsa dal 2015 al 2021. Anche in questo caso, così come per la borsa di Francoforte e la borsa di Milano, l'unico trend rilevante è quello avuto nel 2016 a causa dei fatti riguardanti l'Unione Europea.

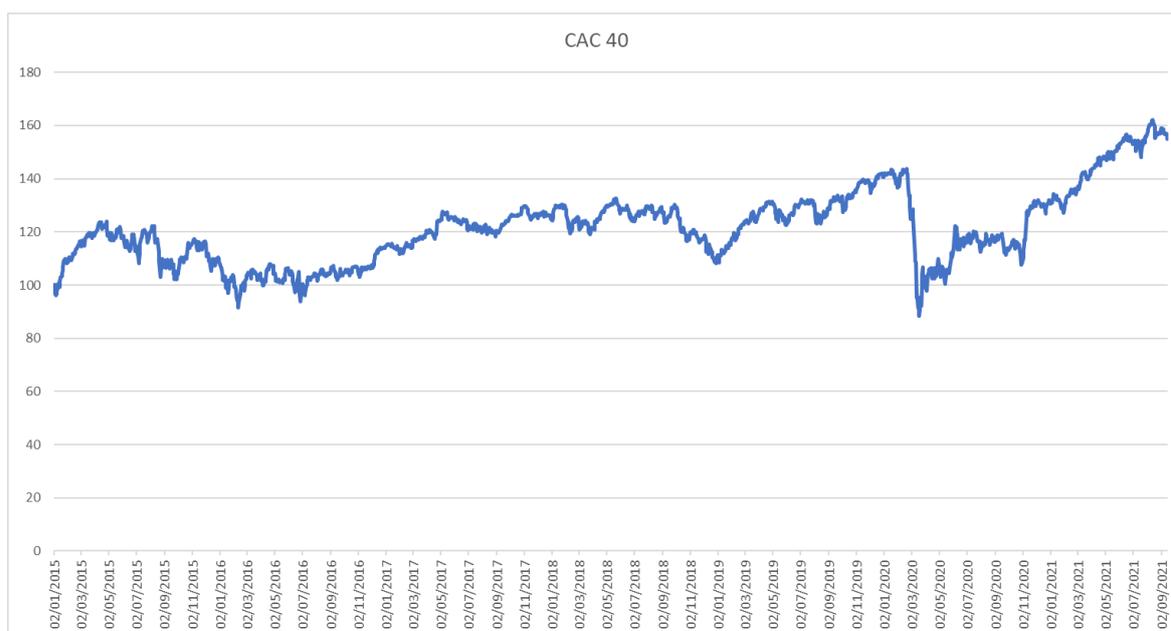


Figura 15: indice di borsa CAC 40.

#### 4. Andamento dell'economia britannica

L'economia del Regno Unito è costituita, in ordine decrescente di grandezza, dall'Inghilterra, dalla Scozia, dal Galles e dall'Irlanda del Nord. L'aggregato, sulla base dei tassi di cambio, fa sì che quella del Regno Unito sia la quinta più grande economia del mondo e la seconda più grande in Europa dopo Germania.

Come detto, l'economia dell'Inghilterra è la più grande economia dei quattro paesi del Regno Unito. L'Inghilterra è un paese altamente industrializzato. È un importante produttore di prodotti tessili e chimici. Sebbene automobili, locomotive e aerei siano tra gli altri principali prodotti industriali inglesi, una parte significativa del reddito del paese proviene dalla City di Londra. Dagli anni '90, il settore dei servizi finanziari ha svolto un ruolo sempre più significativo nell'economia inglese e la City di Londra è uno dei più grandi centri finanziari del mondo. Il settore dei servizi nell'area nel suo insieme è oggi il più grande in Inghilterra, con industrie manifatturiere e primarie in declino.

Di seguito in tabella 4, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	2.4	2.4	2.4	2.1	2.2	
% SPESA PUBBLICA/PIL	83.8	84.0	83.2	83.3	83.1	83.6
% AFFLUSSI NETTI/PIL	1.5	12.1	4.7	2.8	0.1	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	-2.1	1.2	6.5	2.0	-1.7	-1.3
% CRESCITA PIL	2.4	1.7	1.7	1.3	1.4	-9.8
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	1.6	1.0	1.1	0.6	0.8	-10.3
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	17.2	17.7	18.0	17.8	18.0	17.6
% INFLAZIONE SU PREZZI	0.4	1.0	2.6	2.3	1.7	1.0

Tabella 4: dati macroeconomici - UK.

La storia macroeconomica del Regno Unito è stata sicuramente segnata dalla Brexit. Infatti, dopo essersi concluso il referendum popolare sull'uscita dall'Eurozona e dopo aver visto prevalere il "leave", il Regno Unito ha dovuto sostenere le varie trattative per uscire formalmente dall'Unione Europea. Il referendum si è tenuto nel marzo del 2017 e si può notare un andamento decrescente di indicatori come le importazioni e le esportazioni e un decremento della crescita percentuale pro capite del PIL. Tuttavia, la situazione pandemica si può registrare nel netto andamento negativo della crescita del PIL soprattutto nel 2020.

La spesa pubblica, la disoccupazione e l'inflazione sui prezzi possono essere, invece, considerati quasi costanti o con variazioni contenute.

Nella figura 15 si mostra l'andamento del titolo di Londra. In questo caso risulta interessante notare, a parte il calo nel 2016 dovuto ai legami tra il Regno Unito e l'Unione Europea, che neanche la Brexit è stata accolta dai mercati con trend eccessivamente negativi dopo l'annuncio dei negoziati. Questo dimostra la stabilità degli indici di borsa dell'Unione Europea, anche di fronte ad eventi che ne hanno cambiato l'assetto istituzionale,

## 5. Andamento dell'economia spagnola

L'Economia della Spagna rientra tra le economie avanzate dell'Europa occidentale. I suoi punti di forza sono l'agricoltura, l'allevamento, la pesca, la ricchezza di materie prime e il turismo. Invece i suoi punti di debolezza sono la mancanza di petrolio e le comunicazioni insufficienti.

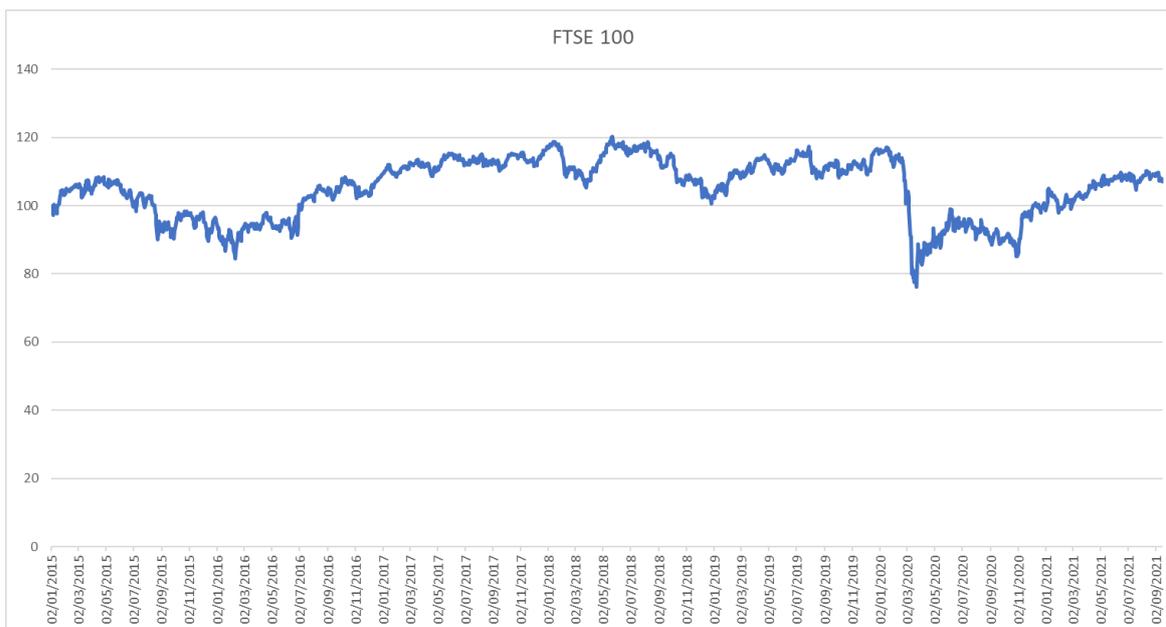


Figura 16: indice di borsa FTSE 100.

Durante il terzo trimestre del 2008 il PIL nazionale si è contratto per la prima volta in 15 anni e, nel febbraio 2009, è stato confermato che la Spagna, insieme ad altre economie europee, era ufficialmente entrata in recessione.

La grande recessione mondiale ha avuto infatti effetti disastrosi sull'economia spagnola: il rapporto debito pubblico/Pil è passato dal 34% del 2007 al 67% del 2009, i debiti di famiglie e imprese sono schizzati al 177% del Pil, i disoccupati sono arrivati a quota 4 milioni (la disoccupazione è passata dall'8,3% del 2007 al 19,1% del 2009).

Il 25 aprile 2013 l'Istituto nazionale di statistica ha reso noto che nel primo trimestre 2013 il tasso di disoccupazione ha raggiunto un nuovo massimo storico al 27,2% e che per la prima volta nella storia democratica del Paese ci sono più di sei milioni di disoccupati - 6,2 milioni secondo i dati ufficiali.

A marzo 2016 il debito pubblico superò il valore del Pil, attestandosi al 100,5%, per poi salire ulteriormente al 100,9%.

Per buona parte dell'ultimo decennio, la Spagna era l'estremo esempio di sanguinamento economico, le sue impressionanti cifre di disoccupazione, che al punto più alto raggiunsero il 26% della popolazione economicamente attiva, rappresentano un chiaro segno della crisi. Di seguito in tabella 5, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

Come visto poco sopra, la storia economica spagnola è segnata da una forte crisi negli ultimi quindici anni che hanno portato progressivamente a diminuire la spesa pubblica per poter contenere il debito pubblico, come in tutti i paesi denominati "PIIGS".

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	5.0	5.0	5.1	5.0	4.8	
% SPESA PUBBLICA/PIL	78.0	77.3	77.0	76.8	76.2	78.1
% AFFLUSSI NETTI/PIL	1.9	3.6	2.4	3.9	1.1	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	4.7	4.6	3.5	2.7	1.9	3.2
% CRESCITA PIL	3.8	3.0	3.0	2.4	2.0	-10.8
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	3.9	2.9	2.7	2.0	1.2	-11.2
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	18.0	18.0	18.7	19.5	19.9	19.8
% INFLAZIONE SU PREZZI	-0.5	-0.2	2.0	1.7	0.7	-0.3
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	65.9	57.2	67.9	50.9	57.2	59.3

Tabella 5: dati macroeconomici - Spagna.

Si rileva un dato in controtendenza per i deflussi netti, che sono aumentati nel 2020 rispetto agli anni precedenti, almeno fino al 2018. In questo caso si legge un dato negativo dell'inflazione e la solita contrazione della crescita del PIL molto pronunciata per la Spagna. Infine, si può notare un andamento circa costante degli investimenti e della capitalizzazione delle società domestiche quotate in borsa valori.

Nella figura 16, rispetto all'andamento dell'IBEX 35, si evidenzia la maggiore fragilità del sistema borsistico spagnolo che nel 2016 ha evidenziato, in quanto Paese facente parte dell'Unione Europea, un calo dell'indice borsistico, però più brusco rispetto agli altri Paesi fin qui citati. Negli anni successivi al 2016 l'andamento è circa costante con una leggera flessione a cavallo tra 2018 e 2019.



Figura 17: indice di borsa IBEX 35.

## 6. Andamento dell'economia dell'Eurozona

L'Unione europea possiede l'economia più grande al mondo. L'Unione europea ha istituito un mercato unico sul territorio di tutti i suoi membri che rappresentano 447 milioni di cittadini. Nel 2020 l'UE ha un PIL combinato di 20 trilioni di dollari internazionali, una quota del 14% del prodotto interno lordo globale per parità di potere d'acquisto (PPP).

Tra le diverse nazioni, in particolare risultano essere trainanti quattro regioni dell'Europa, che per tal motivo vengono definite i quattro motori economici: Baden-Württemberg, Catalogna, Rodano-Alpi e Lombardia.

Tra tutti, 19 Stati membri hanno aderito a un'unione monetaria nota come zona euro, che utilizza l'euro come moneta unica. L'Euro è la seconda valuta di riserva più grande, nonché la seconda valuta più scambiata al mondo dopo il dollaro statunitense.

Delle prime 500 più grandi società al mondo misurate in base alle entrate nel 2010, 161 hanno sede nell'UE.

Vi è una variazione significativa del PIL nominale pro capite all'interno dei singoli stati dell'UE. La differenza tra le regioni più ricche e più povere variava, nel 2017, dal 31% (Bulgaria) al 253% (Lussemburgo).

Di seguito in tabella 6, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	4.5	4.4	4.4	4.3	4.3	
% AFFLUSSI NETTI/PIL	5.7	5.3	3.7	-0.4	2.0	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	6.8	5.8	4.4	0.7	2.1	1.1
% CRESCITA PIL	2.3	2.0	2.8	2.1	1.6	-6.2
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	2.1	1.8	2.6	1.9	1.5	-6.3
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	20.1	20.2	20.5	21.0	21.6	21.3
% INFLAZIONE SU PREZZI	-0.1	0.2	1.4	1.7	1.6	0.5

Tabella 6: dati macroeconomici - UE.

Rispetto alle importazioni ed alle esportazioni si registra un andamento decrescente con un margine più o meno costante e un dato più negativo nel 2018, riportato da tutti gli esperti del settore nelle analisi di fine anno e giustificato dagli stessi.

Gli investimenti si sono mantenuti costanti intorno ai ventuno punti percentuali, così la disoccupazione intorno al 4%.

L'inflazione e la crescita del PIL, anche pro capite, hanno visto una notevole diminuzione percentuale a causa della pandemia nell'anno 2020.

Nella figura 17 si mostra in aggregato l'andamento dell'indice dell'Eurozona. Senza sorprese si mostra una flessione dell'indice nell'anno 2016, per motivi legati alla Brexit.

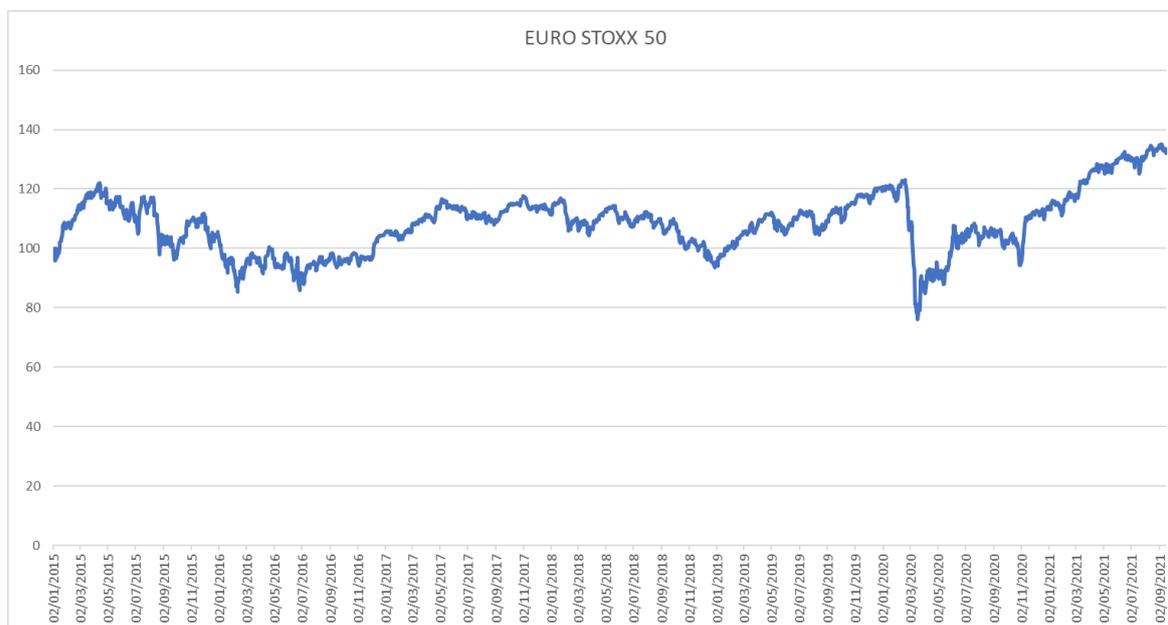


Figura 18: indice di borsa EURO STOXX 50.

## 7. Andamento dell'economia statunitense

L'economia degli Stati Uniti d'America è la più grande economia del mondo per valore aggiunto, con un prodotto interno lordo di 20,54 migliaia di miliardi di dollari nel 2020.

I settori di punta sono il terziario (banche, assicurazioni, trasporti, commercio, editoria, intrattenimento) e l'industria (petrolio, armi, prodotti di largo consumo, aerospazio, automobili, elettronica, informatica, telematica). Rilevante è anche il peso del settore primario, soprattutto nella produzione di soia e cereali (mais, frumento) e nella zootecnia, nonostante il ridottissimo numero di addetti.

Già molto grande e sviluppata sul finire dell'Ottocento, l'economia USA ha cominciato a decollare davvero solo dopo la seconda guerra mondiale. Cresciuta a grandi passi negli anni cinquanta e sessanta, a partire dal 1965 cominciarono a manifestarsi i problemi strutturali del sistema economico internazionale istituito a Bretton Woods. Negli USA gli squilibri macroeconomici e l'inflazione furono dovuti dall'aumento del costo delle materie prime a causa della svalutazione del dollaro e in questo decennio iniziarono anche problemi di deficit commerciale a causa della costosa guerra del Vietnam. Il ruolo del dollaro negli scambi commerciali internazionali determinò l'aumento dell'inflazione e il deflusso di capitali in valuta pregiata verso l'estero. Furono molte le misure adottate dalle

amministrazioni statunitensi, tra le quali vi fu l'introduzione della Interest Equalization Tax (IET), volta a scoraggiare il movimento di capitali verso l'estero attraverso un aumento dei costi di transazione tramite la tassazione.

Di recente gli sforzi economici del Paese si sono concentrati su debito pubblico debiti aziendali, ridotta solvibilità delle obbligazioni, debiti del servizio sanitario, difficoltà finanziarie dei servizi sociali, debito estero, deficit commerciale ed aumento dell'immigrazione clandestina.

Di seguito in tabella 7, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	
% SPESA PUBBLICA/PIL	81.7	82.3	82.3	81.9	81.8	
% AFFLUSSI NETTI/PIL	2.8	2.5	1.9	1.3	1.6	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	1.7	1.6	2.1	-0.7	0.9	0.7
% CRESCITA PIL	3.1	1.7	2.3	3.0	2.2	-3.5
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	2.3	1.0	1.7	2.5	1.7	-3.8
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	20.4	20.3	20.5	20.8	20.8	
% INFLAZIONE SU PREZZI	0.1	1.3	2.1	2.4	1.8	1.2
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	137.4	145.9	164.4	147.7	158.1	194.5

Tabella 7: dati macroeconomici - USA.

Mancano alcuni dati importanti per l'anno 2020, tuttavia si può registrare lo stesso una sostanziale contrazione della crescita del PIL, anche pro capite, però meno marcata rispetto agli altri Paesi citati finora.

Si nota un aumento notevole della capitalizzazione delle società domestiche quotate in borsa valori e, inoltre, un tasso di inflazione sui prezzi che subisce un decremento percentuale più contenuto rispetto a tutti gli altri paesi citati fino ad adesso.

Negli anni precedenti al 2018, la situazione degli altri indicatori è da ritenersi pressoché stabile, ad eccezione dei deflussi netti nel 2018 che subiscono un calo notevole.

Nella figura 18 è riportato l'andamento degli ultimi 6 anni del principale indice borsistico statunitense. L'indice S&P 500 mostra un trend di netta crescita, quasi lineare, a partire dal 2015 fino alla fine del 2019, senza particolari battute d'arresto.

## 8. Andamento dell'economia cinese

L'economia della Repubblica Popolare Cinese è oggi un'economia socialista di mercato, come risultato di anni di trasformazioni a partire dal 1992.

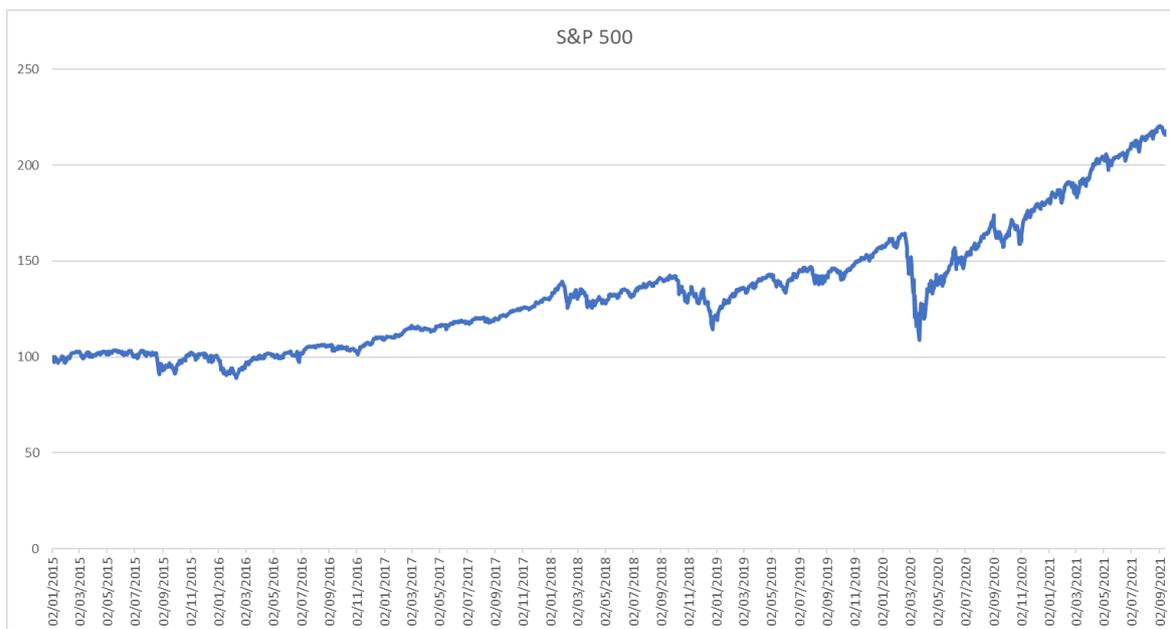


Figura 19: indice di borsa S&P 500.

Oggi persistono ancora alcune forme tipicamente socialiste, come il piano quinquennale e la proprietà della terra che rimane dello stato, ma sussistono in alcuni settori forme economiche simili a quelle dei paesi capitalisti. Fino al 2013 il PIL del paese è cresciuto con una media del 10% per circa 30 anni, trasformando la Cina da una arretrata economia agricola ad una potenza economica mondiale. Bloomberg Economics stima per il 2021 una crescita del PIL della Cina che va dal 8,2% al 9,3%.

In quanto a PIL pro capite nominale, la Cina si classifica 59<sup>a</sup> al mondo nel 2020 secondo il Fondo Monetario Internazionale. La Cina è l'esportatore più grande al mondo, con gli Stati Uniti, mentre è il secondo importatore più grande dopo quest'ultimo paese.

L'economia cinese sta tuttora vivendo un momento di transizione e di grande cambiamento. Lo sradicamento completo della povertà, la diminuzione della disegualianza sociale, la soluzione dei problemi ambientali sono grandi sfide, definite dal presidente della Repubblica Popolare Cinese Xi Jinping parte del sogno cinese, nuovo slogan entrato a far parte del gergo socialista cinese.

Di seguito in tabella 8, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

Come si vede dall'andamento degli indici negli ultimi sei anni, la disoccupazione cinese è sostanzialmente stabile e molto contenuta rispetto anche alla disoccupazione registrata negli Stati Uniti.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	
% SPESA PUBBLICA/PIL	54.0	55.0	54.9	55.1	56.0	
% AFFLUSSI NETTI/PIL	2.2	1.6	1.3	1.7	1.3	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	1.6	1.9	1.1	1.0	1.0	0.7
% CRESCITA PIL	7.0	6.8	6.9	6.7	5.9	2.3
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	6.5	6.3	6.4	6.3	5.6	2.0
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	42.1	41.6	41.9	42.8	42.8	
% INFLAZIONE SU PREZZI	1.4	2.0	1.6	2.1	2.9	2.4
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	74.0	65.2	70.8	45.5	59.6	83.0

Tabella 8: dati macroeconomici – Cina.

La spesa pubblica e gli investimenti sono stabili negli anni, al pari dell'inflazione, che nel 2020 non ha subito grossi scossoni, e degli afflussi e deflussi netti dovuti alle attività di import – export.

Va sottolineato che la Cina è uno dei pochi paesi a non aver registrato un andamento con segno negativo della crescita percentuale del PIL.

Infine, si noti l'aumento notevole della capitalizzazione delle società domestiche nel 2020.

Nelle figure 19 e 20 sono mostrati gli andamenti delle due principali borse del mercato cinese, quali l'indice borsistico di Shanghai (SSEComposite) e l'indice borsistico di Hong Kong (HSI).

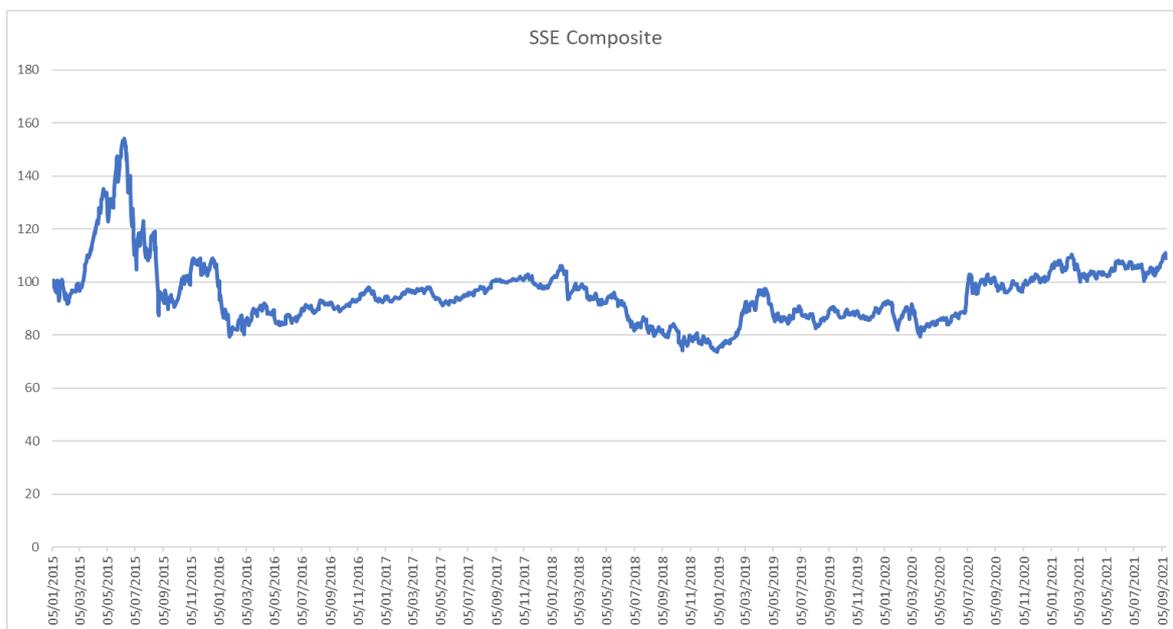


Figura 20: indice di borsa SSE Composite.

La turbolenza del mercato azionario cinese è iniziata con lo scoppio della bolla del mercato azionario il 12 giugno 2015 e si è conclusa all'inizio di febbraio 2016. Un terzo del valore



Figura 21: indice di borsa HSI.

delle azioni A alla borsa di Shanghai è stato perso entro un mese dall'evento. Grandi scosse di assestamento si sono verificate intorno al 27 luglio e al "Black Monday" del 24 agosto. Alla fine di dicembre 2015 il mercato azionario cinese si è ripreso dagli shock ed ha sovraperformato S&P per il 2015, sebbene ancora ben al di sotto dei massimi del 12 giugno. Alla fine del 2015 l'indice Shanghai Composite è cresciuto del 12,6%. Nel gennaio 2016 il mercato azionario cinese ha registrato un forte sell-off e le negoziazioni sono state interrotte il 4 e 7 gennaio 2016 dopo che il mercato è sceso del 7%, quest'ultimo entro 30 minuti dall'apertura. Il crollo del mercato ha innescato una rotta globale all'inizio del 2016. Come si può vedere, negli ultimi due anni la Cina, pur essendo stato il Paese che ha visto per primo il diffondersi di questa emergenza sanitaria, non ha subito grandi contraccolpi sui propri indici di borsa, performando meglio delle principali borse mondiali. Infatti, in Cina dopo la prima diffusione del nuovo ceppo virale, l'epidemia si è sempre considerata sotto controllo, non si sa se in modo veritiero o mendace.

## 9. Andamento dell'economia brasiliana

L'economia del Brasile occupa il 7° posto tra le economie mondiali maggiori. Inoltre, il Brasile è annoverato tra i cosiddetti BRICS (Brasile, Russia, India, Cina, Sudafrica). Il Brasile, anche membro del G20 (paesi industrializzati), possiede l'economia più grande dell'America Latina e la terza più grande nelle Americhe, dopo gli Stati Uniti, superando il Messico e Canada per volume di commercio totale.

L'economia brasiliana nel 2018 è stata collocata alla 150<sup>a</sup> posizione per quanto concerne la libertà economica, conseguenza dell'accentuato protezionismo degli ultimi decenni, tuttavia, con il cambio di gestione ai vertici a partire dal 2019, il governo sta adottando politiche liberali favorendo l'apertura di mercato e stringendo importanti accordi commerciali internazionali. Lo Stato brasiliano ha partecipazioni in più di 650 società, coinvolte in un terzo del PIL nazionale.

Dopo anni di importanti avanzamenti economici, una serie di scandali di corruzione innescò una grande crisi politico/economica tra il 2014 al 2017, portando a un forte calo del PIL con conseguenti retrocessioni in molte aree che si protraggono fino a oggi (disoccupazione, calo del potere d'acquisto, aumento della disuguaglianza, eccetera).

Secondo i dati della Banca mondiale, dal 2014 al 2017, la povertà del Paese è cresciuta di tre punti percentuali, raggiungendo il 21% della popolazione, ovvero 43,5 milioni di persone. La popolazione povera vive, soprattutto, nelle favelas delle grandi città.

Come effetto delle politiche economiche allineate all'economia di mercato e di impegno nel controllo fiscale messe in atto dall'attuale governo, in aggiunta al graduale miglioramento delle prospettive per l'economia, il Paese sta recuperando fiducia degli investitori e riconoscimento internazionale.

Il settore secondario si basa sulle industrie e il Brasile è leader industriale in America Latina. La rappresentatività del settore terziario (commercio e servizi) è stata del 75,8% del PIL del paese nel 2018, secondo l'IBGE. Il settore dei servizi era responsabile del 60% del PIL e il commercio del 13%.

Di seguito in tabella 9, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	4.4	4.4	4.7	4.8	4.8	
% SPESA PUBBLICA/PIL	83.7	84.6	84.7	84.5	84.8	83.2
% AFFLUSSI NETTI/PIL	3.6	4.1	3.3	4.1	3.7	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	0.2	0.8	1.0	0.1	1.2	-1.1
% CRESCITA PIL	-3.5	-3.3	1.3	1.8	1.4	-4.1
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	-4.4	-4.1	0.5	1.0	0.7	-4.7
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	17.8	15.5	14.6	15.1	15.3	16.4
% INFLAZIONE SU PREZZI	9.0	8.7	3.4	3.7	3.7	3.2
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	27.2	42.2	46.3	47.8	63.2	68.4

Tabella 9: dati macroeconomici - Brasile.

La disoccupazione risulta essere il leggera crescita a partire dal 2017, mentre l'inflazione percentuale, la capitalizzazione delle società domestiche (rispetto al 2019) e gli investimenti sembrano essere costanti anche durante l'anno della crisi pandemica rispetto agli anni precedenti.

La spesa pubblica subisce una leggera flessione nel 2020, mentre si ha una sostanziale diminuzione dei tassi di crescita del PIL e delle importazioni. Si può prevedere lo stesso comportamento per gli afflussi netti nel medesimo anno.

Nella figura 21 si mostra l'andamento dell'economia brasiliana che, similmente agli Stati uniti, ha subito una forte espansione dal 2015 in poi. La borsa brasiliana è una delle borse cresciute maggiormente a livello globale proprio in questi anni.



Figura 22: indice di borsa BOVESPA.

## 10. Andamento dell'economia indiana

Dopo l'indipendenza l'India ha adottato un sistema a economia mista, in cui accanto ai grandi gruppi privati come Tata (metalmecanico) e Birla (cemento), alle piccole imprese artigianali e del commercio al dettaglio, vi erano molte imprese di proprietà pubblica e vi era un rigoroso controllo da parte del governo sulla partecipazione del settore privato, commercio estero e gli investimenti diretti all'estero. Tuttavia, dal 1991, l'India ha progressivamente aperto i propri mercati attraverso le riforme economiche del governo e ha ridotto i controlli sul commercio estero e sugli investimenti.

Con un tasso di crescita del PIL del 9,4% nel 2006-07, l'economia è tra quelle a più rapida crescita nel mondo. Il PIL indiano nel 2018 in termini nominali è di 2 716 miliardi di \$, il decimo a livello mondiale.

L'India possiede la seconda più grande forza lavoro del mondo, con 516,3 milioni di persone, il 60% dei quali sono impiegati nel settore agricolo e industrie connesse; 28% nei servizi e industrie connesse e 12% nel settore industriale vero e proprio.

La questione dell'accesso all'occupazione sta diventando un problema importante. Il numero di posti di lavoro nel Paese è diminuito di 9 milioni tra il 2012 e il 2019, mentre più di 1 milione di giovani entrano ogni anno nel mercato del lavoro. Di conseguenza, secondo le statistiche ufficiali, il numero di disoccupati sotto i 29 anni è salito da 9 milioni nel 2012 a 25 milioni nel 2018. D'altra parte, il 90% dei posti di lavoro in India è ancora nel settore informale, caratterizzato dall'assenza di contratti di lavoro, assicurazioni e contributi pensionistici. Anche la situazione dei contadini è preoccupante.

Negli ultimi anni l'India è riuscita a capitalizzare l'istruzione in lingua inglese di molte persone, diventando un'importante mèta di outsourcing per le società multinazionali e una popolare meta per il turismo medico. L'India è diventata anche grande esportatrice di software e finanza, ricerca e servizi tecnologici.

I più importanti partner commerciali dell'India sono Stati Uniti, l'Unione europea e la Cina. Il metodo di calcolo del PIL è stato modificato nel 2014, consentendo di gonfiare artificialmente i dati di crescita. Il tasso di disoccupazione è così alto che il Ministero del Lavoro non ha fornito alcuna statistica dal 2016, quindi nella tabella di seguito si ha una stima della Banca Mondiale.

Di seguito in tabella 10, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	
% SPESA PUBBLICA/PIL	69.4	69.6	69.5	70.2	71.7	71.7
% AFFLUSSI NETTI/PIL	2.1	1.9	1.5	1.6	1.8	
% DEFLUSSI NETTI/PIL	0.4	0.2	0.4	0.4	0.5	0.4
% CRESCITA PIL	8.0	8.3	6.8	6.5	4.0	-8.0
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	6.8	7.1	5.7	5.4	3.0	-8.9
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	28.7	28.2	28.2	29.2	28.8	26.7
% INFLAZIONE SU PREZZI	4.9	4.9	3.3	3.9	3.7	6.6
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	83.0	76.1	96.4	84.5	79.7	99.0

Tabella 10: dati macroeconomici - India.

Si può notare anche per il Brasile un dato fortemente negativo per la percentuale di crescita del PIL; si aggrava ulteriormente la percentuale di crescita del PIL pro capite.

Si sottolinei un livello quasi costante degli investimenti lordi, dei deflussi netti e della spesa pubblica.

Fino al 2019 il tasso di disoccupazione sembra stabile, così il tasso di afflussi netti rispetto al PIL.

In ultimo, si nota un aumento consistente del tasso di inflazione e della capitalizzazione di borsa delle imprese domestiche.

Nella figura 22 si nota per l'indice borsistico indiano un percorso simile a quello della borsa brasiliana. Si nota una crescita costante, senza grossi picchi e senza grosse cadute dell'indice verso il basso, com'è tipico per tutti i paesi in via di sviluppo per l'ultimo lustro.

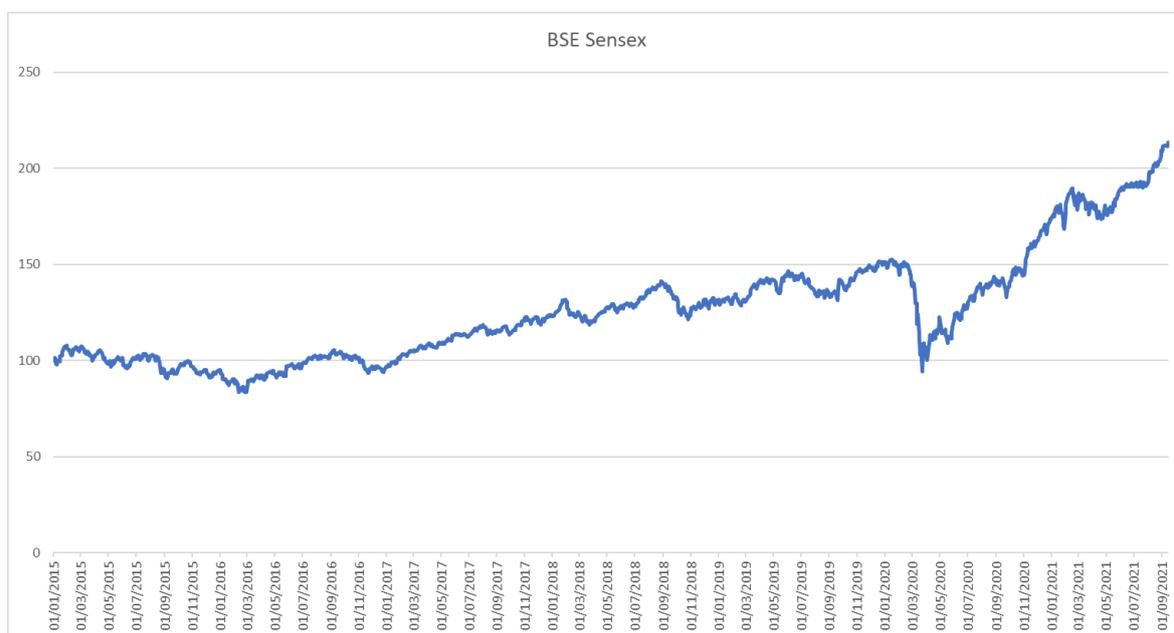


Figura 23: indice di borsa BSE Sensex.

## 11. Andamento dell'economia russa

Se l'economia russa sembra essersi lasciata alle spalle i momenti più difficili e la recessione del 2015-2016 sembra ormai superata, la crescita rimane, però, ancora debole. Secondo i dati del Ministero russo dello Sviluppo economico, il Pil è cresciuto dell'1,7% su base annua e le previsioni per il 2019 restano inferiori al 2%. I consumi ristagnano come conseguenza della crisi economica che ha anche fatto alzare il tasso di povertà nel Paese.

Tra i vari problemi che affliggono l'economia russa (tra cui eccessiva centralizzazione e burocratizzazione, mancanza di incentivi economici alla crescita regionale e sanzioni

occidentali), uno sembra essere particolarmente grave perché riflette una condizione congenita allo sviluppo economico russo da quasi tre decadi: il budget della Federazione dipende ancora troppo dall'export energetico e tale situazione resterà probabilmente invariata nei prossimi anni.

La Russia si è riconfermata nel 2018 il secondo produttore di gas naturale al mondo e il terzo produttore di petrolio. Una relazione pericolosa, che rende Mosca vulnerabile alle variazioni del prezzo globale delle materie prime, petrolio in primis.

In primis perché il settore dell'export resta dominato dall'energia. Dal 2013 al 2018, la quota di combustibili fossili nelle esportazioni russe è diminuita. Tuttavia, questo dato riflette un calo del valore delle esportazioni di petrolio e gas dovuto alla riduzione dei prezzi del petrolio, piuttosto che un miglioramento delle esportazioni non energetiche, che sono in realtà diminuite durante lo stesso periodo.

In secondo luogo, gli investimenti - che secondo gli obiettivi di sviluppo dovrebbero aumentare fino a coprire il 27% del Pil – sono ancora bassi, anche nelle zone economiche speciali. Varie le cause: in mercati scarsamente competitivi dominati da aziende statali, le aziende non hanno incentivi a investire per rimanere all'avanguardia; sebbene le aziende debbano ora fare i conti con molta meno burocrazia – nel ranking Ease of Doing Business della Banca Mondiale la Russia è passata dalla 120sima posizione nel 2011 alla 28sima nel 2019 – la corruzione e le difficoltà nel reclutare personale qualificato continuano a scoraggiare investitori nazionali e stranieri.

Di seguito in tabella 11, si riportano i dati dei principali indicatori macroeconomici dal 2015 al 2020, laddove disponibili.

INDICE	2015	2016	2017	2018	2019	2020
% DISOCCUPAZIONE	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	..
% SPESA PUBBLICA/PIL	70.4	71.7	71.1	68.1	69.5	70.2
% AFFLUSSI NETTI/PIL	0.5	2.5	1.8	0.5	1.9	..
% DEFLUSSI NETTI/PIL	1.6	1.7	2.3	1.9	1.3	0.4
% CRESCITA PIL	-2.0	0.2	1.8	2.8	2.0	-3.0
% CRESCITA PIL PRO CAPITE	-2.2	0.0	1.7	2.8	2.1	-2.8
% INVESTIMENTI LORDI/PIL	20.6	21.9	22.0	20.7	21.1	21.8
% INFLAZIONE SU PREZZI	15.5	7.0	3.7	2.9	4.5	3.4
% CAPITALIZZ. SOC. DOMESTICHE	28.8	48.7	39.6	34.8	46.9	46.8

Tabella 11: dati macroeconomici - Russia.

Fino al 2019 si nota un andamento stabile per il tasso di disoccupazione, e ad ondate anche per gli afflussi netti. Questo andamento stabile prosegue nel 2020 per la spesa pubblica.

Il tasso di crescita del PIL, anche pro capite, subisce una forte contrazione come visto per tutti gli altri paesi considerati. Analogamente, si contraggono anche i deflussi netti nel 2020. In questo caso il tasso di inflazione resta contenuto per il 2020 e la capitalizzazione di borsa delle società domestiche e gli investimenti lordi non subiscono drastici cambiamenti nello stesso anno, né negli anni precedenti a quello della pandemia.

Nella figura 23 si mostra l'andamento della borsa di Mosca. Essa è stata fondata piuttosto di recente (nel 2011) e negli anni che vanno dal 2015 al 2019 ha mostrato un trend in crescita, però molto più contenuto rispetto ai trend positivi di India, Cina e Brasile, tutti paesi in via di sviluppo.

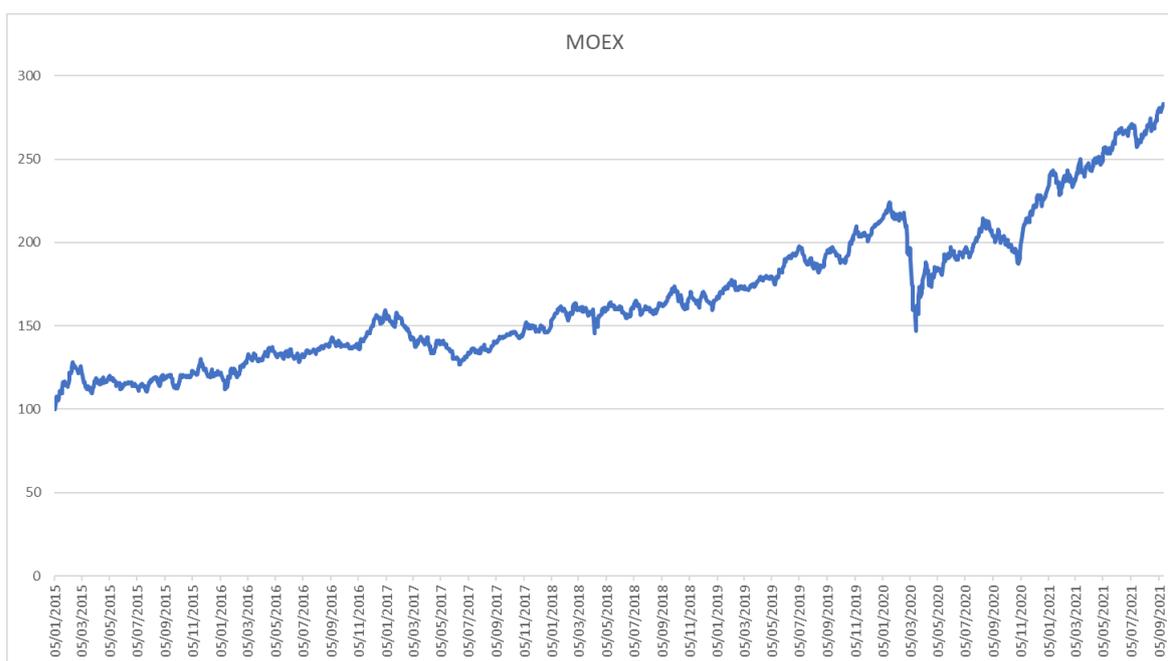


Figura 24: indice di borsa MOEX.

## **Reazioni delle principali borse mondiali alla pandemia da SARS-CoV-2**

In questo capitolo saranno analizzate le reazioni dei principali indici borsistici a livello mondiale. In particolare, saranno rilevate le entità degli shock dovuti al diffondersi dell'epidemia su ciascun indice di borsa, l'interconnessione del mercato finanziario a livello internazionale e quindi l'eventuale ritardo o l'eventuale contemporaneità nelle reazioni di alcuni mercati o altre anomalie.

Inoltre, si vuole anche registrare come si sia modificata la correlazione tra gli andamenti degli indici di borsa durante il periodo pandemico rispetto al periodo di tempo precedente al 2020 considerato. In ultimo, si vuole anche evidenziare le maggiori interconnessioni tra i mercati finanziari dei paesi in via di sviluppo e dei paesi sviluppati.

### **1. Trattamento preliminare dei dati**

Prima di procedere alla disamina delle reazioni delle principali borse mondiali è necessario descrivere dettagliatamente le procedure con cui sono stati trattati i dati per poter comprendere meglio i risultati raggiunti in questo capitolo e nei successivi.

Si è selezionata una serie storica di cinque anni precedenti al periodo pandemico, che va dal 2015 al 2019, e in aggiunta gli anni 2020 e 2021 fino al terzo trimestre. I dati, riferiti ai periodi di cui prima, sono relativi gli indici delle principali borse mondiali quali FTSE MIB (principale titolo italiano), DAX 30 (principale indice tedesco), CAC 40 (principale indice francese), FTSE 100 (principale indice britannico), IBEX 35 (principale indice spagnolo), EURO STOXX 50 (indice aggregativo dell'Eurozona), S&P 500 (principale indice statunitense), HSI (indice di Hong Kong), SSE Composite (indice di Shanghai), BOVESPA (principale indice brasiliano), BSE Sensex (principale indice indiano) e MOEX (principale indice russo).

Per poter valutare l'entità dello shock subito dalle borse e dovuto al diffondersi della pandemia si è deciso di utilizzare i rendimenti logaritmici degli indici di borsa espressi in termini di diminuzione o aumento percentuale rispetto al giorno immediatamente precedente. Questo tipo di analisi è stata fatta sui singoli giorni di contrattazione in borsa e per trimestri. L'aggregazione per trimestri permette di avere una visione più d'insieme dell'andamento di borsa durante il periodo di pandemia, quindi degli anni dal 2019 (che funga da punto di partenza) al 2021.

Di seguito, si sono voluti allineare i dati di ogni singola borsa facendo riferimento ai giorni di contrattazione della borsa di New York. In pratica, si sono presi come riferimento i giorni di apertura dello S&P 500 e per tutte le altre borse sono stati creati valori fittizi, calcolati come media tra la quotazione del giorno precedente e quella del giorno successivo, per i giorni inesistenti che compaiono a causa dell'allineamento e sono stati oscurati i giorni di altre quotazioni per alcune borse, sempre a causa dell'allineamento. All'atto pratico, siccome il primo giorno di contrattazione per la borsa di New York è il 5 di gennaio, per le borse europee sono stati cestinati i valori di borsa del 2, 3 e 4 gennaio (escluse le eventuali domeniche). Analogamente, con l'ipotesi che in Cina il 5 di gennaio sia festa, la quotazione della borsa di Shanghai per il 5 gennaio è stata creata come media delle quotazioni di borsa del 4 e del 6 gennaio (escludendo l'epifania come festa in Cina).

Questo allineamento dei dati ha permesso due diversi tipi di elaborazione. Il primo tipo di elaborazione ha permesso di valutare la temporizzazione degli shock avuti sulle borse. In particolare, si possono notare ritardi o anomalie delle borse nel reagire agli annunci fatti da parte dei vari governi e delle autorità sanitarie internazionali. Ancora, si possono valutare le reazioni più marcate e quelle meno marcate tra le varie borse.

Il secondo tipo di elaborazione ha concesso di valutare le correlazioni tra i vari indici di borsa e quindi l'interconnessione del mercato finanziario. Dapprima, si sono accorpati tutti gli indici di borsa a cavallo dei sei anni presi in esame senza distinzioni. In seguito, si sono distinti i paesi sviluppati dai paesi in via di sviluppo e gli anni in cui si è calcolata la correlazione tra gli indici distinguendo il periodo precedente alla pandemia e il periodo della pandemia vero e proprio.

## **2. Analisi dell'andamento trimestrale degli indici di borsa**

Si è deciso di partire con l'analisi dell'andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici degli indici di borsa per avere una visione più d'insieme e meno dati da inserire nei grafici che hanno il compito di essere intuitivi e di comprensione immediata. Nel paragrafo successivo ci si cala in grafici con quotazioni giornaliere e in vari confronti tra paesi.

### **2.1 Entità dello shock pandemico sulle principali borse europee**

Per valutare l'entità dello shock causato dalla pandemia sui principali indici di borsistici si parte con l'analisi degli indici di borsa aggregati per trimestre perché, come si vedrà,

l'impatto grafico è molto più indicativo soprattutto collocando una forte reazione globale all'inizio di marzo del 2020.

Infatti, in tutta l'Europa continentale, in Russia e negli Stati Uniti si iniziano, proprio a marzo del 2020, ad imporre le prime limitazioni alla libera circolazione e ad attività non essenziali, ma soprattutto a prendere coscienza della gravità della situazione sanitaria. Questa consapevolezza si diffonde tra gli investitori di tutto il mondo e l'effetto è palese.

Nei grafici rappresentati in figura dalla numero 24 alla numero Y si nota un crollo davvero verticale in corrispondenza del secondo trimestre del 2020 che riporta la differenza, su scala logaritmica, degli indici di borsa da gennaio 2020 ad aprile 2020, quando ormai gli indici borsistici erano già fortemente depressi.

Partendo con l'analisi delle principali borse europee si nota come le reazioni siano assolutamente sincrone e concentrate sul secondo trimestre del 2020. Inoltre, le reazioni sono anche coerenti dal punto di vista della diminuzione percentuale dell'indice di borsa. La reazione più avversa c'è stata sull'indice borsistico spagnolo IBEX 35 che ha visto un crollo delle quotazioni fino al - 38,73% come mostrato nella figura 24. Non per niente, la Spagna

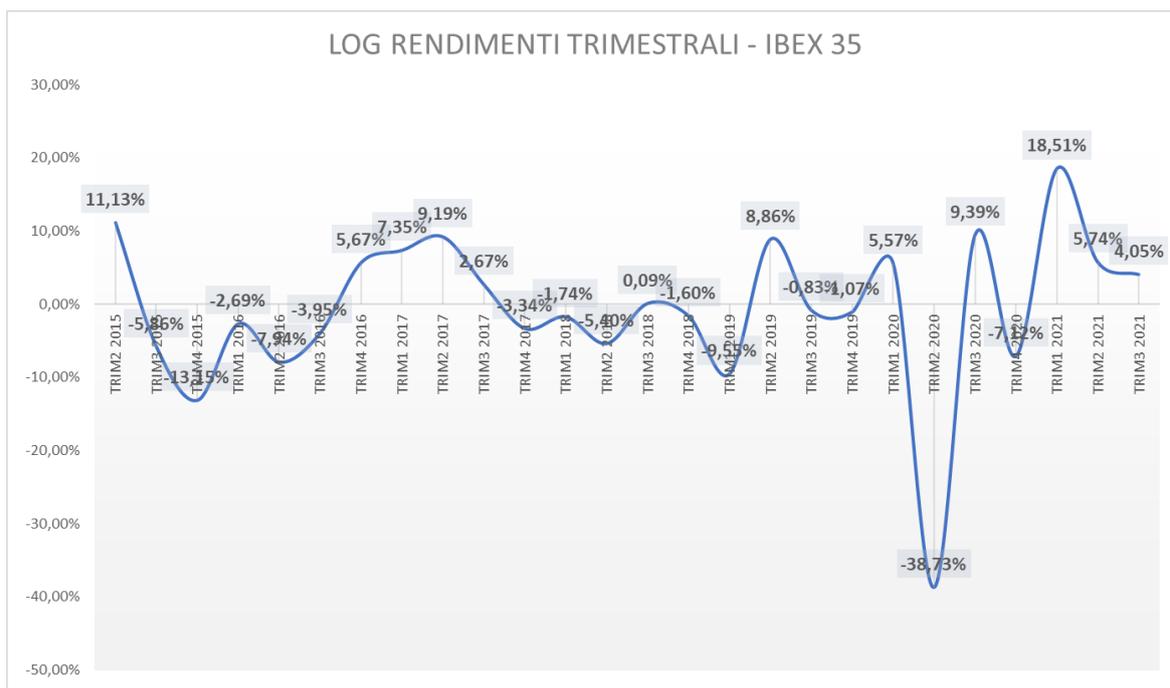


Figura 25: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici dell'IBEX 35.

insieme all'Italia è stato il paese più colpito dalla pandemia, almeno agli albori della stessa in seno all'Europa continentale. Si deve anche notare una sostanziale stabilità della borsa spagnola negli anni precedenti alla pandemia (2018 e 2019) che è stata del tutto sconvolta dall'avvento del Covid-19.

Come accennato, anche per la borsa di Milano, in concomitanza dello stesso periodo si registra un calo dell'indice di borsa pari al  $-36,51\%$  come mostrato nella figura 25 di seguito. L'Italia è stato in assoluto il primo paese a toccare con mano la vera forza distruttiva

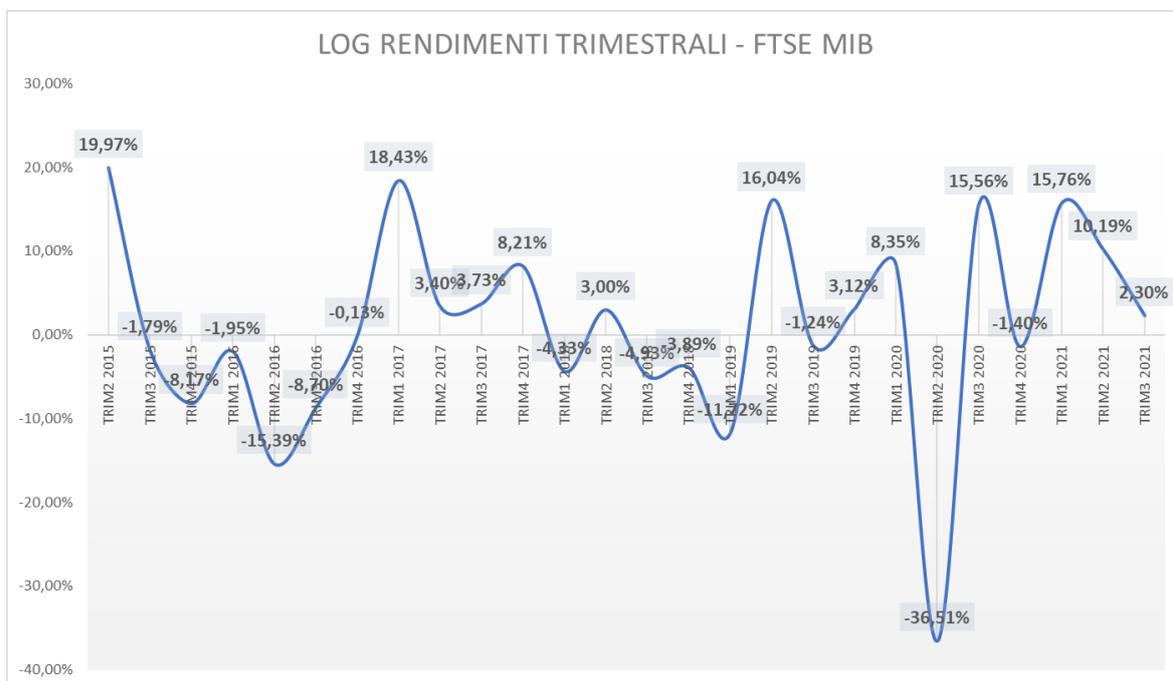


Figura 26: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del FTSE MIB.

della pandemia. Nella penisola l'epidemia di Covid-19 si è abbattuta come un flagello che sembrava inarrestabile, almeno all'inizio, con dati alla mano. Per questo motivo le misure restrittive adottate sono state tra le più severe sin da subito e questo si è, necessariamente, ripercosso sul mercato borsistico italiano ed europeo in senso più ampio. L'Italia possiede una storia borsistica a breve termine un po' più volatile rispetto al prospetto dell'IBEX 35, ma comunque il picco negativo raggiunto in corrispondenza dell'avvento della pandemia è uno dei più gravi di tutta la storia del mercato finanziario italiano.

Oltre all'Italia e la Spagna, un altro paese europeo fortemente colpito dal ceppo di SARS-CoV-2 prima e dalle sue varianti poi è il Regno Unito. Nel Regno Unito, inizialmente, soprattutto a causa delle indicazioni del premier britannico la situazione sanitaria emergenziale è stata presa con leggerezza. Questo approccio è stato, purtroppo, pagato dai cittadini del Regno Unito nei mesi seguenti a causa di un dilagarsi continua della nuova patologia polmonare causata dal virus. Anche la borsa di Londra ha subito forti contraccolpi come si vede nel grafico in figura 26 a causa della pandemia. Diventa importante rilevare come l'andamento della borsa di Londra abbia subito negli anni precedenti il 2020, alcune influenze causate dalla Brexit e da altri negoziati che però non hanno mai portato l'indice ha

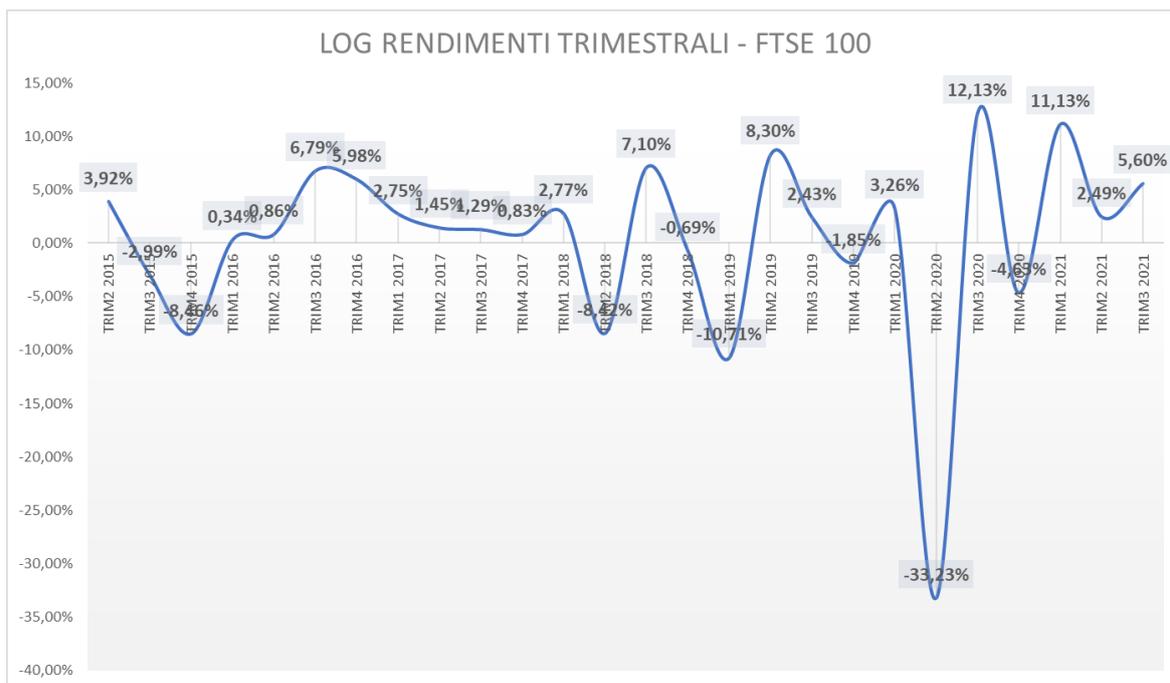


Figura 27: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del FTSE 100.

perdere più di 33 punti percentuali, come invece accaduto tra il primo e il secondo trimestre del 2020.

Restano da mostrare l'indice borsistico di Parigi (figura 27) e l'indice borsistico di Francoforte (figura 28) come principali indici di borsa dei due paesi europei più estesi e più popolosi che hanno, ovviamente, subito grandi conseguenze a causa della pandemia. Nel

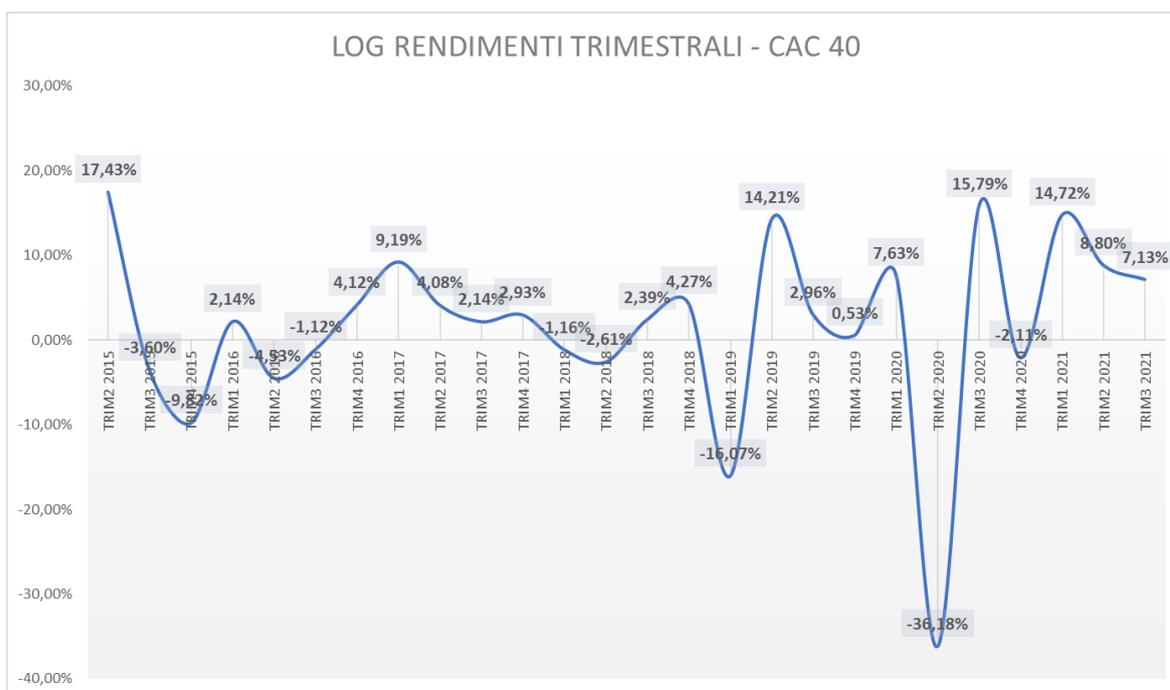


Figura 28: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del CAC 40.

grafico della borsa francese, oltre al picco negativo nell'anno 2019 per i motivi descritti nel

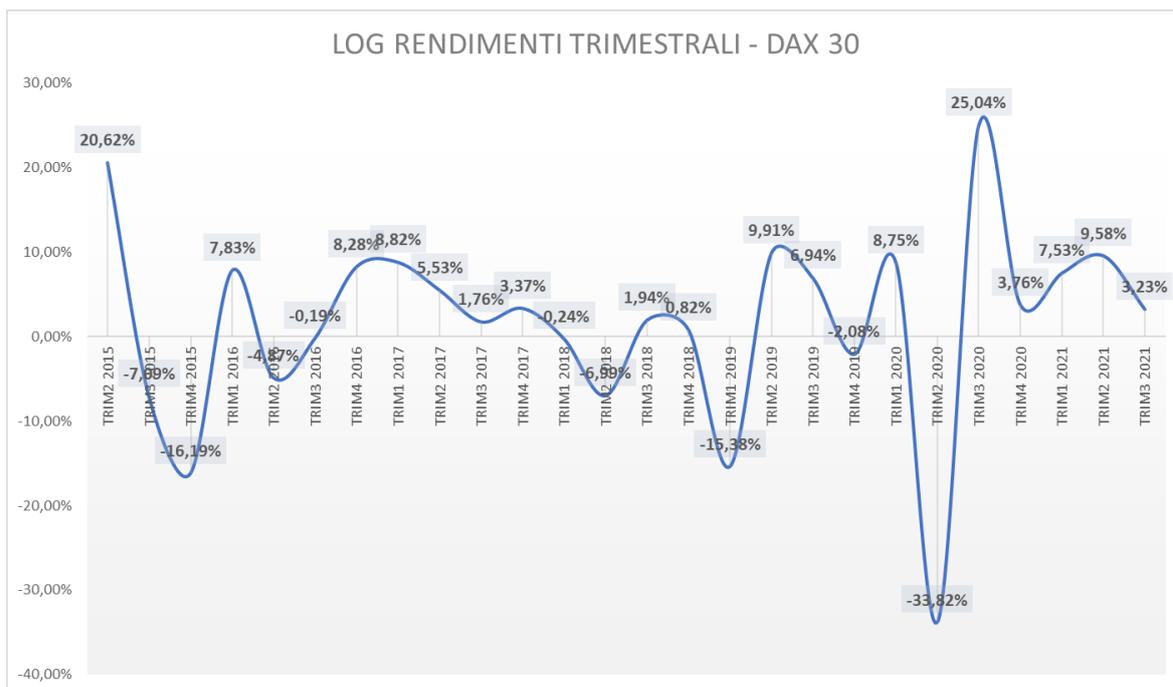


Figura 29: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del DAX 30.

capitolo precedente che hanno interessato tutta la zona Euro, si nota un andamento stabile della borsa che subisce una forte caduta verso il basso verso marzo/aprile 2020 con un crollo del 36,18%. Un discorso analogo può essere fatto per la borsa di Francoforte che però cala del 33,82%.

Infine, può risultare interessante valutare il mercato finanziario di tutta l'Unione Europea basandosi sull'Euro Stoxx 50 che subisce un crollo, parimenti rispetto ai paesi analizzati fin qui, del 34,73% come mostrato in figura 29.

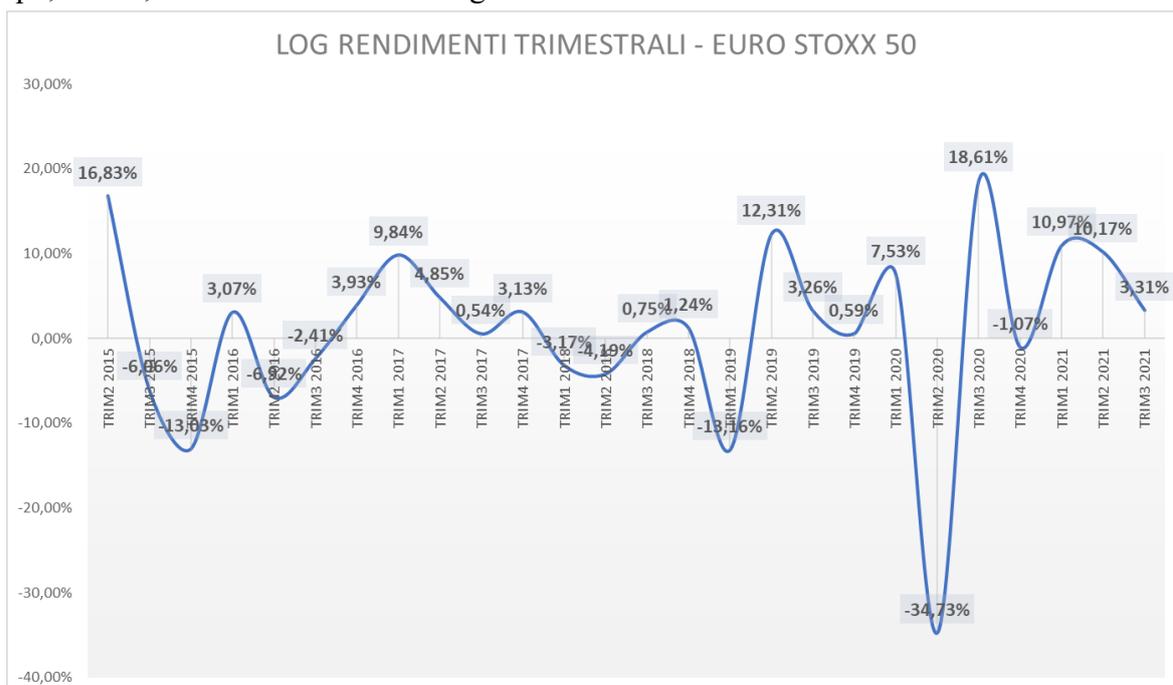


Figura 30: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici dell'EURO STOXX 50.

Valutando il complesso aggregato delle principali borse europee si può valutare come, escludendo la Spagna come paese meno sviluppato dal punto di vista finanziario, tutti gli altri paesi abbiano subito un crollo in borsa dovuto alle prime fasi della pandemia che oscilla tra il 33,23% della borsa di Londra e il 36,51% della borsa di Milano, con un'escursione minima del 3%. Si può parlare di una sostanziale correlazione tra tutti i paesi europei fin qui citati, ben rappresentati in media dall'indice di borsa europeo. In particolare, il paese che ha reagito in modo più marcato all'avvento della pandemia è la Spagna e quelli che hanno reagito, in senso opposto, in modo meno marcato sono la Germania e il Regno Unito. Tuttavia, la reazione è stata univoca e sostanzialmente coerente tra i vari paesi senza crolli fuori misura, in ritardo o segnata da eventuali anomalie che non rispecchierebbero la simmetria di mercati finanziari fortemente interconnessi come quelli dei principali paesi europei.

## **2.2 Entità dello shock pandemico sulle principali borse extra europee**

A livello extra europeo sono stati considerati altri paesi, tra i quali di principale interesse sono gli Stati Uniti e la Cina per due motivazioni differenti.

La Cina fu il primo stato a vedere il diffondersi del Covid-19 almeno nell'ultimo trimestre del 2019. Nel periodo in cui le autorità cinesi resero nota la diffusione di questo nuovo ceppo virale però la situazione sanitaria si pensava potesse essere contenuta. Questo ci permette di spiegare meglio l'andamento delle quotazioni della borsa di Shangai e della borsa di Hong Kong, fortemente legata alle vicende cinesi. Infatti, come si può vedere in figura 30 la borsa di Hong Kong ha subito un significativo ribasso già negli ultimi mesi del 2019 a causa della diffusione dell'epidemia, ma il contraccolpo maggiore lo ha subito nel secondo trimestre del 2020, quando si è capito l'entità della situazione sanitaria che si pensava potesse essere circoscritta. Va detto che la volatilità della borsa di Hong Kong è notevole lungo tutto il periodo considerato, ergo il crollo è in questo caso meno significativo rispetto a quelli delle altre borse considerate. Quanto detto vale analogamente anche per la borsa di Shangai come si vede in figura 31 con alcune differenze. Infatti, nel caso dell'indice composito di Shangai il crollo di borsa del 2015, dovuto alle tensioni Cina – USA è stato molto più marcato rispetto alle perdite di borsa dell'ultimo trimestre del 2019 e del secondo trimestre del 2020. Tuttavia, anche in questo caso si può parlare di una borsa poco stabile rispetto a tutte le borse europee di cui prima. In definitiva, si può affermare che la Cina sia stato il primo paese ad essere

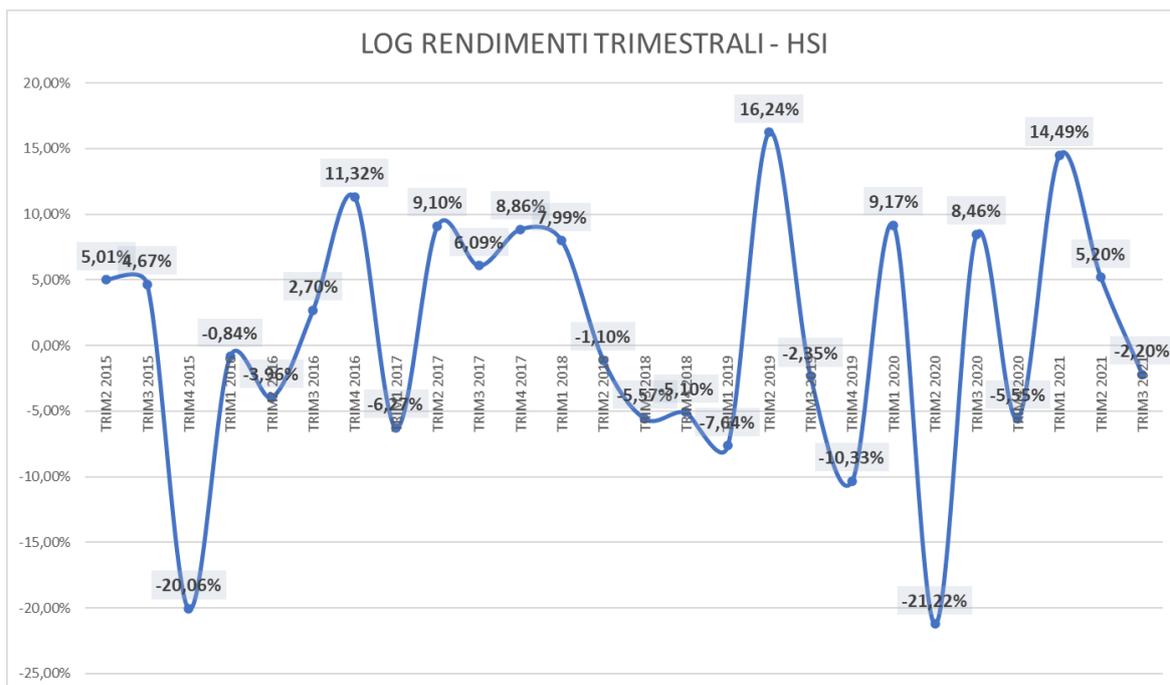


Figura 32: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici dell'HSI.

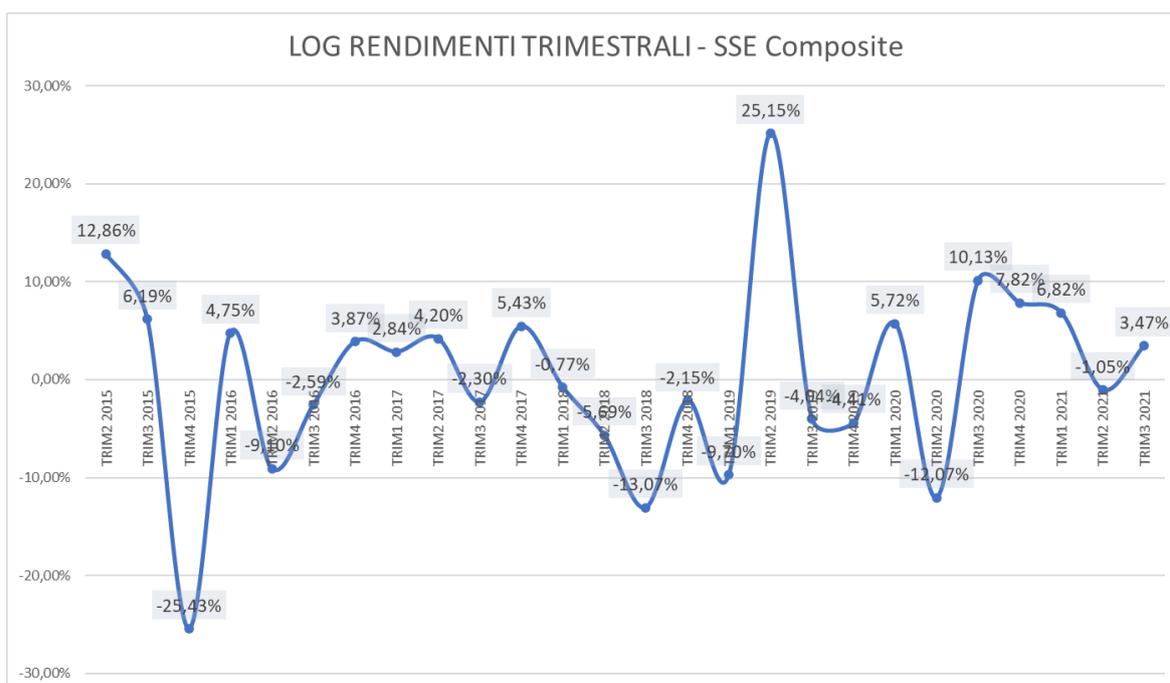


Figura 31: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici dell'SSE Composite.

colpito dalla pandemia, ma uno dei paesi il cui mercato finanziario è stato meno inficiato da questa situazione. La resistenza del mercato finanziario non si deve ad una solidità strutturale dello stesso, bensì ad una gestione non del tutto limpida delle informazioni e molto stringente sulle libertà personali da parte del governo cinese.

L'analisi della principale borsa statunitense è invece importante perché gli Stati Uniti si collocano nella sfera dei paesi occidentali sviluppati, con una gestione della pandemia trasparente dal punto di vista informativo e con un mercato finanziario molto ampio. Valutando il grafico dei rendimenti logaritmici trimestrali si nota l'instabilità generata ad inizio 2019 da relazioni e vicende internazionali e poi il crollo molto marcato a cavallo tra marzo e aprile del 2020 (vedi figura 32). Si può dire che il crollo è stato più contenuto

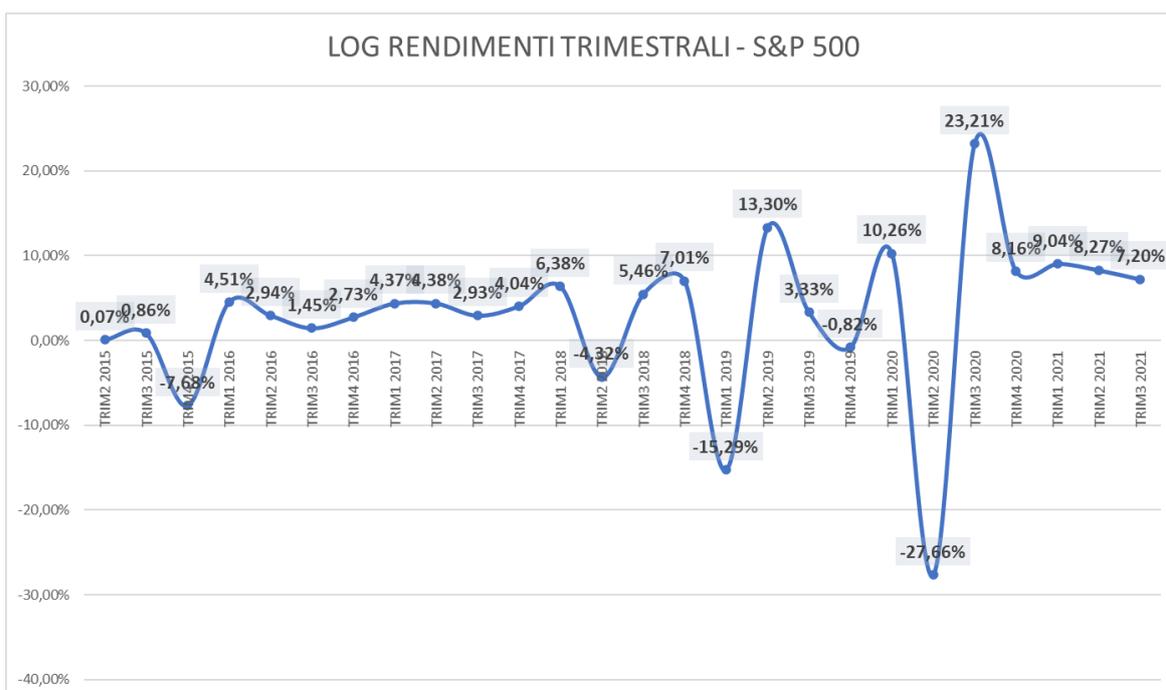


Figura 33: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici dello S&P 500.

rispetto a quello visto per i paesi europei tutti, ma gli Stati Uniti hanno avuto conseguenze ritardate rispetto al vecchio continente. In ogni caso nei periodi successivi la fiducia degli investitori nella borsa di New York è costante intorno al + 8% e migliore rispetto a quella riservata ai mercati europei.

Oltre a Cina e Stati Uniti, si è voluto includere nell'analisi anche un gruppo di paesi in via di sviluppo, quindi con mercati finanziari anch'essi in via di sviluppo, fortemente colpiti dalla pandemia come Brasile, India e Russia.

La Russia in realtà possiede forti legami col vecchio continente, tuttavia, il suo mercato borsistico è relativamente nuovo nel suo assetto attuale (nato nel 2011) ed è comunque poco sviluppato. La Russia è stata fortemente colpita dalla pandemia e la borsa di Mosca ne ha risentito, come mostrato nella figura 33, dopo un periodo di crescita della borsa abbastanza sostenuta. Per la Russia vale lo stesso discorso fatto per gli Stati Uniti: la borsa di Mosca ha risentito della situazione sanitaria fortemente emergenziale in Europa, senza però subire da

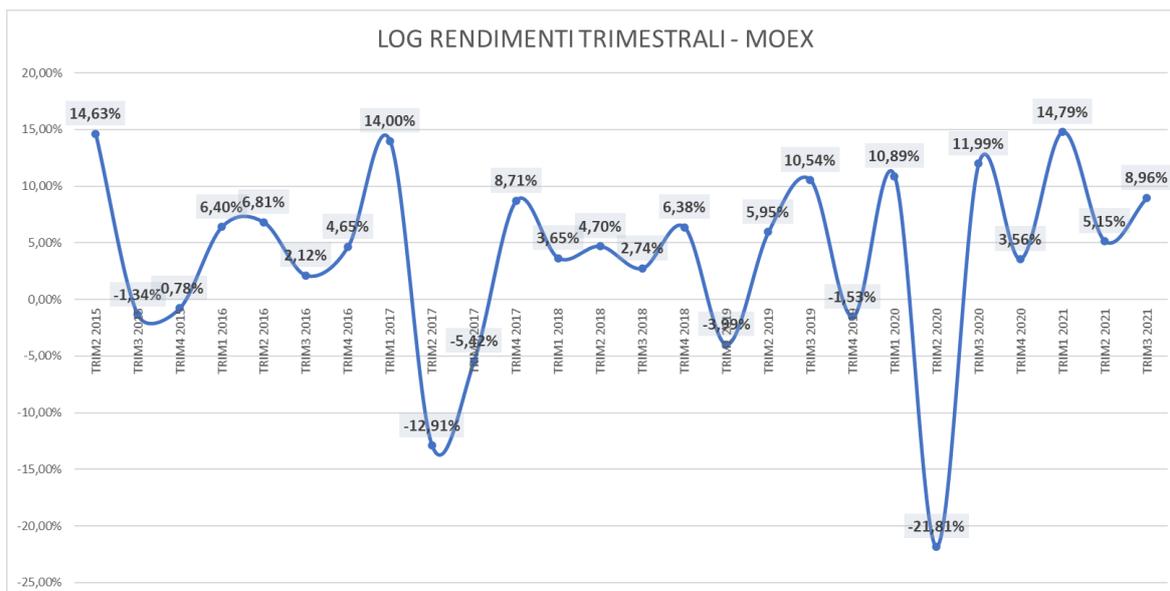


Figura 34: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del MOEX.

vicino e in modo contemporaneo le stesse conseguenze. Per questo motivo i crolli di borsa del secondo trimestre del 2020 per gli Stati Uniti e la Russia sono più contenuti.

Oltre alla Russia, è molto interessante soffermarsi ad analizzare l'andamento della borsa brasiliana. Il Brasile è un paese che possiede un'economia in rapidissima crescita sostenuta da forti investimenti internazionali. Questa crescita persiste anche nei primi anni in esame, a partire dal 2015, in cui il rendimento logaritmico è quasi sempre positivo. In questo panorama per l'indice BOVESPA il contraccolpo subito in concomitanza della crisi pandemica è il più marcato in assoluto rispetto a tutti gli altri indici di borsa considerati. Infatti, la borsa brasiliana all'inizio del secondo trimestre del 2020 tocca un picco negativo pari a  $-51,33\%$ , dimezzando la capitalizzazione totale di borsa. L'andamento del grafico in figura 34 è eloquente a questo proposito e dimostra anche la forza di ripartire della borsa brasiliana nei trimestri successivi. Questo comportamento degli investitori può essere spiegato facendo riferimento ad una fiducia di base nell'espansione e nella crescita dell'economia e del mercato finanziario brasiliani che però, essendo in via di sviluppo, è il primo ad essere abbandonato in condizioni di forte incertezza come quella causate dal diffondersi del Covid-19.

Infine, in riferimento al principale indice borsistico indiano si possono fare riflessioni simili a quelle fatte per il Brasile. Infatti, anche l'economia e il mercato finanziario indiano sono in fortissima espansione. In particolare, dalla figura 35 si nota come negli anni dal 2015 al 2010 i rendimenti logaritmici siano quasi sempre positivi e quindi confermino la crescita. Inoltre, per gli stessi motivi visti per il Brasile, l'indice BSE Sensex ha subito un forte

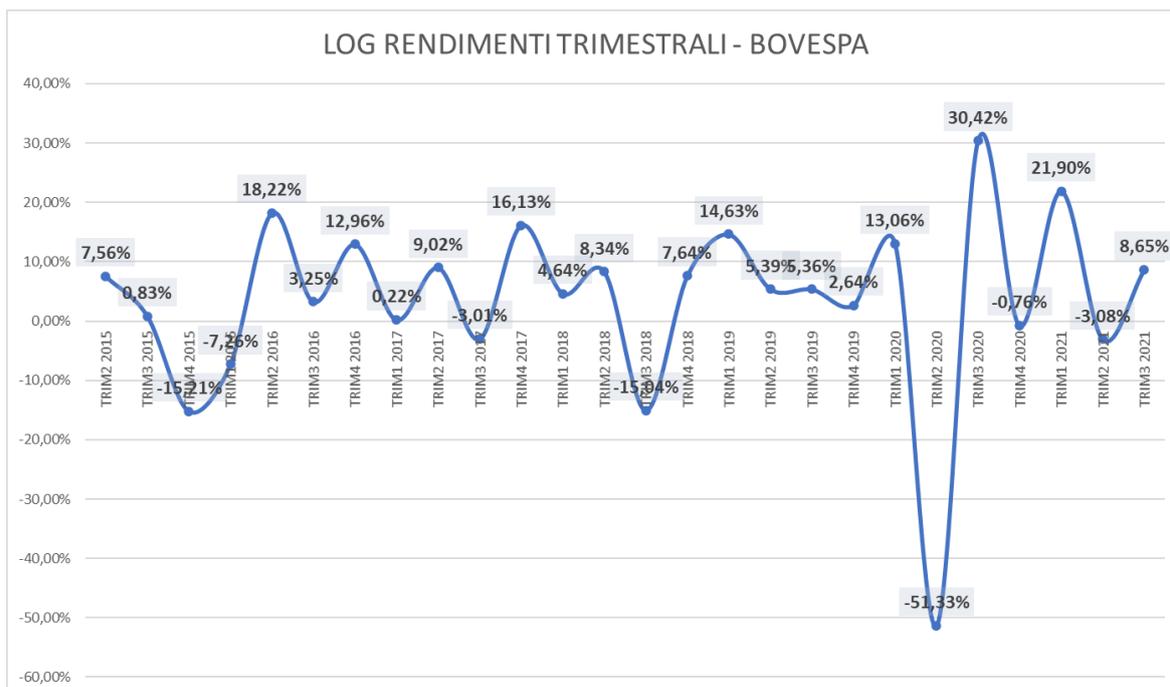


Figura 36: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del BOVESPA.

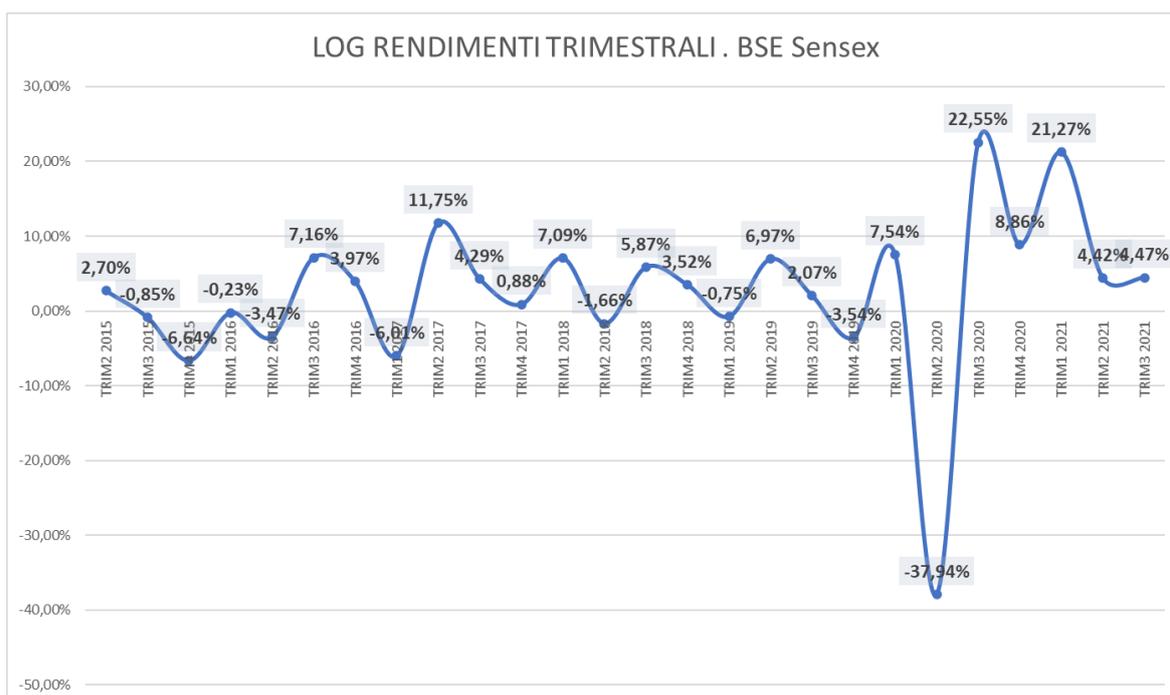


Figura 35: andamento trimestrale dei rendimenti logaritmici del BSE Sensex.

contraccolpo durante i primi mesi del 2020, nonostante le conseguenze sanitarie si siano fatte vivide a posteriori. Infine, va sottolineata, anche in questo caso la forte capacità del principale indice borsistico indiano che è in forte ripresa nonostante ancora oggi l'India conti milioni di nuovi contagi e decessi ogni giorno, la campagna vaccinale sia ad uno stadio molto arretrato e l'epidemia sia ancora sostanzialmente fuori controllo. I grafici delle quotazioni

delle principali borse di India e Brasile confermano la potenza finanziaria di questi nuovi paesi emergenti ed in via di sviluppo.

### 3. Analisi delle quotazioni giornaliere durante la pandemia

Risulta utile valutare anche le quotazioni giornaliere in modo tale da rilevare ancor meglio gli andamenti sincroni e quelli asincroni delle diverse borse considerate. Inoltre, è importante rilevare le variazioni minime e massime della capitalizzazione delle singole borse nel giorno peggiore registrato durante la pandemia.

A livello aggregato e dal punto di vista visivo si può notare un effettivo crollo delle borse a marzo del 2020 (vedi figura 36). Il crollo è stato più o meno marcato, come descritto in parte

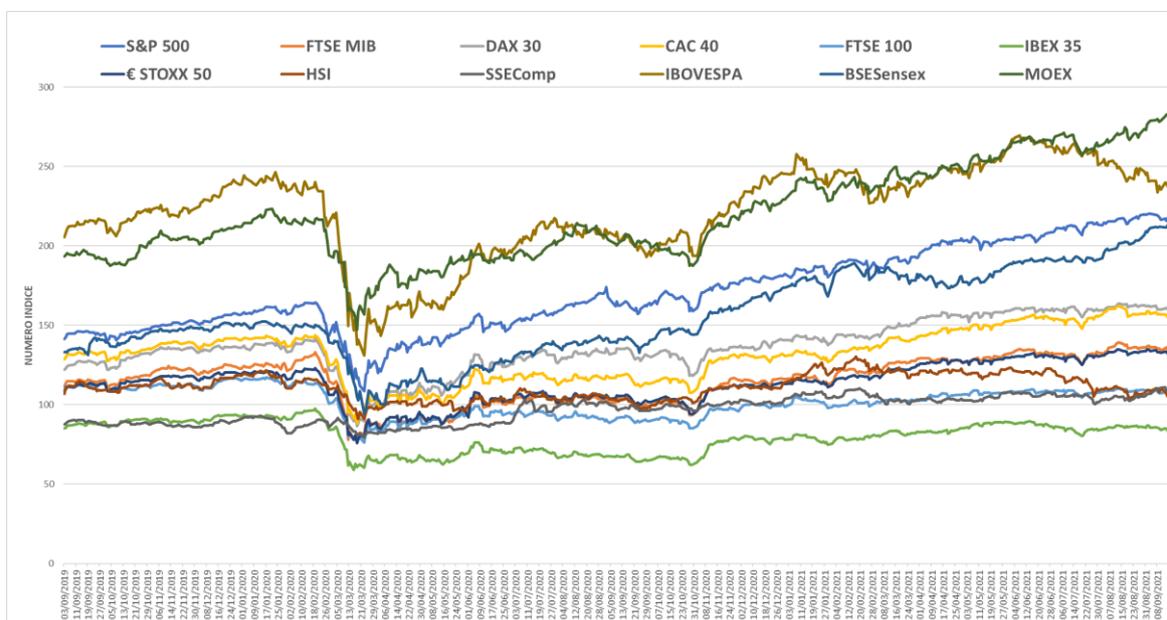


Figura 37: andamento giornaliero delle quotazioni delle principali borse mondiali.

nel capitolo precedente, ma è comunque stato sostanziale per tutte le borse valori considerate. Come si nota, sempre dallo stesso grafico, la ripresa è stata graduale successivamente alla depressione del primo trimestre del 2020.

#### 3.1 Analisi delle quotazioni giornaliere delle principali borse europee

Indagando le quotazioni giornaliere delle principali borse europee si nota un'interconnessione molto forte dei mercati finanziari. Alle prime notizie di lockdown locali della seconda settimana di marzo tutti gli investitori hanno reagito omogeneamente sulle quotazioni in questione. Infatti, a partire dal 5 marzo si registrano i primi segnali negativi per segnare due record consecutivi il 9 marzo e il 12 marzo. Durante la seduta di borsa del

12 marzo tutte le borse europee dei paesi considerati hanno raggiunto la loro perdita percentuale maggiore dovuta alla pandemia. Questi paesi, quali Italia, Germania, Francia, Spagna e Regno Unito, nessuno escluso, guardano al 12 marzo come il giorno più nero in borsa a causa della pandemia da SARS-CoV-2. Di seguito, si riportano le variazioni negative di borsa:

- Italia: – 18,54%;
- Germania: – 13,05%;
- Francia: – 13,10%
- Regno Unito: – 11,51%;
- Spagna: – 15,15%;
- Unione Europea: – 13,24%;

Come si può vedere dall'elenco puntato la variazione più negativa in assoluto è stata quella della borsa di Milano, motivata dal fatto che l'Italia è stato il primo paese maggiormente colpito dalla pandemia in Europa. A seguire si registrano forti perdite in Spagna, anch'essa tra i primi paesi fortemente colpiti dalla prima ondata di Covid-19. La Francia e la Germania si sono mantenute su una perdita quasi identica del 13% in linea con la borsa dell'Unione Europea. Infine, il Regno Unito ha reagito meglio a livello borsistico, perché si pensava con un profilo geografico insulare di essere maggiormente protetti dal virus pandemico. Tuttavia, come hanno dimostrato i fatti successivi, ancora oggi il Regno Unito è uno dei paesi più martoriati dalle molteplici varianti del ceppo virale di Coronavirus.

Rispetto a quanto detto, la forte correlazione tra le principali borse europee è confermata anche geograficamente, come mostrato in figura 37.

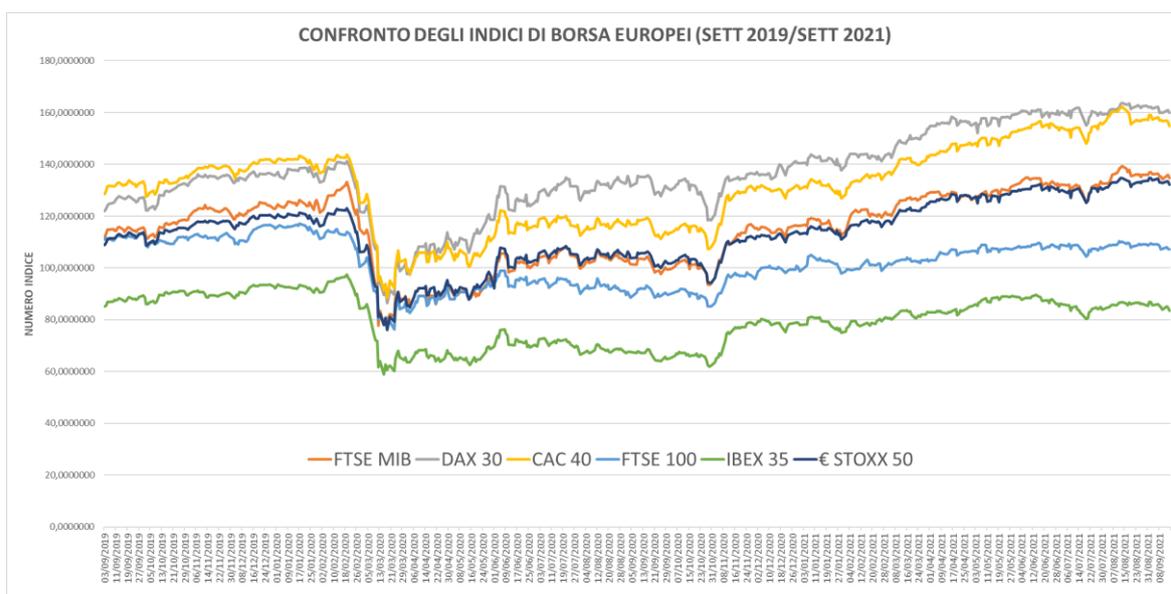


Figura 38: andamento delle principali borse europee durante la pandemia.

Dal grafico appena mostrato, eliminando il rumore di fondo apportato dai paesi extra europei, si nota una perfetta sincronia tra tutti gli indici nella caduta di borsa del 12 marzo e nella graduale ripresa economica successiva.

Risulta interessante un breve confronto tra la borsa cinese e la borsa europea a partire dal grafico mostrato in figura 38.

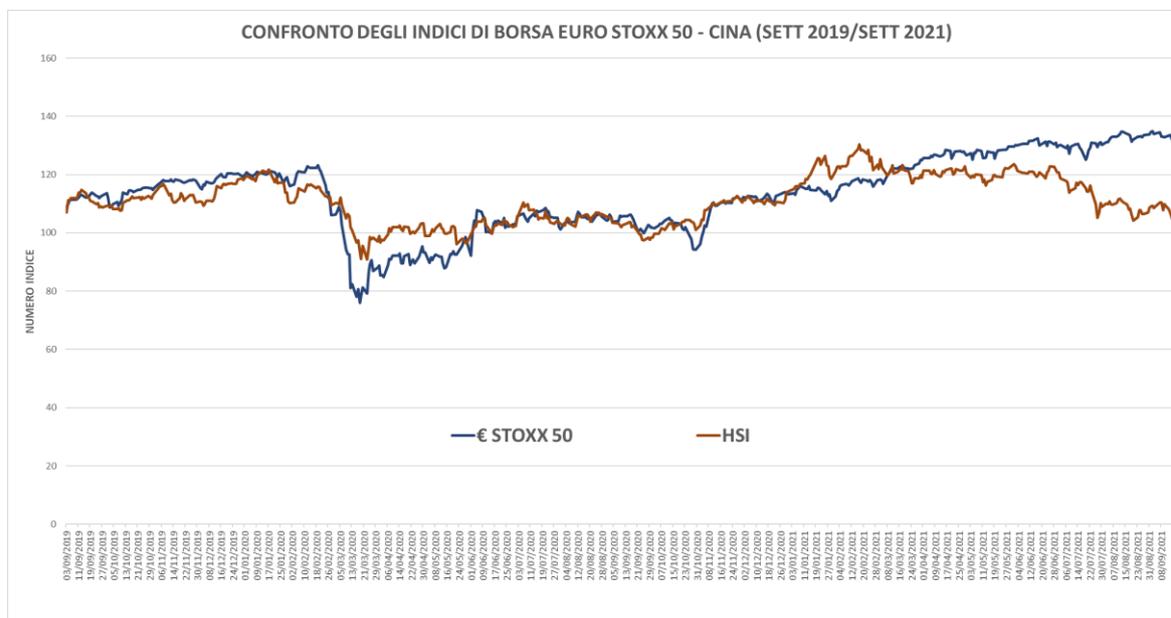


Figura 39: andamento delle borse cinese ed europea durante la pandemia.

Come salta all'occhio, nonostante la differenza di date nell'avvento della pandemia, la borsa cinese di Hong Kong e l'indice Euro Stoxx 50 hanno un andamento abbastanza simile, anche se la borsa cinese mostra una volatilità maggiore di quella europea. Nonostante questi profili abbastanza compatibili, la correlazione tra la borsa cinese e la borsa europea non è forte come quella registrata tra Unione Europea e Stati Uniti, come sarà mostrato.

Di seguito si mostrano per completezza i confronti tra Euro Stoxx 50 e Bovespa (figura 39), BSE Sensex (figura 40) e Moex (figura 41).

Come si può notare dopo una breve analisi, l'indice borsistico di Mosca reagisce simultaneamente rispetto all'indice di borsa europeo, mentre l'indice borsistico indiano e quello brasiliano reagiscono con un certo ritardo. Questo ritardo asincrono rispetto all'Euro Stoxx 50 e alle altre principali borse europee si deve all'influenza rispettivamente della borsa americana sulla borsa brasiliana e della borsa cinese sulla borsa indiana, che, come si illustrerà successivamente, hanno avuto reazioni e conseguenze leggermente ritardate. Come accennato, invece, la Russia si dimostra legata al destino dei mercati finanziari europei più che a quelli cinesi. Questo dimostra come la Russia sia la porta verso oriente ma ancora in territorio europeo.

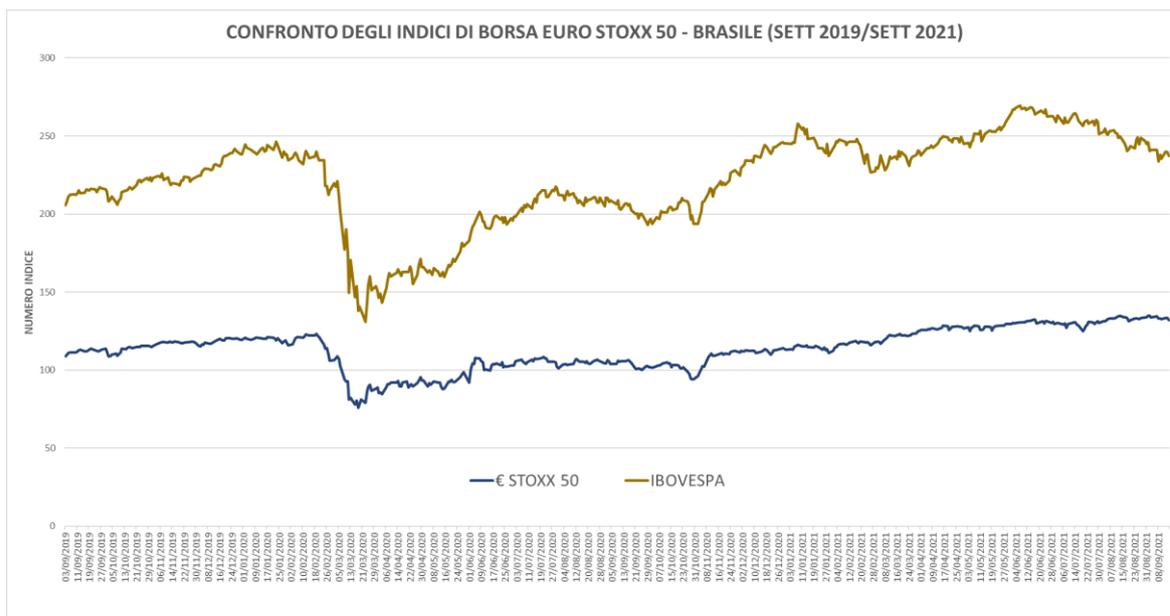


Figura 41: andamento delle borse brasiliana ed europea durante la pandemia.

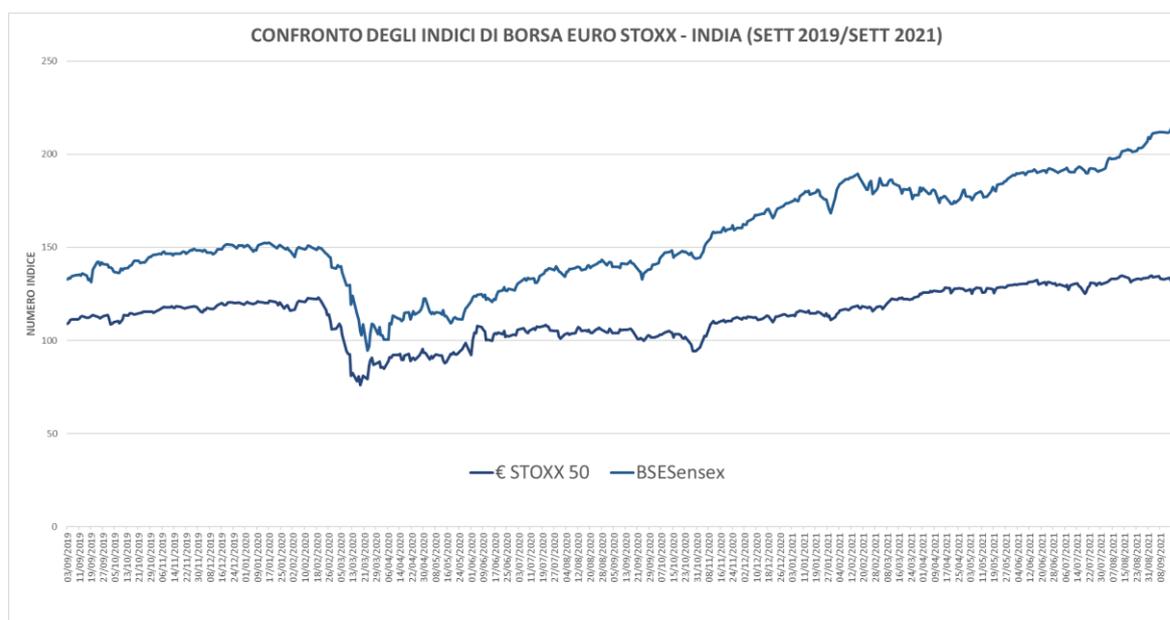


Figura 40: andamento delle borse indiana ed europea durante la pandemia.

### 3.2 Analisi delle quotazioni giornaliere delle principali borse extra europee

Tralasciando temporaneamente l'Eurozona, ma tenendo a mente quanto detto, ci si concentra temporaneamente sugli Stati Uniti. Gli Stati Uniti sono un paese occidentale fortemente interrelato agli accadimenti europei da sempre. Come si è visto durante la crisi dei mutui subprime del 2008, in seguito all'esplosione della crisi negli Stati Uniti, l'Europa è stata letteralmente travolta da un effetto a catena. Analogamente, nonostante la crisi fosse

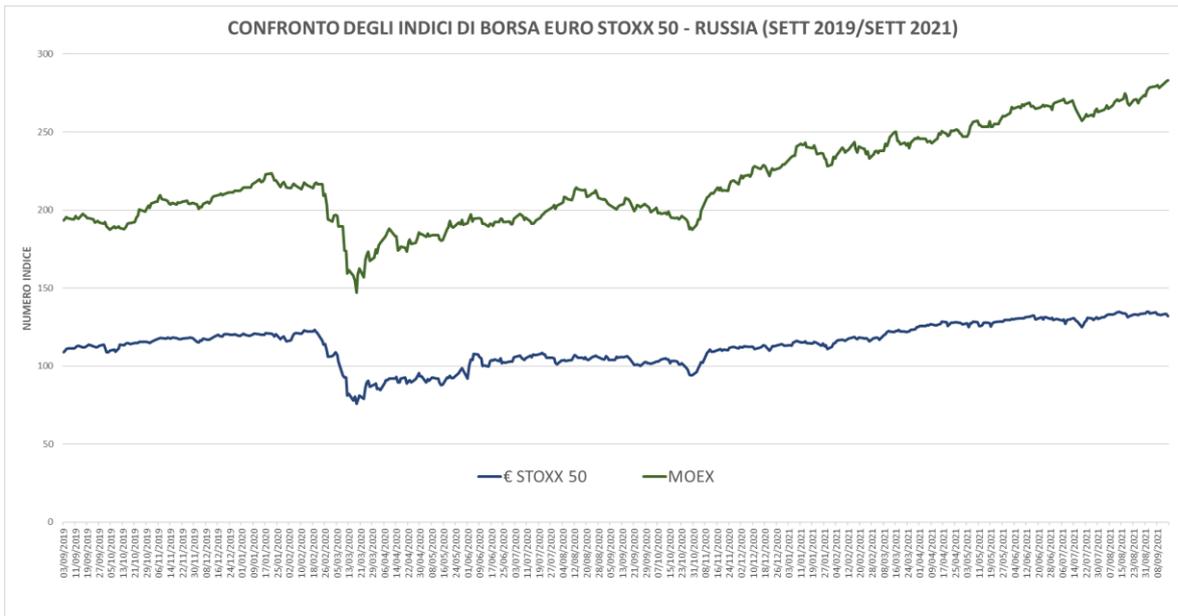


Figura 42: andamento delle borse russa ed europea durante la pandemia.

inizialmente sotto controllo in America, le borse americane hanno reagito quasi simultaneamente a quelle europee. Questo è palese nel confronto grafico tra l'indice statunitense S&P 500 e l'indice europeo Euro Stoxx 50 in figura 42.

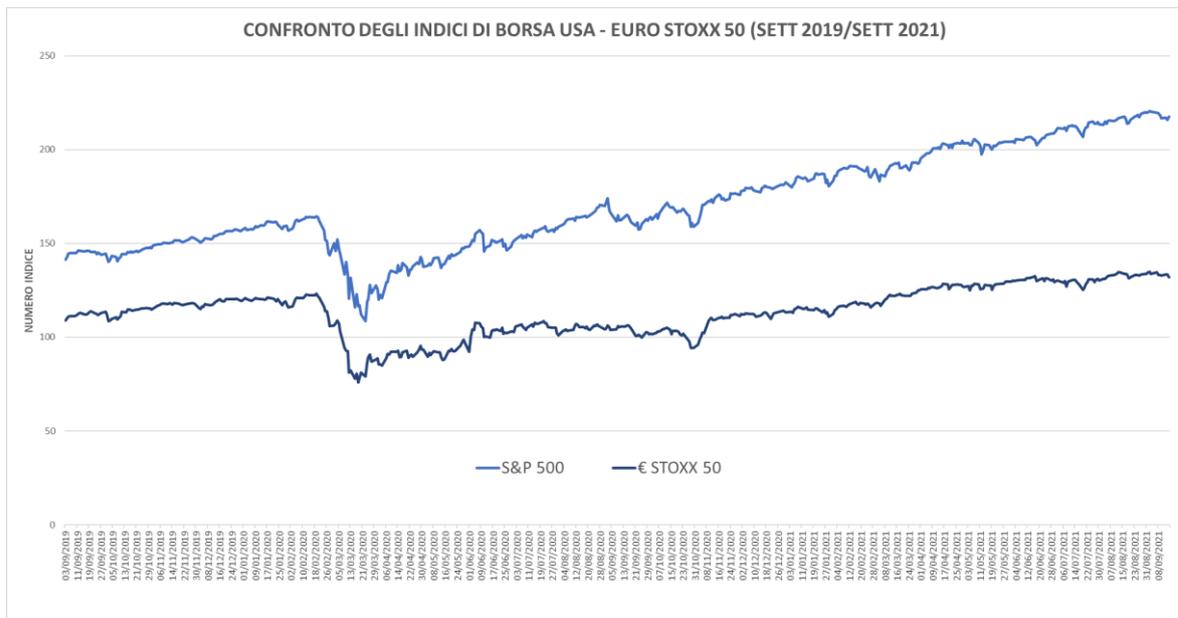


Figura 43: andamento degli indici europeo e americano durante la pandemia

Anche in questa circostanza è confermata la correlazione tra i mercati finanziari di Unione Europea e Stati Uniti, tuttavia, a livello di variazioni di capitalizzazione giornaliera, gli USA registrano il loro giorno peggiore con uno scarto minimo di quattro giorni rispetto ai paesi europei. Infatti, il giorno peggiore negli States corrisponde al 16 marzo, nonostante il 12 di

marzo fosse un giorno di contrattazione aperto sulla borsa di New York, così come il giorno successivo.

Di sicuro è importante valutare il diverso andamento delle quotazioni di borsa cinesi ed americane a confronto, soprattutto nella fase di ripresa. Come si vede in figura 43, appare chiaro che la caduta di borsa subita dagli Stati Uniti è stata molto più decisa rispetto a quella subita dalla borsa di Hong Kong.

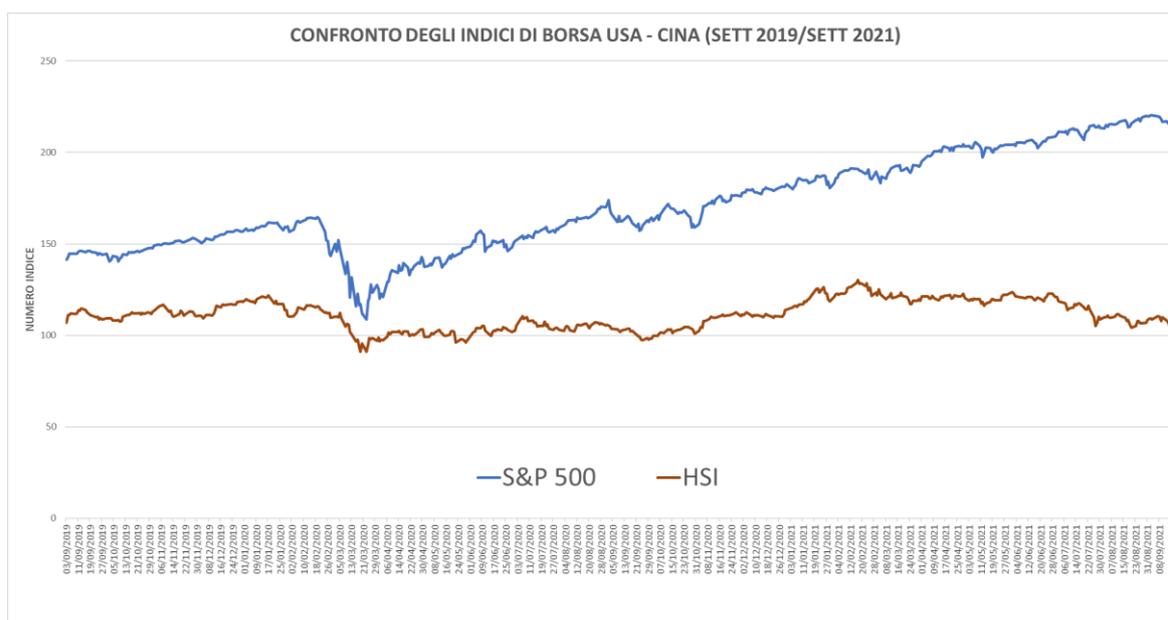


Figura 44: andamento delle borse americana e cinese durante la pandemia.

Questa situazione può essere spiegata con riferimento al fatto che la Cina, a marzo del 2020, fosse in una situazione sanitaria ampiamente sotto controllo almeno per quanto noto. Questo non è vero né per gli Stati Uniti, né per gli altri stati europei in cui l'epidemia aveva appena iniziato a dilagare senza controllo. Tuttavia, in seguito alle giornate di grosse perdite sulla capitalizzazione di borsa, gli Stati Uniti hanno raggiunto una buona ripresa, mentre la borsa cinese ha mantenuto più o meno costante la sua capitalizzazione. Questo è da intendersi come un buon segnale per gli investitori nella borsa di New York che hanno visto seppur gradualmente ricapitalizzare il mercato dello S&P 500, vedendo le loro azioni riacquistare valore e in alcuni casi crescere di valore, come per Amazon, Bloomberg e altri colossi mondiali che hanno beneficiato della situazione pandemica.

Il confronto tra la borsa di New York e l'indice Bovespa è altrettanto interessante per quanto accennato: la borsa americana influenza fortemente l'andamento della borsa brasiliana. Infatti, il picco negativo risulta assolutamente sincrona e anche le fasi di ripresa sembrano bilanciarsi, seppure su due livelli diversi, essendo la borsa brasiliana in forte espansione di capitalizzazione. Questo assetto della borsa brasiliana la rende meno stabile nella crescita e

la fa oscillare anche tra alcuni ribassi a cicli alterni come si vede molto bene dal grafico in figura 44.

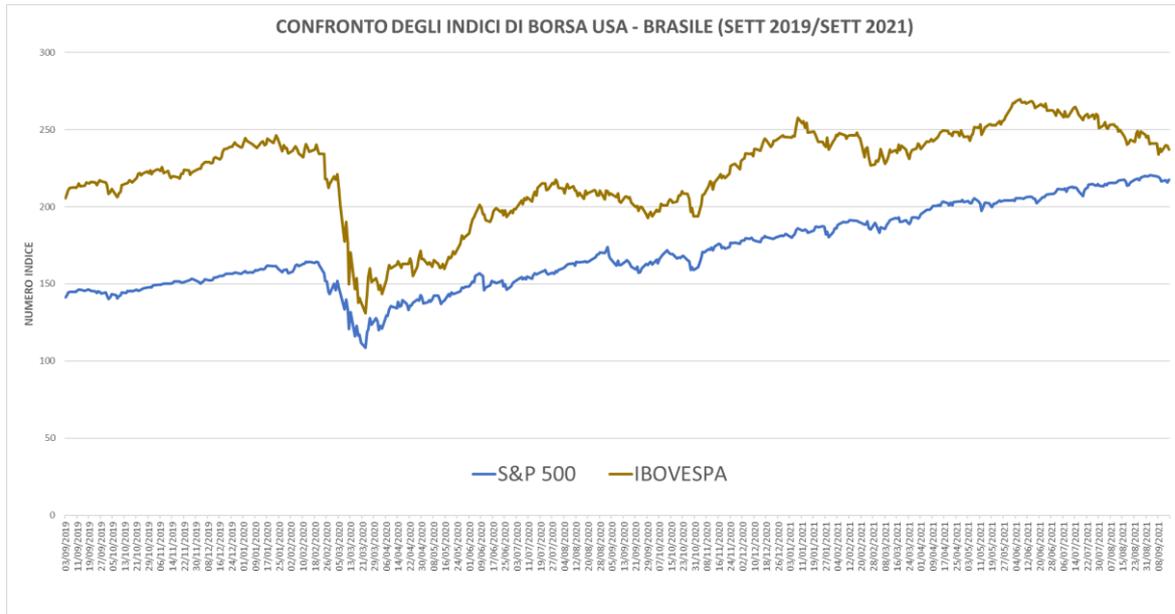


Figura 45: andamento delle borse americana e brasiliana durante la pandemia.

In ultimo, possono essere confrontabili per completezza anche l'andamento di borsa americano e l'andamento di borsa del BSE Sensex. In figura 45 si nota un andamento abbastanza simile segnato da due cadute di borsa in cui quella dello S&P anticipa quella del BSE Sensex. Nonostante questa differenza, la ripresa della borsa indiana, a differenza di

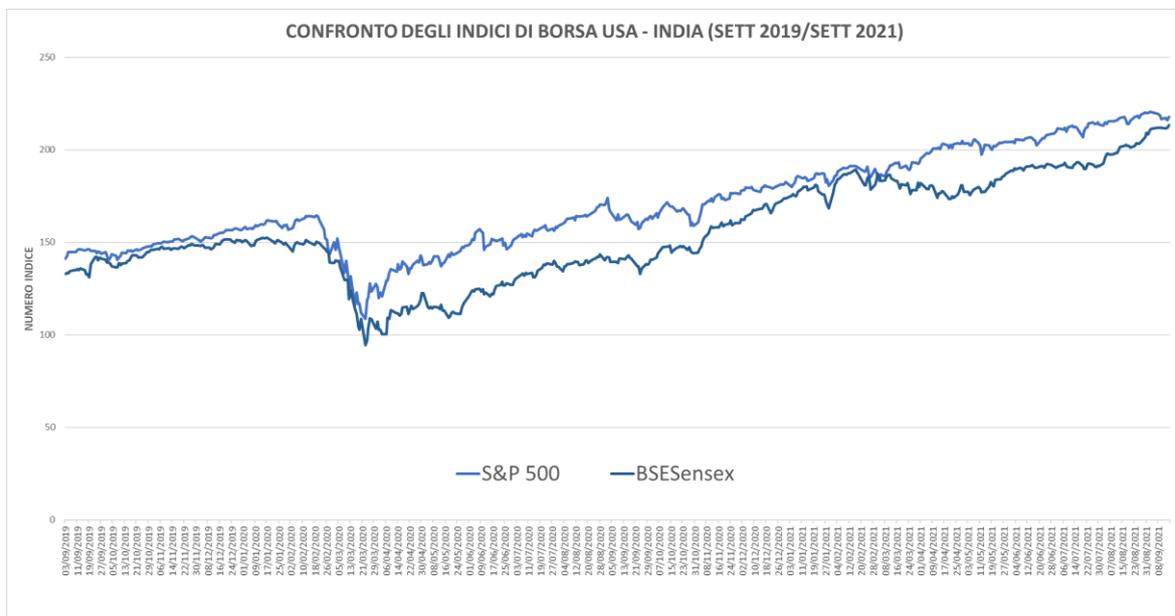


Figura 46: andamento delle borse americana ed indiana.

quella della borsa cinese, è in forte ripresa assolutamente paragonabile a quella brasiliana, come si vede nel grafico in figura 46 di seguito.

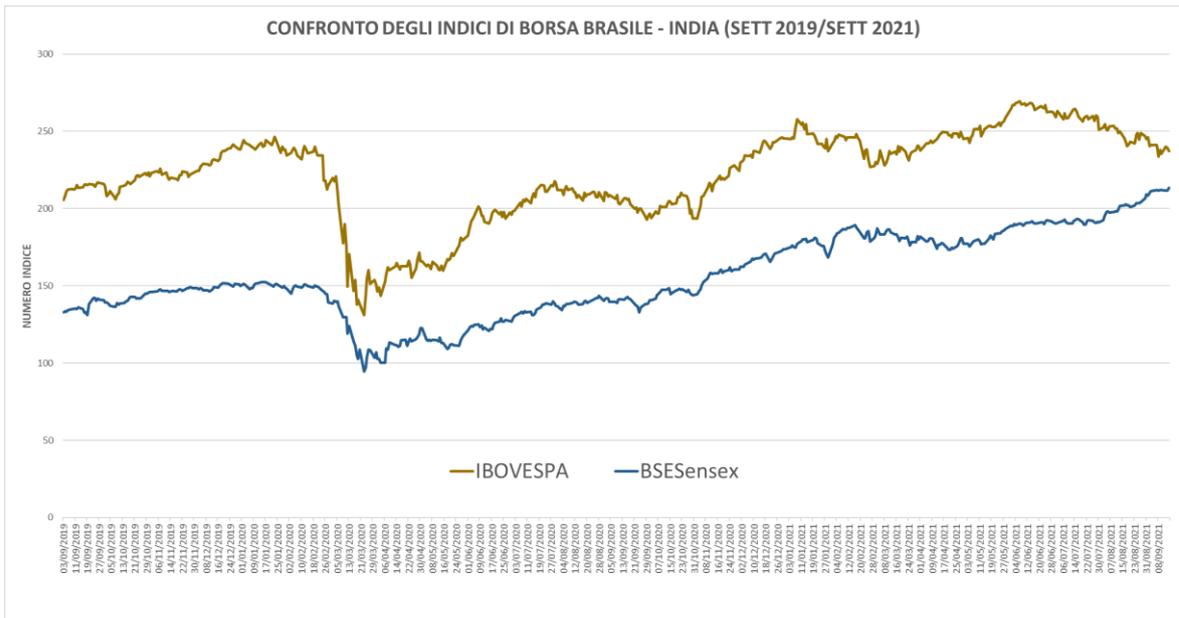


Figura 48: andamento delle borse brasiliana ed indiana durante la pandemia.

Resta da valutare l'andamento della borsa degli altri principali indici borsistici a livello globale. Rispetto a quanto detto in merito alla Cina restano solo da aggiungere due paralleli rispetto ai paesi emergenti come Brasile ed India. In entrambi i casi si può notare come i mercati finanziari emergenti dei due paesi in questione siano correlati in rapporti diverse al mercato cinese. Infatti, attualmente la Cina è uno dei paesi più grandi investitori nelle valute estere e in generale sui mercati di tutto il mondo, incluso quello americano che ha molti debito verso la Cina. Questo è il motivo sostanziale per cui sia l'India che il Brasile siano fortemente correlati all'andamento della borsa e dell'economia cinese come si vede per il picco negativo in figura 47 e 48. Nonostante la forte correlazione, i

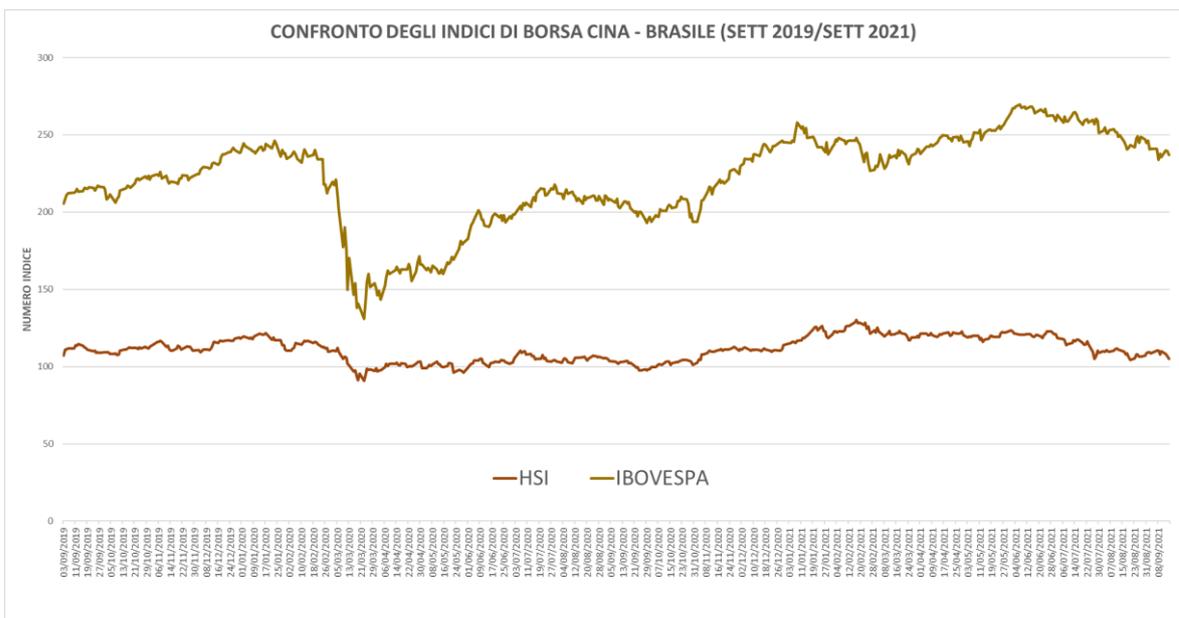


Figura 47: andamento delle borse cinese e brasiliana durante la pandemia.

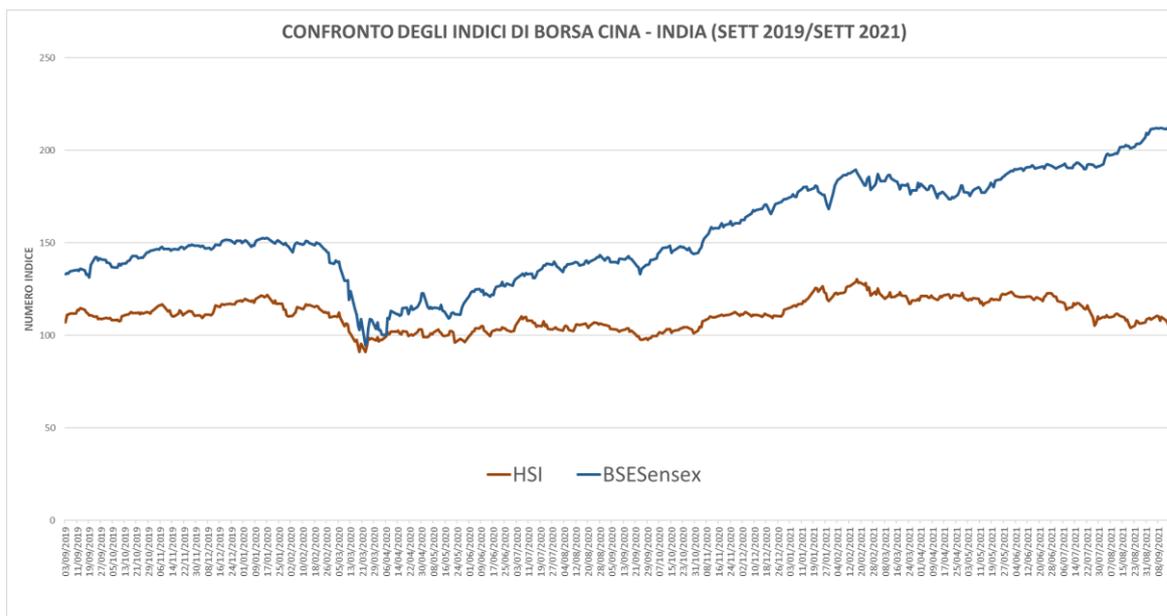


Figura 49: andamento delle borse cinese ed indiana durante la pandemia.

mercati del Bovespa e del BSE Sensex restano in più forte crescita rispetto a quello cinese, già cresciuto moltissimo negli ultimi venti anni.

#### 4. Analisi delle correlazioni tra i diversi indici di borsa

Prima di passare allo studio delle variabili che hanno influenzato gli indici di borsa tramite modello matematico è necessario esplicitare le correlazioni tra i vari indici di borsa per poter comprendere in che misura si possano fare dei confronti tra i vari indici di borsa e in che misura si debba depurare il dataset per ottenere modelli con maggiore fit rispetto a tali dati. Sono state calcolate le correlazioni tra gruppi di paesi diversi in diversi periodi, comunque inseriti tra il 2015 e il 2021.

##### 4.1 Analisi delle correlazioni su tutto il periodo (2015 – 2021)

Le correlazioni calcolate su tutto il periodo considerando tutti i paesi in una matrice “n\*n” servono come un modello benchmark con cui poter confrontare le variazioni incorse nel calcolo delle correlazioni. Il periodo considerato è sufficientemente ampio da poter essere riferito come benchmark e i suoi sottoinsiemi permettono un confronto consono.

A questo proposito si riporta in tabella 12 la matrice delle correlazioni su cui è possibile effettuare alcune riflessioni. Di primo acchito emerge come l’indice S&P 500 abbia le maggiori correlazioni con le borse di tutti i paesi in via di sviluppo quali Brasile, India e

CORRELAZIONE TOTALE	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
S&P 500	1,00	0,52	0,87	0,81	0,14	-0,42	0,63	0,52	0,07	0,93	0,97	0,97
FTSE MIB	0,52	1,00	0,77	0,85	0,48	0,47	0,93	0,65	0,50	0,47	0,59	0,43
DAX 30	0,87	0,77	1,00	0,94	0,46	0,02	0,88	0,67	0,29	0,79	0,87	0,65
CAC 40	0,81	0,85	0,94	1,00	0,58	0,15	0,92	0,70	0,21	0,78	0,85	0,76
FTSE 100	0,14	0,48	0,46	0,58	1,00	0,59	0,56	0,67	-0,02	0,24	0,24	0,09
IBEX 35	-0,42	0,47	0,02	0,15	0,59	1,00	0,41	0,24	0,40	-0,41	-0,30	-0,51
€ STOXX 50	0,63	0,93	0,88	0,92	0,56	0,41	1,00	0,61	0,48	0,55	0,67	0,54
HSI	0,52	0,65	0,67	0,70	0,67	0,24	0,61	1,00	0,19	0,60	0,59	0,43
SSEC	0,07	0,50	0,29	0,21	-0,02	0,40	0,48	0,19	1,00	-0,07	0,06	-0,04
IBOVESPA	0,93	0,47	0,79	0,78	0,24	-0,41	0,55	0,60	-0,07	1,00	0,93	0,95
BSES	0,97	0,59	0,87	0,85	0,24	-0,30	0,67	0,59	0,06	0,93	1,00	0,94
MOEX	0,97	0,43	0,65	0,76	0,09	-0,51	0,54	0,43	-0,04	0,95	0,94	1,00

Tabella 12: matrice delle correlazioni sul periodo 2015 - 2021.

Russia. Questo è da ricondurre al fatto che le economie in fase di sviluppo fanno leva sugli investimenti provenienti da economie solide e sviluppate come quella statunitense. Inoltre, lo S&P 500 risulta fortemente correlato agli indici di borsa di Parigi e Francoforte, molto di più che con l'indice di Londra che però valutando la quinta colonna della tabella a doppia entrata risulta scarsamente correlata a tutti gli altri indici.

Per tutti gli indici di borsa europei si nota una buona correlazione con l'indice rappresentativo Euro Stoxx 50 con valori quasi tutti sopra il 50%. Tuttavia, oltre a segnalare la correlazione modesta che la borsa di Londra possiede anche con le altre borse europee, va fatto un discorso analogo per l'indice IBEX 35. Questo è da imputare ad un mercato finanziario che in Spagna non è sviluppato come in altri paesi europei. A proposito dell'indice di borsa di Madrid si può notare che questo abbia addirittura delle correlazioni negative con gli indici di borsa di Brasile, India e Russia con valori assoluti anche piuttosto consistenti, quindi non trascurabili.

Un indice, invece, poco significativo rispetto alle correlazioni con gli altri indici risulta essere l'SSE Composite che, probabilmente per la sua natura composita come suggerisce il nome, non rispecchia al meglio la composizione borsistica degli altri indici per tipologia di settori. In particolare, l'indice è poco significativo poiché ha delle correlazioni molto basse e a tratti molto vicine allo zero. Questo è un primo segnale che ci porta ad escludere dall'analisi successive l'indice di Shanghai, facendo rappresentare la Cina dal solo indice di Hong Kong.

Trascurando l'indice suddetto, si nota come la Cina con l'indice HSI abbia correlazioni sostanziose con tutti gli altri indici di borsa, ad eccezione dell'indice FTSE 100 e del MOEX per cui si rileva una correlazione più contenuta.

Infine, parlando degli altri tre paesi in via di sviluppo come Russia, India e Brasile si può affermare che le correlazioni siano più che medie rispetto a tutti i principali indici borsistici internazionali. Questa correlazione sostanzialmente trasversale è posseduta anche dall'indice di rappresentanza dell'Unione Europea che mostra buoni valori di correlazione.

## 4.2 Analisi delle correlazioni sul periodo precedente alla pandemia (2015 – 2019)

Per poter valutare l'incidenza della pandemia sulle correlazioni tra i vari indici di borsa considerati è necessario fare un parallelo tra la matrice delle correlazione benchmark, la matrice delle correlazioni del periodo antecedente alla pandemia e del periodo di pandemia. Per fare questo si iniziano a valutare le differenze tra la matrice delle correlazioni del periodo dal 2015 al 2019 in cui della futura pandemia non si sapeva ancora nulla e la matrice delle correlazioni benchmark. Per questo tipo di confronto risulta interessante analizzare i paesi sviluppati separatamente dai paesi in via di sviluppo. Infatti, per i paesi sviluppati si può notare dalla tabella 13 che eliminando gli anni della pandemia le correlazioni diminuiscono per entità, anche se non in modo omogeneo. In particolare, le coppie di indici che non

CORRELAZIONE TOTALE	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50
S&P 500	1,00	0,52	0,87	0,81	0,14	-0,42	0,63
FTSE MIB	0,52	1,00	0,77	0,85	0,48	0,47	0,93
DAX 30	0,87	0,77	1,00	0,94	0,46	0,02	0,88
CAC 40	0,81	0,85	0,94	1,00	0,58	0,15	0,92
FTSE 100	0,14	0,48	0,46	0,58	1,00	0,59	0,56
IBEX 35	-0,42	0,47	0,02	0,15	0,59	1,00	0,41
€ STOXX 50	0,63	0,93	0,88	0,92	0,56	0,41	1,00

CORRELAZIONE ANTE 2020	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50
S&P 500	1,00	0,38	0,75	0,86	0,77	-0,14	0,46
FTSE MIB	0,38	1,00	0,69	0,74	0,45	0,73	0,90
DAX 30	0,75	0,69	1,00	0,93	0,90	0,44	0,85
CAC 40	0,86	0,74	0,93	1,00	0,83	0,34	0,84
FTSE 100	0,77	0,45	0,90	0,83	1,00	0,27	0,66
IBEX 35	-0,14	0,73	0,44	0,34	0,27	1,00	0,76
€ STOXX 50	0,46	0,90	0,85	0,84	0,66	0,76	1,00

Tabella 13: confronto per i paesi sviluppati tra le matrici di correlazione riferite al periodo 2015 - 2021 (in alto) e 2015 - 2019 (in basso).

seguono questo filone sono quelle con i bordi in nero. In aggregato si può valutare che i comportamenti in controtendenza si hanno principalmente per la borsa di Londra e quella di Madrid. Approfondendo, la correlazione tra il CAC 40 e lo S&P 500 diminuisce una quantità molto contenuta, mentre le altre variazioni di correlazione sono da tenere in conto. In soldoni, per gli indici evidenziati sembra che i movimenti sincroni rispetto agli altri indici diminuiscano considerando anche gli anni della pandemia. In generale, si può dire che la media delle correlazioni per i paesi sviluppati considerando i due diversi periodi aumenta da 0,27 a 0,32 e i movimenti opposti delle borse (segnalati con correlazioni negative) diminuiscono notevolmente senza annullarsi per la coppia IBEX 35 – S&P 500.

Facendo lo stesso parallelismo per i paesi in via di sviluppo, come in tabella 14, si nota che questi indici sono molto più allineati in fatto di correlazione pur considerando due periodi storici molto diversi. Infatti, nelle caselle bordate di nero si ha un aumento della correlazione

<b>CORRELAZIONE TOTALE</b>	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
HSI	1,00	0,19	0,60	0,59	0,43
SSEC	0,19	1,00	-0,07	0,06	-0,04
IBOVESPA	0,60	-0,07	1,00	0,93	0,95
BSES	0,59	0,06	0,93	1,00	0,94
MOEX	0,43	-0,04	0,95	0,94	1,00
<b>CORRELAZIONE ANTE 2020</b>	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
HSI	1,00	0,11	0,68	0,76	0,52
SSEC	0,11	1,00	-0,39	-0,38	-0,52
IBOVESPA	0,68	-0,39	1,00	0,94	0,95
BSES	0,76	-0,38	0,94	1,00	0,88
MOEX	0,52	-0,52	0,95	0,88	1,00

Tabella 14: confronto per i paesi in via di sviluppo tra le matrici di correlazione riferite al periodo 2015 - 2021 (in alto) e 2015 - 2019 (in basso).

tra gli indici considerando solo gli anni che precedono l'avvento del Covid-19, ma tali aumenti sono molto contenuti se non assenti. L'unico dato più significativo che può discriminare i due periodi diversi considerati è relativo alla coppia BSE Sensex – Hang Seng Index che cresce di circa 17 punti in percentuale. Anche in questo grafico si nota che l'indice cinese SSE Composite è l'unico ad essere distonico rispetto al gruppo di indici dei paesi in via di sviluppo, mostrando una correlazione su tutto il periodo molto spesso vicino allo zero e nel periodo precedente alla pandemia sempre negativa. Quest'ultima evidenza porta ad affermare che negli anni antecedenti alla pandemia ogni volta che l'indice in questione aumentava, gli altri indici diminuivano e viceversa. Ecco perché la tendenza ad escluderlo dalle analisi future si fa concreta.

In generale, si può dire che la media delle correlazioni per i paesi sviluppati considerando i due diversi periodi diminuisce da 0,23 a 0,18, ma eliminando l'indice di Shanghai dal calcolo la media delle correlazioni aumenta da 0,74 a 0,79.

In conclusione, si può dire che la tendenza delle correlazioni tra i vari indici tende ad aumentare considerando anche gli anni della pandemia con alcune eccezioni. Questo significa che gli ultimi due anni trascorsi hanno portato i mercati finanziari a muoversi in modo sincrono e con andamenti comunque fortemente correlati rispetto agli aumenti o alle diminuzioni degli indici di borsa.

### 4.3 Analisi delle correlazioni sul periodo della pandemia (2020 – 2021)

A questo punto del discorso diventa rilevante valutare cosa succede alle correlazioni tra i vari indici di borsa proprio durante gli ultimi due anni caratterizzati dal corso della pandemia. Dalla tabella numero 15 un dato emerge in modo netto: tutti i coefficienti di correlazione tra qualsiasi coppia di indici considerata, nessuna esclusa, sono aumentati nel periodo di interesse. Questo fatto può essere spiegato in parte con riferimento alla matematica di base,

CORRELAZIONE 2020/2021	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
S&P 500	1,00	0,88	0,96	0,90	0,68	0,64	0,92	0,65	0,86	0,88	0,96	0,97
FTSE MIB	0,88	1,00	0,94	0,99	0,92	0,91	0,99	0,77	0,66	0,93	0,90	0,93
DAX 30	0,96	0,94	1,00	0,95	0,79	0,74	0,97	0,70	0,81	0,93	0,93	0,96
CAC 40	0,90	0,99	0,95	1,00	0,91	0,89	0,99	0,73	0,66	0,92	0,91	0,95
FTSE 100	0,68	0,92	0,79	0,91	1,00	0,97	0,90	0,74	0,41	0,85	0,72	0,78
IBEX 35	0,64	0,91	0,74	0,89	0,97	1,00	0,87	0,75	0,37	0,82	0,70	0,74
€ STOXX 50	0,92	0,99	0,97	0,99	0,90	0,87	1,00	0,74	0,71	0,93	0,92	0,95
HSI	0,65	0,77	0,70	0,73	0,74	0,75	0,74	1,00	0,63	0,82	0,73	0,70
SSEC	0,86	0,66	0,81	0,66	0,41	0,37	0,71	0,63	1,00	0,77	0,86	0,80
IBOVESPA	0,88	0,93	0,93	0,92	0,85	0,82	0,93	0,82	0,77	1,00	0,90	0,90
BSES	0,96	0,90	0,93	0,91	0,72	0,70	0,92	0,73	0,86	0,90	1,00	0,96
MOEX	0,97	0,93	0,96	0,95	0,78	0,74	0,95	0,70	0,80	0,90	0,96	1,00

Tabella 15: matrice delle correlazioni sul periodo 2020 - 2021.

perché essendoci meno coppie di quotazioni da includere nel calcolo su due anni anziché su sei anni è più raro trovare situazioni economico-politiche discordanti tra due paesi. Tuttavia, le differenze sono significative in molti casi e questo si può spiegare pensando alla potenza pervasiva di una crisi pandemica che, non essendo circoscritto, ha portato i mercati finanziari di tutto il mondo verso le stesse reazioni degli investitori.

Scendendo nel dettaglio si può notare come il valore massimo di correlazione ci sia tra l'indice di borsa europeo e quello francese che riportano un coefficiente di correlazione quasi pari ad uno (0,99). Questo dato però è poco interessante perché tipicamente l'indice di borsa europeo deve essere rappresentativo dei mercati finanziari di tutti i paesi membri, altrimenti è mal costruito. Anche il dato sul coefficiente minimo di correlazione risulta poco interessante perché lo troviamo in corrispondenza della coppia IBEX 35 – SSE Composite, già noti come indici poco legati agli andamenti generali delle altre borse e spesso in controtendenza.

Un dato molto più interessante può essere, invece, l'altissima correlazione tra l'indice S&P 500 e tutti gli indici europei. Infatti, il vecchio e il nuovo continente seppure legati non hanno serie storiche di così alta correlazione molto frequentemente nella storia economica.

Come già accennato precedentemente, il dato della Cina conferma che questo paese abbia portato le proprie sorti a distinguersi rispetto a quelle del mondo durante la pandemia, nonostante sia stato il primo paese ad avere a che fare con il morbo.

In ultima istanza si può far notare che anche l'indice composito SSE riporta una correlazione sempre positiva durante gli anni 2020 e 2021, nonostante la correlazione dello stesso indice, mostrata in tabella 12, presentasse ripetutamente delle correlazioni negative. Un discorso analogo può essere fatto per l'indice di Madrid, ma in misura minore.

Riassumendo il concetto di fondo, per le analisi successive ci si sente autorizzati a trattare insieme tutti gli indici di borsa alla ricerca delle variabili che ne hanno maggiormente influenzato l'andamento, escludendo l'indice SSE Composite.

#### **4.4 Analisi delle correlazioni per trimestre dell'anno 2020**

In questo ultimo paragrafo del presente capitolo il focus sulle matrici di correlazioni sarà il più stretto possibile: si pone l'obiettivo di indagare come siano cambiate le correlazioni a cavallo di ogni trimestre del 2020, anno della pandemia.

Di seguito, in tabella 16 si riportano le matrici delle correlazioni di ogni trimestre, poiché la matrice di un singolo trimestre da sola non è confrontabile con le matrici di correlazione nelle altre tabelle, a causa di una differenza importante nel numero di dati considerati.

Considerando solo i primi due trimestri si nota come tutti i coefficienti di correlazione siano più elevati nel primo trimestre, anziché nel secondo. Questo fatto può essere logicamente giustificato pensando alla situazione degli ultimi mesi di primavera del 2020 in cui la situazione in tutto il mondo iniziava ad essere molto variegata. Infatti, a partire da metà maggio in poi iniziarono a cedere i primi divieti, le limitazioni alla circolazione e alle attività commerciali. Questo comportò una situazione variegata che ha da subito fatto vedere il suo effetto sugli indici di borsa. Quanto appena spiegato risulta ancora più accentuato in riferimento al terzo trimestre del 2020, quando in piena estate l'emergenza sanitaria sembrava ormai un ricordo e i divieti cessarono quasi tutti in molte parti del mondo. Così il destino dei mercati finanziari, fino a qualche mese prima legati dal filo rosso dell'epidemia globale, ricominciarono a segnare ognuno i propri andamenti in modo più indipendente. Tant'è che si possono notare nella terza parte della tabella dei coefficienti di correlazione anche negativi in taluni punti, soprattutto non riferiti a specifici indici di borsa; si può parlare di un comportamento diffuso. Ultima ed ulteriore conferma di questo trend globale si ha considerando gli ultimi mesi del 2020, in cui la situazione pandemica si aggrava nuovamente a livello mondiale riunendo un po' sotto lo stesso andamento tutti i principali indici di borsa.

Riassumendo, si può parlare di una vera e propria reazione unitaria delle borse alla pandemia e questo ci spinge nel capitolo successivo ad indagare quali variabili abbiano influito sull'andamento delle borse di tutto il mondo.

CORRELAZIONE TRIM1 2020	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
S&P 500	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,94	0,62	0,99	0,97	0,97
FTSE MIB	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,92	0,59	0,97	0,95	0,98
DAX 30	0,98	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,95	0,61	0,98	0,95	0,99
CAC 40	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,95	0,63	0,98	0,95	0,99
FTSE 100	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	0,98	0,99	0,96	0,64	0,99	0,95	0,99
IBEX 35	0,98	1,00	0,99	0,99	0,98	1,00	0,99	0,94	0,61	0,98	0,96	0,98
€ STOXX 50	0,98	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,95	0,62	0,98	0,95	0,99
HSI	0,94	0,92	0,95	0,95	0,96	0,94	0,95	1,00	0,80	0,96	0,96	0,94
SSEC	0,62	0,59	0,61	0,63	0,64	0,61	0,62	0,80	1,00	0,66	0,70	0,61
IBOVESPA	0,99	0,97	0,98	0,98	0,99	0,98	0,98	0,96	0,66	1,00	0,98	0,97
BSES	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,95	0,96	0,70	0,98	1,00	0,95
MOEX	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,94	0,61	0,97	0,95	1,00

CORRELAZIONE TRIM2 2020	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
S&P 500	1,00	0,86	0,96	0,90	0,96	0,79	0,90	0,51	0,84	0,91	0,85	0,84
FTSE MIB	0,86	1,00	0,96	0,98	0,90	0,95	0,98	0,55	0,81	0,95	0,86	0,84
DAX 30	0,96	0,96	1,00	0,98	0,96	0,89	0,98	0,52	0,85	0,98	0,87	0,89
CAC 40	0,90	0,98	0,98	1,00	0,92	0,95	0,99	0,57	0,81	0,96	0,88	0,83
FTSE 100	0,96	0,90	0,96	0,92	1,00	0,83	0,92	0,51	0,81	0,90	0,82	0,89
IBEX 35	0,79	0,95	0,89	0,95	0,83	1,00	0,93	0,51	0,64	0,88	0,74	0,77
€ STOXX 50	0,90	0,98	0,98	0,99	0,92	0,93	1,00	0,57	0,82	0,97	0,86	0,84
HSI	0,51	0,55	0,52	0,57	0,51	0,51	0,57	1,00	0,62	0,51	0,60	0,36
SSEC	0,84	0,81	0,85	0,81	0,81	0,64	0,82	0,62	1,00	0,86	0,87	0,74
IBOVESPA	0,91	0,95	0,98	0,96	0,90	0,88	0,97	0,51	0,86	1,00	0,89	0,83
BSES	0,85	0,86	0,87	0,88	0,82	0,74	0,86	0,60	0,87	0,89	1,00	0,69
MOEX	0,84	0,84	0,89	0,83	0,89	0,77	0,84	0,36	0,74	0,83	0,69	1,00

CORRELAZIONE TRIM3 2020	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
S&P 500	1,00	-0,04	0,57	0,03	-0,46	-0,43	0,04	-0,10	0,37	0,14	0,83	0,77
FTSE MIB	-0,04	1,00	0,56	0,87	0,84	0,85	0,96	0,68	0,18	0,54	0,05	-0,03
DAX 30	0,57	0,56	1,00	0,66	0,16	0,15	0,68	0,13	0,13	0,19	0,67	0,35
CAC 40	0,03	0,87	0,66	1,00	0,72	0,79	0,96	0,66	0,13	0,32	0,08	-0,11
FTSE 100	-0,46	0,84	0,16	0,72	1,00	0,91	0,77	0,62	-0,03	0,36	-0,38	-0,29
IBEX 35	-0,43	0,85	0,15	0,79	0,91	1,00	0,82	0,77	0,07	0,40	-0,38	-0,41
€ STOXX 50	0,04	0,96	0,68	0,96	0,77	0,82	1,00	0,68	0,19	0,44	0,11	-0,06
HSI	-0,10	0,68	0,13	0,66	0,62	0,77	0,68	1,00	0,56	0,43	-0,14	-0,08
SSEC	0,37	0,18	0,13	0,13	-0,03	0,07	0,19	0,56	1,00	0,35	0,25	0,35
IBOVESPA	0,14	0,54	0,19	0,32	0,36	0,40	0,44	0,43	0,35	1,00	0,22	0,16
BSES	0,83	0,05	0,67	0,08	-0,38	-0,38	0,11	-0,14	0,25	0,22	1,00	0,74
MOEX	0,77	-0,03	0,35	-0,11	-0,29	-0,41	-0,06	-0,08	0,35	0,16	0,74	1,00

CORRELAZIONE TRIM4 2020	S&P 500	FTSE MIB	DAX 30	CAC 40	FTSE 100	IBEX 35	€ STOXX 50	HSI	SSEC	IBOVESPA	BSES	MOEX
S&P 500	1,00	0,95	0,90	0,94	0,95	0,93	0,96	0,88	0,88	0,95	0,94	0,95
FTSE MIB	0,95	1,00	0,88	0,99	0,97	0,99	0,98	0,91	0,86	0,91	0,93	0,95
DAX 30	0,90	0,88	1,00	0,87	0,89	0,84	0,94	0,68	0,76	0,80	0,79	0,86
CAC 40	0,94	0,99	0,87	1,00	0,98	0,99	0,98	0,93	0,85	0,89	0,92	0,94
FTSE 100	0,95	0,97	0,89	0,98	1,00	0,98	0,98	0,88	0,80	0,91	0,93	0,97
IBEX 35	0,93	0,99	0,84	0,99	0,98	1,00	0,97	0,92	0,84	0,90	0,93	0,95
€ STOXX 50	0,96	0,98	0,94	0,98	0,98	0,97	1,00	0,86	0,84	0,88	0,90	0,94
HSI	0,88	0,91	0,68	0,93	0,88	0,92	0,86	1,00	0,84	0,87	0,91	0,86
SSEC	0,88	0,86	0,76	0,85	0,80	0,84	0,84	0,84	1,00	0,81	0,81	0,79
IBOVESPA	0,95	0,91	0,80	0,89	0,91	0,90	0,88	0,87	0,81	1,00	0,98	0,96
BSES	0,94	0,93	0,79	0,92	0,93	0,93	0,90	0,91	0,81	0,98	1,00	0,96
MOEX	0,95	0,95	0,86	0,94	0,97	0,95	0,94	0,86	0,79	0,96	0,96	1,00

Tabella 16: confronto per tutti i paesi tra le matrici di correlazione riferite ad ogni trimestre del 2020.

## **Econometria e modelli di regressione**

Il presente lavoro di tesi si pone l'obiettivo di carpire dai dati a disposizione le correlazioni tra le variabili descrittive della situazione pandemica (dal punto di vista sanitario, economico e sociale) e l'andamento dei mercati finanziari dei paesi più gravemente colpiti dal Coronavirus. Per effettuare la suddetta analisi, si propone un'analisi di regressione multipla e non lineare per cogliere gli effetti del contagio sui vari mercati finanziari con l'ausilio del software STATA. In questo capitolo, si osserva la struttura di questo tipo di analisi in tutte le sue fasi che saranno meglio illustrate, passo dopo passo, nei capitoli dedicati all'analisi e all'elaborazione dei dati.

### **1. La natura e lo scopo dell'econometria**

L'econometria attraversa un campo di studi in cui metodi matematici e statistici sono applicati ai dati economici al fine di rispondere a domande di natura economica. L'econometria fornisce gli strumenti necessari per sciogliere alcuni nodi interrogativi tra cui:

- A. Quantificare le relazioni causali tra variabili, cioè spiegare o predire gli effetti su una variabile dipendente (Y) risultanti da una variazione in una variabile indipendente X.
- B. Quantificare le grandezze rilevanti per le imprese o per il mercato per gli investitori e per le autorità pubbliche.
- C. Prevedere l'andamento futuro di queste grandezze economiche rilevanti in analisi.

### **2. L'aspetto operativo dell'econometria**

Idealmente, la branca dell'econometria per ottenere risultati inappellabili richiederebbe lo svolgimento di esperimenti con importanti caratteristiche. Tuttavia, si devia spesso verso l'analisi di dati osservazionali ed empirici. In un modo ideale si dovrebbe condurre un esperimento controllato e casualizzato. Un esperimento controllato dovrebbe essere condotto avendo la possibilità di distinguere la popolazione dei dati in un gruppo di controllo e un gruppo di trattamento, dove il primo deve poter essere esulato dagli effetti di cui si vuole analizzare l'origine causale. Un esperimento casualizzato, invece, dovrebbe prevedere l'assegnazione degli effetti che si vogliono analizzare in modo casuale, cioè non dovrebbe potersi scegliere a quale elemento o soggetto attribuire gli effetti in questione.

In economia, questo tipo di esperimenti con le suddette caratteristiche sono quasi impossibili da realizzare e si effettuano quindi analisi su dati osservazionali che portano con sé delle problematiche: effetti perturbativi, fattori omessi e casualità simultanea di più variabili.

In tutta l'econometria e anche nel presente lavoro di tesi si propone un modello empirico da seguire per l'analisi che si articola in sei fasi:

1. Stima iniziale del modello econometrico o di una teoria economica
2. Specificazione del modello econometrico
3. Raccolta dei dati economici
4. Stima effettiva del modello econometrico
5. Controllo della corretta specificazione del modello econometrico (ed eventuale ri-specificazione)
6. Utilizzo del modello per:
  - i) Verifica delle ipotesi
  - ii) Previsioni del modello
  - iii) Simulazione di scenari alternativi

## **2.1. Stima iniziale del modello econometrico o di una teoria economica**

Un modello economico è una relazione tra due variabili espressa da una funzione matematica. Nel caso di specie si cercherà un modello economico che descriva l'andamento degli indici generali di borsa presi in considerazione in funzione di variabili continue e discrete come l'andamento del contagio e gli annunci dei vari lockdown nazionali.

## **2.2. Specificazione del modello econometrico**

Questa seconda fase prende avvio con la selezione delle variabili indipendenti da includere nel modello econometrico in questione. Di seguito, si deve cercare di intuire una forma funzionale del modello che, in realtà, sarà poi ottenuta definitivamente tramite una procedura ricorsiva che permette di aggiungere o togliere le variabili utili o inutili e di modificare anche la forma funzionale delle stesse variabili, ad esempio passando da una forma lineare ad una forma quadratica.

In questa fase è anche necessario fare delle assunzioni sull'errore di stima del modello indicato con il termine  $\varepsilon$ : l'errore è da intendersi come una variabile casuale di cui bisogna ipotizzare il valore atteso e, talvolta, la distribuzione di probabilità.

In questa tesi, si predilige come modello per la stima dei termini di regressione quello dei minimi quadrati ordinari. Il modello OLS (“ordinary least squares”) per trovare i parametri della regressione opera una minimizzazione dell’errore quadratico della stima del modello. In pratica, si stimano i parametri confrontando il valore stimato dal modello di regressione con i parametri (ancora incogniti) con il valore effettivo della variabile dipendente stimata; i valori dei parametri sono quelli che minimizzano l’errore quadratico di stima del modello.

### 2.3. Raccolta dei dati economici

I parametri del modello non sono noti a priori. È quindi necessario stimarli utilizzando dei dati campionari disponibili. Tramite la raccolta dati è possibile scegliere diversi tipi di campione quali:

- Dati cross-sezionali: dati relativi a più elementi (imprese, consumatori, lavoratori, regioni, nazioni) osservati in un solo periodo (anno, trimestre, mese, settimana, giorno).
- Serie temporale: dati relativi ad un singolo elemento osservati per più di un periodo.
- Dati panel: dati relativi a più elementi osservati per più di un periodo.

Nel caso di specie saranno utilizzati dati panel relativi a più mercati finanziari e osservati su più periodi di tempo.

### 2.4. Stima effettiva del modello econometrico

Per stimare effettivamente il modello econometrico si devono utilizzare appropriati metodi di stima allo scopo di ottenere stime dei parametri del modello corrette e coerenti.

A livello notazionale distinguiamo i parametri del modello con  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ , eccetera e gli stimatori dei parametri del modello (quelli che si stimano utilizzando, non i dati della popolazione, ma il campione di dati osservazionali estratti con campionamento casuale semplice) con  $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2$ , eccetera.

Per valutare l’incertezza campionaria nella stima dei parametri del modello con un test di ipotesi t di Student si faccia riferimento alla distribuzione di ogni parametro data da:

$$\hat{\beta}_i \sim N\left(\beta_i; \frac{1}{n-2} * \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X}) * \hat{u}_i]^2}{n * [\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2]^2}\right)$$

Dove  $X_i$  è la variabile indipendente di cui  $\hat{\beta}_i$  stima il coefficiente.

## 2.5. Controllo della corretta specificazione del modello

La natura dei dati spesso pone vincoli sui metodi che si possono usare e sulle domande che ci si può porre

Infatti, prima di utilizzare il modello stimato è necessario controllare che le assunzioni fatte nella fase durante la fase di specificazione del modello non siano implausibili se confrontate con i dati economici che sono stati utilizzati per la stima.

Ad esempio, bisogna interrogarsi preliminarmente sul fatto se siano state omesse variabili esplicative rilevanti, se la forma funzionale sia adeguata e se le assunzioni sulla natura del termine di errore (o residuo) e dei parametri della regressione siano corrette. Tutti questi interrogativi saranno meglio sviluppati nella parte empirica di analisi sperimentale.

In generale, esistono due statistiche principali di regressione che forniscono misure complementari della bontà dell'adattamento della regressione ai dati. L' $R^2$  ("erre quadro") della regressione misura la frazione della varianza di Y (variabile dipendente) spiegata dalle X (variabili indipendenti) usate nel modello. L'errore standard della regressione (SER) misura, invece, la dimensione del residuo (o errore) di regressione nell'unità di misura della variabile dipendente Y.

Analiticamente:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{\hat{Y}})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$
$$SER = \sqrt{\frac{1}{n-2} * \sum_{i=1}^n (\hat{u}_i - \bar{\hat{u}})^2}$$

Dove  $\hat{u}_i$  è l'errore stimato nel calcolo della regressione.

Inoltre, si precisa da subito quali assunzioni debbano essere fatte affinché il metodo OLS ci consegna stimatori corretti dei parametri veri, ma ignoti della popolazione. Tali assunzioni sono quattro:

1. La distribuzione dell'errore  $u$  condizionata al realizzarsi delle variabili indipendenti  $X$  deve essere a media nulla. Quindi:

$$E[u|X = x] = 0$$

In termini grafici si veda la figura 2, che esprime come al variare della variabile indipendente  $X$ , la distribuzione dell'errore deve essere sempre a media nulla.

2. I dati devono essere indipendenti e identicamente distribuiti.

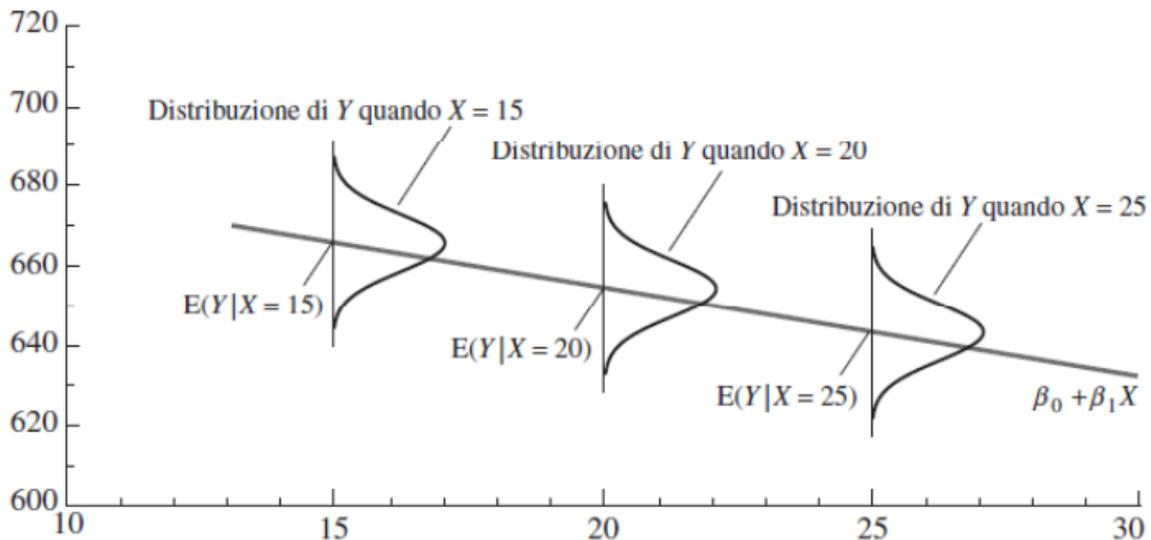


Figura 50: esempio di distribuzione del residuo condizionata al realizzarsi della variabile indipendente  $X$  con media costantemente nulla.

3. Gli outlier su entrambe le variabili devono essere rari. Questa caratteristica è tecnicamente rispecchiata da momenti quarti finiti delle variabili in gioco.

Si è più volte parlato nelle sezioni precedenti di omoschedasticità ed eteroschedasticità e di seguito sono formalmente definite. Si parla di omoschedasticità se:

$$\text{var}(u|X = x) \text{ è costante}$$

Ossia se la varianza della distribuzione di  $u$  condizionata a  $X$  non dipende dalla realizzazione della variabile indipendente stessa. In caso contrario, il residuo  $u$  è eteroschedastico e questa situazione può essere facilmente visualizzata dal punto di vista grafico come nella figura 3.

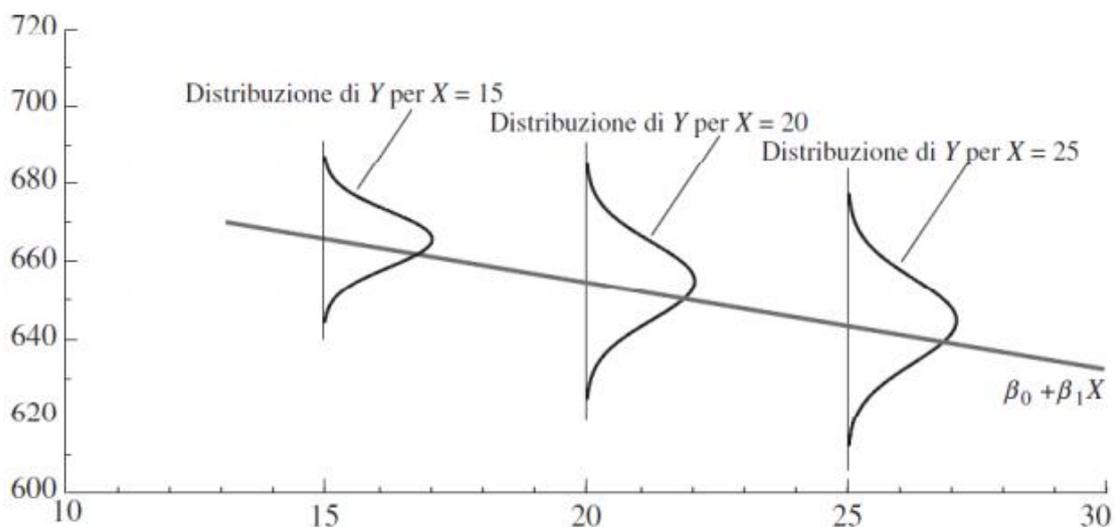


Figura 51: esempio di distribuzione del residuo condizionata al realizzarsi della variabile indipendente  $X$  con varianza non costante.

Questa condizione di eteroschedasticità comunque non intacca l'assunzione dei minimi quadrati (OLS) su:

$$E[u|X = x] = 0$$

Come detto precedentemente, l'assunzione di omoschedasticità del residuo è plausibile rispetto al set di dati che si lavorerà nel presente lavoro. In presenza di omoschedasticità la distribuzione dello stimatore subisce una semplificazione:

$$\hat{\beta}_i \sim N\left(\beta_i; \frac{\sum_{i=1}^n [(X_i - \bar{X}) * \hat{u}_i]^2}{n * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}\right)$$

Tuttavia, anche se il principale vantaggio degli errori standard per l'omoschedasticità pura è che la formula sia più semplice, lo svantaggio è che la loro formula è corretta solo se gli errori sono omoschedastici. Se gli errori sono omoschedastici o eteroschedastici e si utilizzano errori standard robusti all'eteroschedasticità, i dati risultano corretti. Quindi, si dovrebbero sempre utilizzare errori standard robusti all'eteroschedasticità di default.

## 2.6. Utilizzo del modello econometrico

L'utilizzo del modello che scaturisce dalle operazioni ricorsive di cui sopra, fino a raggiungere un modello credibile e pertinente alla realtà osservata, può essere di varia natura. Si parte dalla verifica delle ipotesi, per passare all'analisi dell'effetto causale di alcune variabili, fino ad arrivare al fare previsioni conoscendo i valori stimati dei termini di regressione.

## Modello di regressione econometrico

Come spiegato nel capitolo precedente l'econometria applicata si pone l'obiettivo di individuare le correlazioni tra una variabile dipendente ed una serie di variabili indipendenti che esplicano il loro effetto in modo diretto o indiretto, spiegando le variazioni della variabile dipendente.

Al fine di spiegare l'andamento dei mercati in seguito all'osservazione empirica delle quotazioni durante il biennio 2020-2021 si stilano diversi modelli econometrici per i diversi mercati borsistici considerati.

### 1. Il modello matematico

In termini matematici un modello di regressione lineare multipla assume la seguente forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \dots + \beta_n * X_n + u_i$$

Dove:

- $Y$  è la variabile dipendente;
- tutte le  $X_i$  sono le variabili indipendenti del modello;
- il parametro  $\beta_0$  è l'intercetta, ossia il valore di  $Y$  quando tutte le altre variabili sono pari a zero;
- tutti i  $\beta_i$  sono i coefficienti delle variabili dipendenti di cui sopra stimati dal modello di regressione;
- $u_i$  = errore del modello di regressione o residuo.

Si mira dunque a spiegare come le variabili indipendenti influenzino e regolino l'andamento del valore  $Y$  e soprattutto le sue variazioni. Nello specifico, per rendere i risultati di ogni regressione confrontabili e omogenei, si utilizzerà come variabile dipendente un numero indice di ciascuna borsa valori considerata. Per numero indice si intende un valore numerico rapportato, per coerenza, al primo giorno di apertura di ciascuna borsa dell'anno 2015. Questo stratagemma ci permette di epurare le osservazioni dalle diverse valute e dai diversi ordini di grandezza delle stesse e di rendere dunque confrontabili i diversi effetti delle variabili indipendenti considerate sulla variabile dipendente.

Per costruire un modello matematico di regressione si procede per fasi iterative aggiungendo e sostituendo variabili fino ad avere una descrizione sufficientemente accurata, in base al grado di indagine, del fenomeno in analisi.

## 2. La variabili indipendenti

Le variabili indipendenti considerate sono le medesime per ciascun indice borsistico e sono elencate di seguito perché se ne comprenda a pieno il significato logico e modellistico. Oltre a delle variabili numeriche, che sono la maggior parte, sono stati inseriti degli indici calcolati dal sito pubblico dell'Università di Oxford, che li ha costruiti con l'obiettivo di dare indicazioni su specifici aspetti della pandemia. Per ciascuno di questi indici sarà resa nota la metodologia di calcolo.

Le variabili numeriche semplici sono calcolate giornalmente e sono le seguenti:

- Numero di casi totali di infezione per milione di abitanti. → c.tot.xmln
- Numero di nuovi casi totali di infezione per milione di abitanti. → nc.tot.xmln
- Numero di decessi totali per milione di abitanti. → d.tot.xmln
- Numero di nuovi decessi totali per milione di abitanti. → nd.tot.xmln
- $R_0$  è un parametro utile a valutare l'andamento di un'epidemia provocata da una malattia infettiva, nella sua fase iniziale in assenza di interventi. Rappresenta il cosiddetto numero di riproduzione di base, ossia il numero medio di infezioni secondarie causate da ciascun individuo infetto in una popolazione che non sia mai venuta in contatto con un determinato patogeno, nel nostro caso il virus Sars-CoV-2. Nel caso in cui  $R_0$  sia pari a 1 significa che un singolo malato potrà infettare una persona, se invece è uguale a 2 ne contagerà due e così via. Maggiore è il valore di  $R_0$ , dunque, tanto più elevato è il rischio di diffusione dell'agente infettivo. → r0
- Numero di persone ricoverate in terapia intensiva per milione di abitanti. → ti.xmln
- Numero di persone ricoverate in forma semplice per milione di abitanti. → r.xmln
- Numero di tamponi totali effettuati per migliaio di abitanti. → t.tot.xk
- Numero di nuovi tamponi totali effettuati per migliaio di abitanti. → nt.tot.xk
- Tasso di positività dato dal rapporto tra nuovi tamponi effettuati e numero di persone risultate positive al test molecolare. → tp
- Numero di vaccinazioni totali per centinaio di abitanti. → vcz.tot.xh
- Numero di vaccinati in totale per centinaio di abitanti. → vct.tot.xh
- Numero di vaccinati con doppia dose in totale per centinaio di abitanti. → vct.full.tot
- Numero di nuove vaccinazioni totali per centinaio di abitanti. → nvcz.tot.xh
- Numero di vaccinati in totale per centinaio di abitanti. → nvct.tot.xh

- Numero di nuovi vaccinati con doppia dose in totale per centinaio di abitanti. →  
nvct.full.tot

Oltre alle suddette variabili, sono stati introdotti anche degli indici come variabili indipendenti. Questo è stato fatto per poter includere tante sfaccettature diverse delle conseguenze di una pandemia nell'analisi dell'andamento delle quotazioni di borsa. Infatti, gli indici in questione sono quattro e descrivono la severità della situazione sanitaria, il contenimento che si è riusciti ad imporre al dilagare del virus, la forza della risposta governativa a questo tipo di situazione emergenziale e il supporto economico fornito dalle banche centrali all'economia e dal governo nazionale ai propri abitanti maggiormente in difficoltà, alle imprese e a tutte le realtà commerciali.

In particolare, si deve approfondire la metodologia di ciascun indice che si compone come media aritmetica di altri venti sotto-indicatori che descrivono l'intensità delle misure politiche ed economiche intraprese dai governi. In primis, è necessario valutare questi indicatori per poi comporre gli indici aggregati, dandogli un significato sostanziale.

Tra i vari sotto-indicatori troviamo:

- C1 – Chiusure scolastiche. La definizione di C1 è stata impostata al livello 1 se sono imposti distanziamento sociale, limitazioni di capacità delle aule o altre precauzioni sostanziali per la salute pubblica che comportano differenze significative rispetto al solito. Ad esempio, modelli ibridi di apprendimento di persona/online per ridurre il numero di individui in una classe potrebbero giustificare un codice di 1.

Se la situazione implica che tutte le scuole siano chiuse, o le politiche in atto rendono impossibile per loro aprire e soddisfare alcuni requisiti, allora si ha un livello di C1 pari a 2.

- C2 – Chiusura del posto di lavoro. Se i luoghi di lavoro possono riaprire in base ai requisiti igienico-sanitari e di distanziamento sociale – ad esempio fino al 30% della capacità e solo posti all'aperto – questo è considerato come un livello di C2 pari ad 1.

Laddove l'elenco ufficiale delle "attività essenziali" è molto lungo, particolarmente espansivo o contiene inclusioni insolite, la misura politica in questione può essere ragionevolmente interpretata come un C2 pari a 2.

- C3 – Annullamento di eventi pubblici. Quando sono consentiti raduni privati di sole dieci persone o meno, si impedisce anche lo svolgimento di eventi pubblici. Quindi, tali misure sono registrate come per l'annullamento di eventi pubblici con

livello di C3 pari a 2, a meno che non sia in vigore una politica specifica che consenta di svolgere gli stessi caso per caso.

Se gli eventi pubblici sono vietati, ma un grande evento è stato in grado di andare avanti con rigorose misure di distanziamento sociale come una tantum (ad esempio il Gran Premio di F1), questo è registrato come un C3 pari 1.

- C4 – Restrizioni agli assembramenti. Quando ci sono variazioni di numero per gli assembramenti (es. gli assembramenti sono vietati per più di cinque persone ad eccezione di funerali/matrimoni/raduni all'aperto dove trenta è il numero massimo di persone) si riporta un livello di C4 pari a 1.

Il divieto di qualsiasi raduno al di fuori della casa porta il codice C4 ad un livello pari a 2, poiché si presume ragionevolmente che la maggior parte delle famiglie non possa uscire dal proprio domicilio.

- C5 – Trasporto pubblico. Alcuni esempi che potrebbero indicare un livello pari ad 1 per il codice C5 riguardano l'incoraggiamento del trasporto pubblico solo da parte dei lavoratori essenziali e disincentivo per il pubblico, chiudendo tutte le linee di servizio tranne quelle specifiche (es: servizi per persone con disabilità e anziani); il numero di servizi in esecuzione è significativamente ridotto.

Alcuni esempi che potrebbero indicare un livello pari a 2 per il codice C5 riguardano il divieto di utilizzo dei trasporti pubblici (eccezioni consentite per i lavoratori essenziali o qualche altra categoria specifica) e le chiusure totali dei servizi per allinearsi ad altre restrizioni di movimento.

- C6 – situazioni di lockdown. Quando la politica di governo impone un vero e proprio lockdown come ormai noto il livello di C6 è impostato a 2.

Si registra il coprifuoco (ad es. quando le persone non possono uscire tra le 18:00 e le 6:00 o le persone autorizzate solo per 1 ora al giorno) come un livello pari ad 1 per C6.

- C7 – Restrizioni al movimento interno. Se si registra un'esplicita restrizione per i viaggi su suolo nazionale (ad es. viaggio consentito solo entro un raggio di 5 km per esercizio fisico o generi alimentari dalla propria abitazione), allora questa misura potrebbe essere codificata anche in C7 con un livello 1 e non solo in C6.

Si registra, invece un livello di C7 pari a 2 quando si ha la chiusura di autostrade/vie d'acqua interstatali, divieto o divieto di viaggiare da determinate regioni verso altre, requisito di risultato negativo del test, controlli intensivi sulla quarantena, richiesta di quarantena in un hotel o altra struttura statale standardizzata.

- C8 – Controlli sui viaggi internazionali. Questo indicatore non ha una variabile flag binaria per riflettere la variazione geografica nelle politiche. Pertanto, generalmente si registra il livello di politica che si applica ovunque attraverso la giurisdizione di ogni paese, ossia il più alto valore comune della politica a livello nazionale o statale.

Un requisito di un test PCR negativo prima di entrare in un paese è registrato come livello 1 del codice C8. screening, poiché tutti i passeggeri potrebbero eludere l'obbligo di sottoporsi a una quarantena di due settimane risultando negativi.

Se sussiste un divieto totale di ingresso da alcuni paesi e per il resto forti limitazioni si pone un livello 2 di questo indicatore.

- E1 – Sostegno al reddito. Se il sostegno al reddito è fornito solo da alcune città e non in tutto il paese/territorio o stato, non sarà segnalato. Questo codice è una variabile binaria di 0 e 1 e risulta registrato pari ad 1 solo quando il supporto economico si applica a livello nazionale o statale.
- E2 – Alleggerimento del debito/contratto per le famiglie. L'alleggerimento del debito per le imprese e le società non è registrato in quest'indice, poiché questa variabile flag registra 1 solo per l'alleggerimento del debito per le famiglie private e 0 in tutte le altre circostanze.
- E3 – Misure fiscali. Se il valore monetario specifico di supporto non è divulgato o non è chiaro non si registra la variabile flag pari ad 1. A volte i governi fanno annunci di finanziamento ambigui (dove non è chiaro a cosa serve il denaro), o altre volte più programmatici e questo rientra nel livello di E3 pari ad 1 (ad es. stimolo fiscale, più finanziamenti ospedalieri, più investimenti in vaccini, più sostegno ad altri paesi, in uno numero).

Se lo Stato fornisce sostegno a gruppi specifici, ad esempio finanziando la mensa scolastica dei bambini, distribuendo beni di prima necessità o concedendo sovvenzioni a genitori single, questo è registrato in E3 come pari ad 1.

Se sono disponibili numeri specifici di spesa annunciata, ma non una data specifica in cui questa politica è stata messa in vigore, si registra il sostegno a partire dalla data dell'annuncio che potrebbe non essere effettiva.

- E4 – Fornire supporto ad altri paesi. Qui si registra solo il livello di denaro che un paese/territorio/unità subnazionale dona ad un altro paese/territorio/unità subnazionale, non quello che riceve.

Si registrano soprattutto le donazioni ad organizzazioni internazionali, come l'OMS e il WFP, a condizione che il paese che è registrato sia il donatore di uno specifico fondo di soccorso specificamente correlato al COVID. Le donazioni ad un fondo generico dell'OMS che potrebbero non essere utilizzate specificamente per problemi relativi al COVID non sono sufficientemente specifiche per poter essere registrate in questa sezione.

- H1– Campagne di informazione pubblica. Le prove per l'inizio di una campagna coordinata includono il lancio di un sito web, un annuncio ufficiale o un comunicato stampa o gli annunci di una campagna sui social media del governo e del dipartimento della salute.
- H2 – Criteri di test. Mentre le politiche del governo sono teoriche, i problemi di capacità influiscono sull'attuazione delle stesse misure previste. Ciò richiede, quindi, un giudizio su quanto sia ambiziosa una politica rispetto a quanto sia praticabile.

Quando lo stato/nazione sta chiaramente investendo risorse per rendere disponibili i test, si registra il livello di questo indicatore pari ad 1.

Se il governo implementa un piano in tutto lo stato/nazione per finanziare e procurare strutture di test locali, con l'intenzione di un'accessibilità pubblica diffusa, si riporta un livello pari a 2.

Non si riporta un tipo di politica relativa ai test come disponibile (con livelli pari ad 1 o 2) a meno che non sia estesa a tutto il paese/territorio e non ci siano anche prove della capacità di soddisfarla. Se i paesi segnalano una grave carenza di test, si assume che la bassa capacità sia razionata/prioritaria per le persone sintomatiche o ad alto rischio (e quindi non generalmente disponibile).

- H3 – Tracciamento dei contatti. I dati di questo indicatore sono influenzati solo dalla tracciabilità manuale dei contatti che ha lo scopo di raggiungere tutte le persone note per un caso di nuova diagnosi. Le differenze tra i livelli di questo indicatore dipendono unicamente dal fatto il tracciamento manuale dei contatti di prim'ordine sia eseguito per alcuni casi di COVID-19 (livello 1) o per tutti i casi (livello 2).
- H4 - Investimenti di emergenza in sanità. Se sono disponibili numeri specifici di spesa annunciati, ma non una data specifica in cui questa politica è entrata in vigore, sono registrate le date di annuncio anche se non necessariamente concrete con un livello pari ad 1, altrimenti pari a 0.

- H5 – Investimenti in vaccini. Questo indicatore registra la spesa per l'approvvigionamento di vaccini e la spesa per lo sviluppo di vaccini, coprendo quindi tutte le spese relative ai vaccini con diversi livelli che divergono dalla biunivocità dell'indice.
- H6 – Dispositivi di protezione individuali. La differenza tra i livelli 1 e 2 in questo caso corrisponde al fatto che per il livello 2 è sempre necessaria una mascherina chirurgica quando si esce di casa, senza eccezioni. Al livello 1 l'utilizzo è solo consigliato.
- H7 – Politica di vaccinazione. Perché questo indicatore assuma un valore diverso da zero è necessario rispettare tre criteri: deve esistere una politica de jure per vaccinare un gruppo di popolazione; devono esserci sufficienti dosi di vaccino in ordine e ragionevolmente previste da consegnare, al fine di vaccinare almeno il 20% della popolazione target; devono esistere de facto capacità e prove che questi livelli siano raggiungibili sul campo.
- H8 – Protezione delle persone anziane. Questo indicatore si concentra principalmente sulle istituzioni in cui vivono le persone anziane, ma ha anche lo scopo di registrare restrizioni che costituiscono il livello equivalente di protezione nelle strutture in cui le persone anziane sono assistite a casa o in comunità, in particolare nei paesi, regioni e territori in cui le istituzioni sono presenti.  
 Le persone anziane sono qui definite in relazione al paese, regione o territorio codificato, ad esempio in base all'età pensionabile locale e non è definita alcuna età cronologica assoluta.  
 Se ci sono sia politiche che raccomandano o richiedono agli anziani di rimanere a casa, sia politiche in vigore relative alle strutture di assistenza a lungo termine, si codifica la politica più rigorosa pari ad un livello 2 per H8.  
 Se le mascherine di protezione devono essere generalmente indossate nel paese/regione/territorio, comprese le case di cura per anziani, ciò non garantisce una codifica 1 per H8. Per un livello 1 si deve almeno valutare un certo incoraggiamento da parte di un'agenzia statale a limitare i visitatori presso queste strutture critiche.

Dopo questa disamina si può passare alla nota metodologica sui quattro indici utilizzati. Tutti gli indici considerati sono semplici medie degli indicatori delle singoli componenti. Ciò è descritto nell'equazione di seguito, dove  $k$  è il numero di indicatori componenti in un indice e  $I_j$  è il punteggio del sottoindice per un singolo indicatore:

$$Index = \frac{1}{k} * \sum_{j=1}^k I_j$$

Di seguito si indicano quali sottocomponenti  $I_j$  compongano il calcolo dell'indice specifico:

1. Indice di severità dell'andamento pandemico: da C1 a C8 e H1. → sev
2. Indice di contenimento del contagio: da C1 a C8 e poi H1, H2, H3, H6, H7 e H8. → contenim
3. Indice del supporto economico fornito da enti nazionali ed internazionali: E1 ed E2. → supp.eco
4. Indice di risposta delle autorità governative: da C1 a C8, poi E1 ed E2, infine H1, H2, H3, H6, H7 e H8. → risp.gov

Per concludere l'elenco di tutte le variabili indipendenti considerate introduciamo due variabili flag (0, 1) che rispecchiano le notizie positive o negative annunciate e riguardanti la pandemia in corso; in sostanza si vuole rilevare l'effetto annuncio di notizie positive (→ pos) e notizie negative (→ neg).

### 3. L'approccio al modello di regressione

Inizialmente si è cercato di individuare tra tutte le variabili citate nel paragrafo precedente quella che potesse essere la principale o la più incisiva nell'influenzare l'andamento delle quotazioni borsistiche. La variabile principe da considerare è il tasso di positività, cioè il numero di tamponi molecolari con esito positivo in rapporto al numero di tamponi fatti nello stesso arco temporale. Nel caso di specie consideriamo il numero di persone risultate positive all'indagine di PCR in un solo giorno in rapporto al numero di tamponi effettuati lo stesso giorno. La prima analisi sarà effettuata per la situazione in Italia e nel capitolo successivo, una volta stimato un modello coerente e consistente si discuteranno i confronti tra i diversi paesi considerati e i relativi modelli, evidenziando affinità e differenze.

Partendo, dunque dalla borsa di Milano e da un'indagine visiva delle due variabili in esame si ottiene il grafico in figura 52 in cui si evince che ci sia una certa correlazione. Intuitivamente e visivamente si potrebbe supporre una correlazione lineare tra le variabili ad esclusione di una nuvola di punti che si concentra nelle posizioni in cui il tasso di positività dei tamponi è vicino allo zero. Infatti, depurando il grafico da osservazioni in cui il tasso di positività è prossimo allo zero, la relazione è molto più chiara come emerge in figura 53: la massa di punti vicino all'ordinata è molto minore e questo permette di far emergere una correlazione lineare più palese.

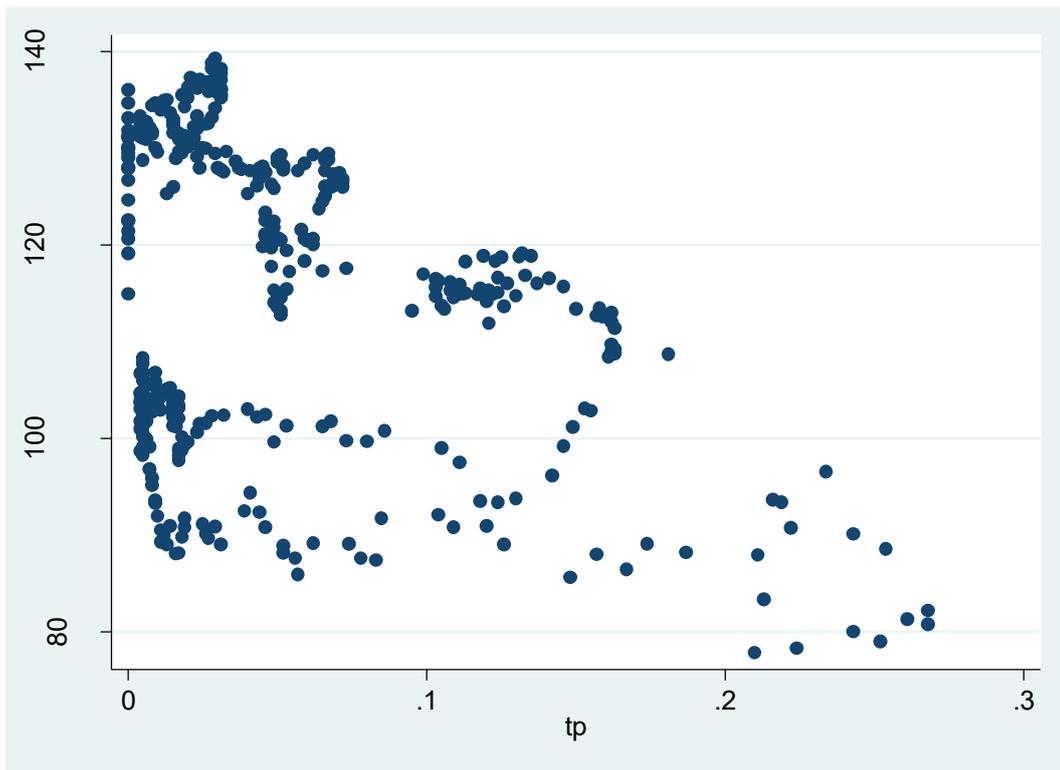


Figura 53: correlazione grafica tra indice di borsa e tasso di positività.

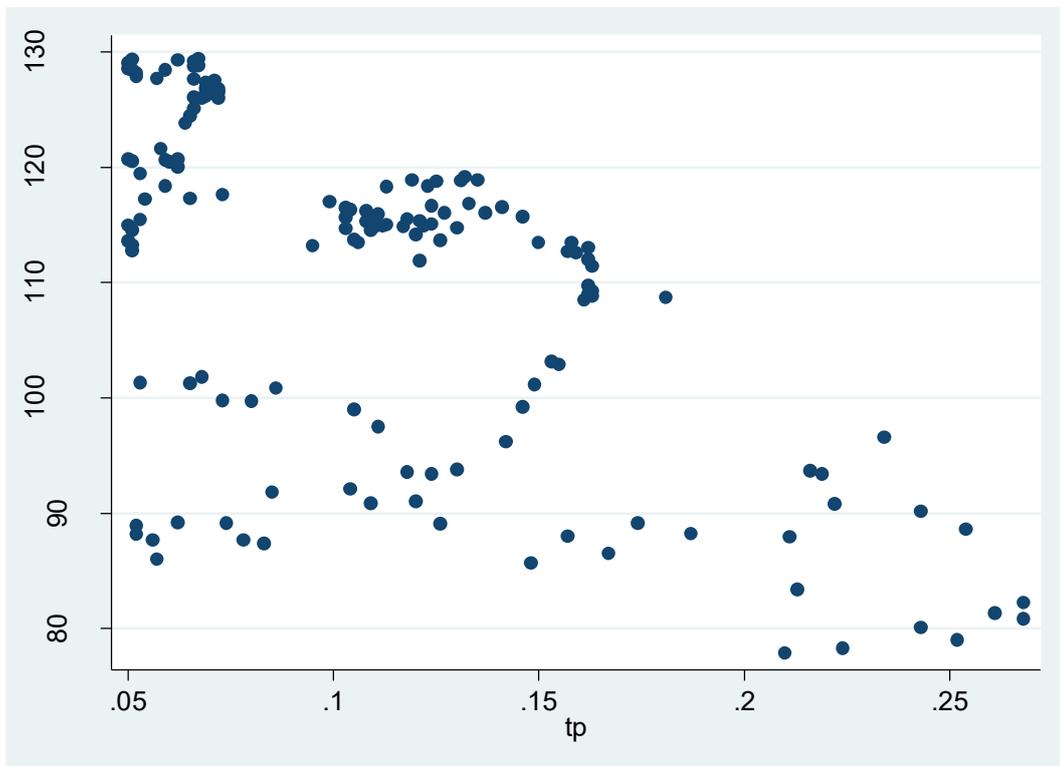


Figura 52: correlazione grafica tra indice di borsa e tasso di positività maggiore di 0,05.

A questo proposito si può stimare un primo modello di regressione molto semplice a variabile singola senza escludere alcun valore del tasso di positività; le precedente e temporanea esclusione è servita unicamente ad esplicitare meglio la correlazione grafica. Con il modello di regressione è possibile fare una prima analisi che ci permetta anche di comprendere l'output di regressione fornito dal software STATA. In figura 54 si vede un modello di regressione lineare in cui si legge una correlazione con coefficiente negativo tra il tasso di positività e le variazioni dell'indice di borsa. In particolare, il significato statistico di questo coefficiente suggerisce che all'aumentare del tasso di positività l'indice di borsa tende a diminuire e viceversa se il tasso di positività tende ad aumentare. Quanto detto è assolutamente credibile anche a livello intuitivo.

```

Linear regression                               Number of obs =      415
                                                F( 1, 413) =      70.04
                                                Prob > F      =      0.0000
                                                R-squared     =      0.1132
                                                Root MSE     =      14.752

```

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-91.31905	10.91173	-8.37	0.000	-112.7685	-69.8696
_cons	118.7754	1.022152	116.20	0.000	116.7661	120.7847

Figura 54: output di STATA di una regressione lineare su indice di borsa e tasso di positività.

Tuttavia, dal punto di vista statistico per affermare che una variabile sia sufficientemente significativa per influenzare le variazioni della variabile indipendente si effettua un test t sulla distribuzione campionaria dei dati. Nelle colonne 2, 3 e 4 dell'output di cui sopra si trovano gli errori standard del modello robusti per l'eteroschedasticità (spiegati nel capitolo precedente), il valore della t calcolato e il p-valore per questa statistica. Per comprendere meglio il test va detto che il p-valore risulta molto intuitivo e deve essere interpretato come la percentuale di volte in cui essendo vera una certa ipotesi iniziale, questa si rifiuta a causa di un'imprecisione connaturata alla statistica. In questo primo output il p-valore è nullo, quindi si può rifiutare con la quasi certezza (circa lo 0% che non sarà mai veramente 0) che il tasso di positività abbia un coefficiente di regressione pari a zero. Quanto detto si può tradurre nel grafico che segue in figura 55.

In seguito, saranno necessarie delle precisazioni in merito alle variabili appena trattate perché queste si discostano molto da una distribuzione normale di dati come emerge dalle distribuzioni nelle figure 56 e 57 riportate. Tra le distribuzioni delle due variabili si nota anche che quella dell'indice di borsa è più assimilabile ad una distribuzione normale. Per

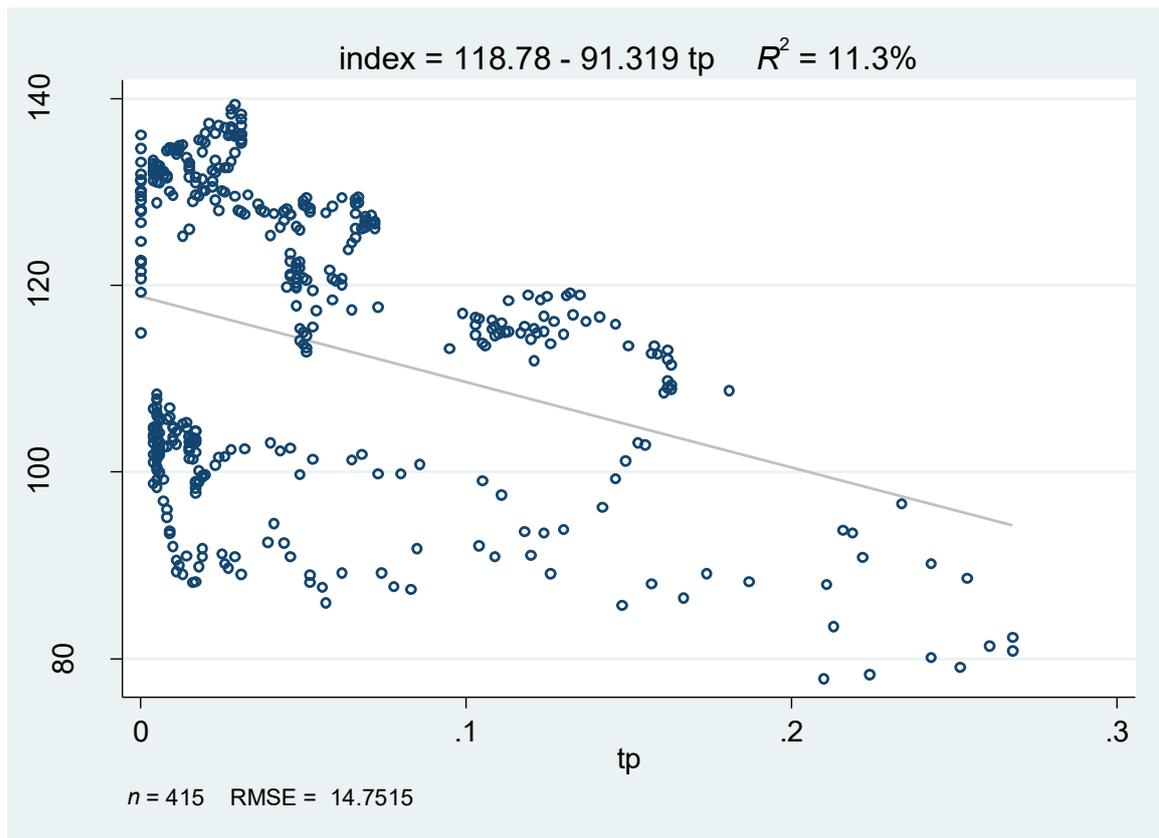


Figura 55: retta di regressione index - tp.

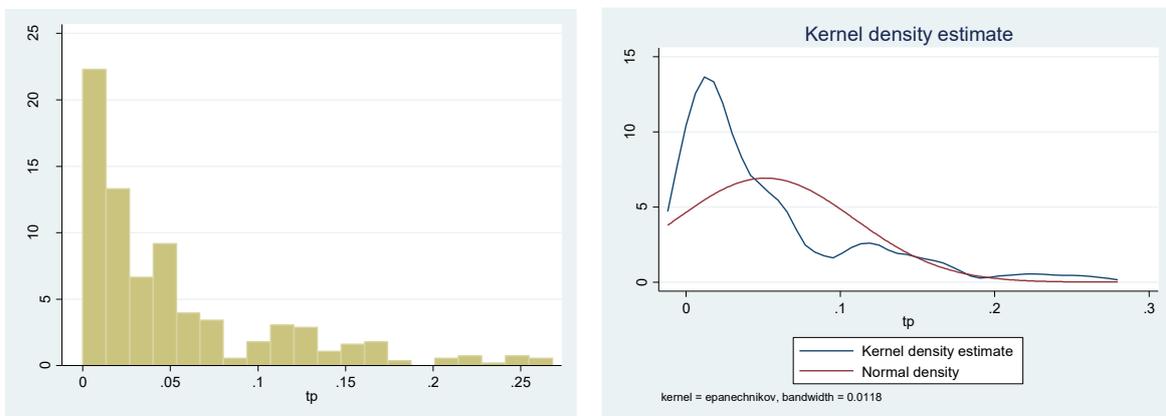


Figura 56: istogramma e distribuzione cumulata del tasso di positività più simile ad una distribuzione beta che ad una normale.

assimilare meglio i dati osservazionali a due distribuzioni normali si possono ipotizzare dei troncamenti per l'indice di borsa ad un valore di 120 e per il tasso di positività ad una percentuale del 5%; tuttavia, la necessità di questi troncamenti sarà valutata eventualmente in seguito. Per completezza si riportano nelle figure 58 e 59 i troncamenti effettuati.

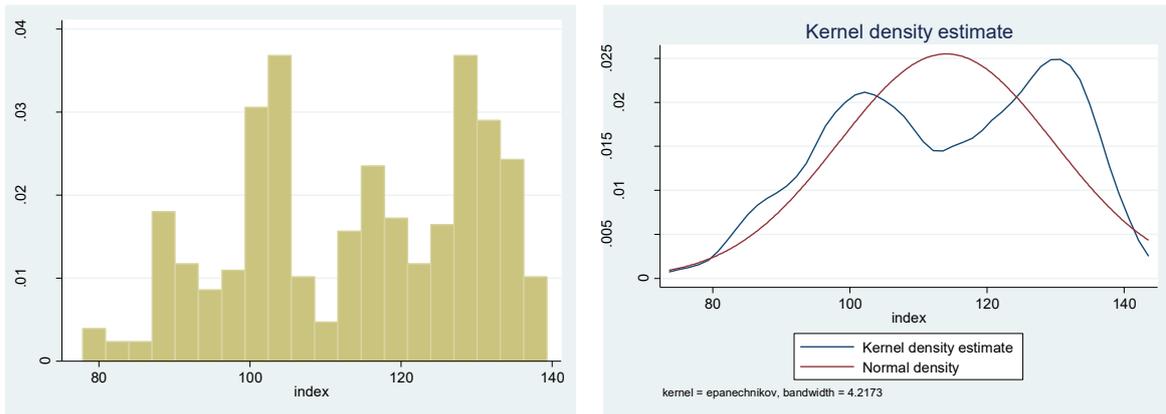


Figura 57: istogramma e distribuzione cumulata dell'indice di borsa di Milano.

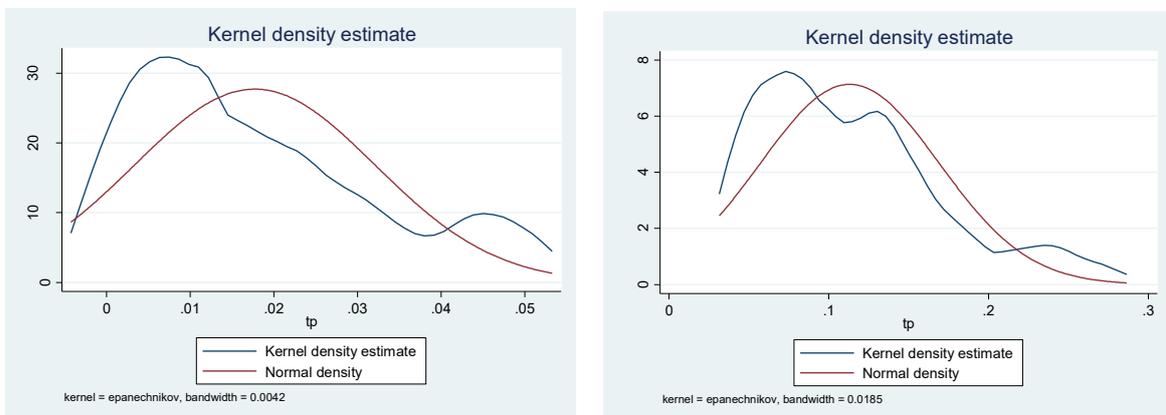


Figura 58: distribuzione cumulata con paragone rispetto alla normale del tasso di positività minore del 5% a sinistra e maggiore del 5% a destra.

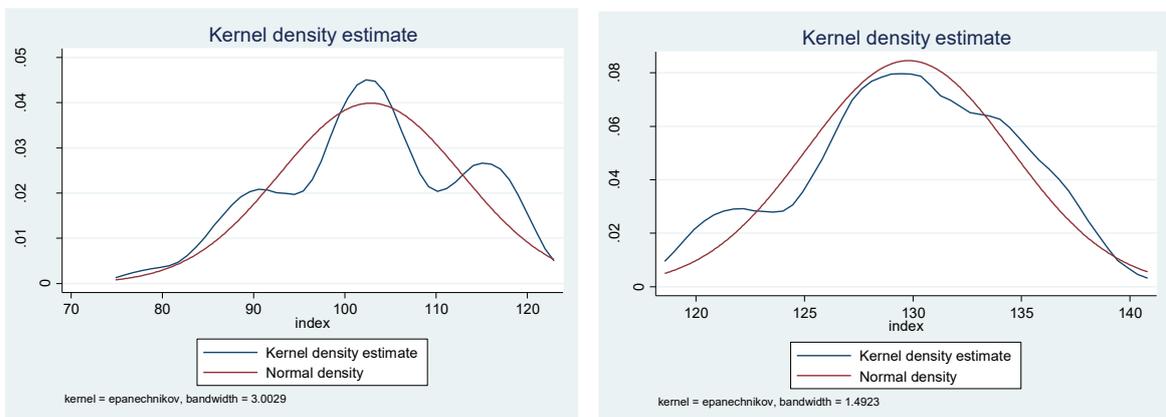


Figura 59: distribuzione cumulata con paragone rispetto alla normale dell'indice di borsa minore di 120 punti a sinistra e maggiore di 120 punti a destra.

#### 4. Introduzione al modello di regressione multipla

Un'altra parte interessante dell'output mostrato in figura 54 è il riquadro in alto a destra che riporta alcune statistiche e test di ipotesi. Di particolare interesse è l'indice "R-squared", utile ad esplicitare la quota parte di variabilità spiegata dal modello di regressione in esame.

Tale variabilità della variabile indipendente spiegata ammonta all'11% circa ed è quindi molto contenuta. Questa indicazione fornisce l'incentivo ad approfondire il modello intervenendo con l'introduzione di altre variabili.

Di nuovo, l'analisi delle variabili dipendenti da introdurre parte da logica ed intuizione che devono essere necessariamente sostenute dai dati. La seconda variabile è stata scelta in relazione all'andamento dei contagi e delle conseguenze della pandemia. Si è ritenuto necessario descrivere parte dell'andamento del modello in relazione all'andamento dei nuovi casi, dei casi totali, dei nuovi decessi e dei decessi totali per milione di abitanti. A proposito di uno stesso gruppo di variabili logicamente collegate non si può scegliere di inserire troppe variabili perché le stesse descriverebbero più o meno lo stesso fenomeno.

Per parlare di questa scelta in modo consistente si possono analizzare le correlazioni tra le variabili indipendenti sopra citate. Il calcolo delle matrici di correlazione evidenzia che ci sono forti collegamenti tra il numero di casi totali e di decessi totali, così come tra il numero di nuovi casi e il numero di nuovi decessi, come mostrato in figura 60. Nel primo caso la

	ctotxmln	dtotxmln		nctotx~n	ndtotx~n
ctotxmln	1.0000		nctotxmln	1.0000	
dtotxmln	0.9844	1.0000	ndtotxmln	0.6658	1.0000

Figura 60: matrici di correlazione tra variabili indipendenti.

correlazione tra i decessi totali e i casi totali è oltre il 98%, mentre nel secondo caso si parla di una correlazione oltre il 66%. Questo ci porta comunque ad escludere di inserire tutte e quattro le variabili e la scelta ricade sulle variabili che descrivono il numero di casi di infezioni nuovi e totali per evitare di sovraffollare il modello. In particolare, si può escludere come variabile indipendente il numero di casi totali perché questi sono portati ad aumentare costantemente anche nei momenti in cui la situazione pandemica accenna a risolversi, magari solo temporaneamente. Questa variabile, quindi, non descriverebbe l'andamento della borsa in modo coerente come si capisce dal grafico in figura 61 che descrive un modello controintuitivo in cui l'aumento dei casi porterebbe giovamento alle borse valori.

Resta in ultima analisi da capire se il numero di nuovi casi quotidiani influenzi l'andamento delle borse e in che termini. Tuttavia, prima di affrontare la questione da un punto di vista statistico è chiaro che il nuovo numero di casi di infezione segnalati influenzi direttamente il tasso di positività, poiché si tratta del numeratore del tasso in questione. Infatti, il calcolo

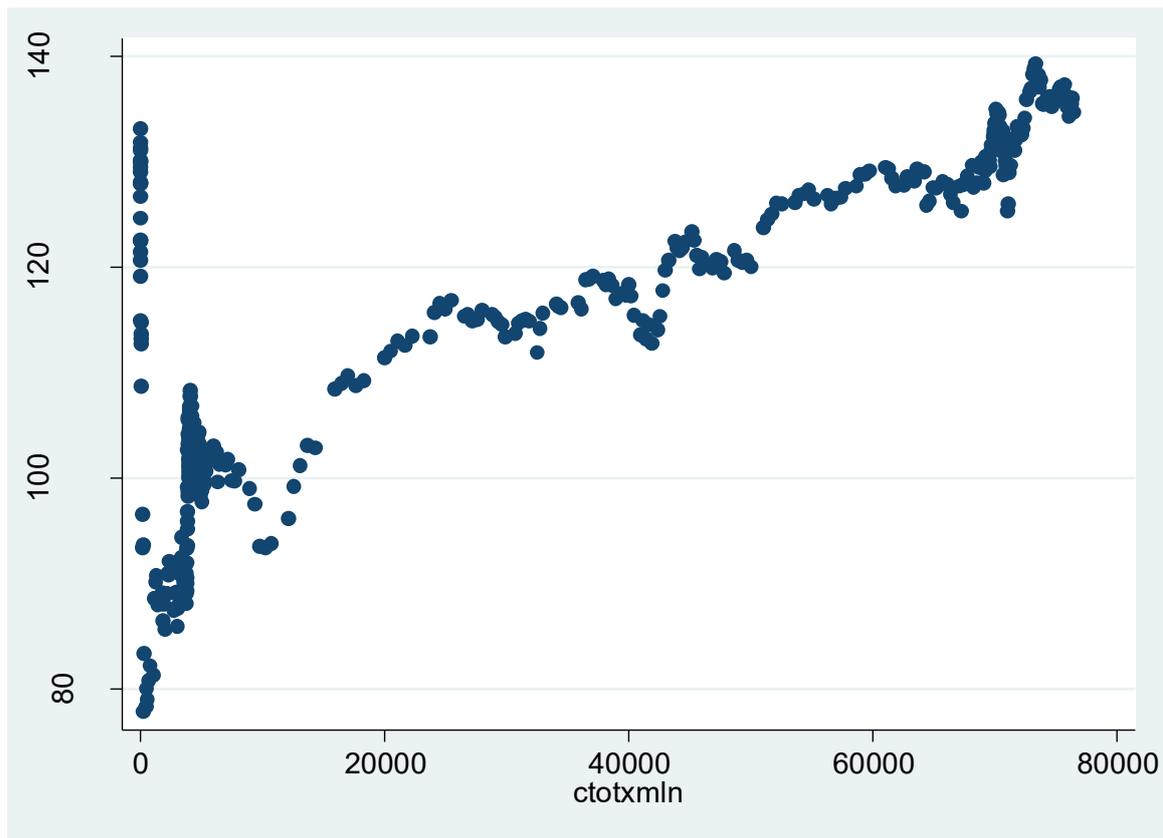


Figura 61: correlazione indice di borsa e casi totali.

della correlazione tra il tasso di positività e il numero di nuovi casi di infezione sono correlati per oltre l'86%. Dopo aver costruito l'intuizione, si possono effettuare due test statistici con la distribuzione F di Fisher, utili a testare più ipotesi congiuntamente. Nella figura 62 si vuole testare l'ipotesi nulla che i coefficienti di entrambe le variabili siano nulli, ma come si vede dal p-valore si può rifiutare l'ipotesi nulla con un'attendibilità molto alta e affermare con un buon livello di significatività che non possono essere nulli i coefficienti di entrambe le variabili.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \text{tp} = 0 \\
 (2) \quad & \text{nctotxmln} = 0 \\
 \\ 
 & F(2, 166) = 46.77 \\
 & \text{Prob} > F = 0.0000
 \end{aligned}$$

Figura 62: test di ipotesi congiunte con coefficienti nulli per entrambe le variabili.

Diversamente, nel secondo test di ipotesi in figura 63 si vuole testare l'ipotesi nulla che una variabile pari alla differenza tra tasso di positività e nuovi casi per milione di abitanti abbia un coefficiente nullo. Come volevasi dimostrare in questo caso non è possibile rifiutare

$$(1) \quad tp - nctotx\ln = 0$$

$$F(1, 166) = 0.92$$
$$\text{Prob} > F = 0.3401$$

Figura 63: test di ipotesi congiunte su tasso di positività e numero di nuovi casi di infezione.

l'ipotesi nulla perché il valore calcolato della F è molto modesto, mentre il p-valore va anche oltre il livello di significatività del 10%.

In definitiva, nessuna delle quattro variabili considerate per impostare un modello di regressione multipla si adatta bene alla descrizione del fenomeno di interesse per il presente lavoro di tesi.

A questo punto si procede con l'analisi delle variabili indipendenti e si prende in considerazione  $r_0$  come tasso di contagiosità. Per valutare l'influenza di questa variabile sugli indici di borsa si può partire da un cosiddetto scatter plot, che in figura 64 descrive la relazione tra le due variabili, e un altro tipo di grafico, che in figura 65 descrive la relazione con l'indice di borsa se il tasso  $r_0$  fosse l'unica variabile descrittiva.

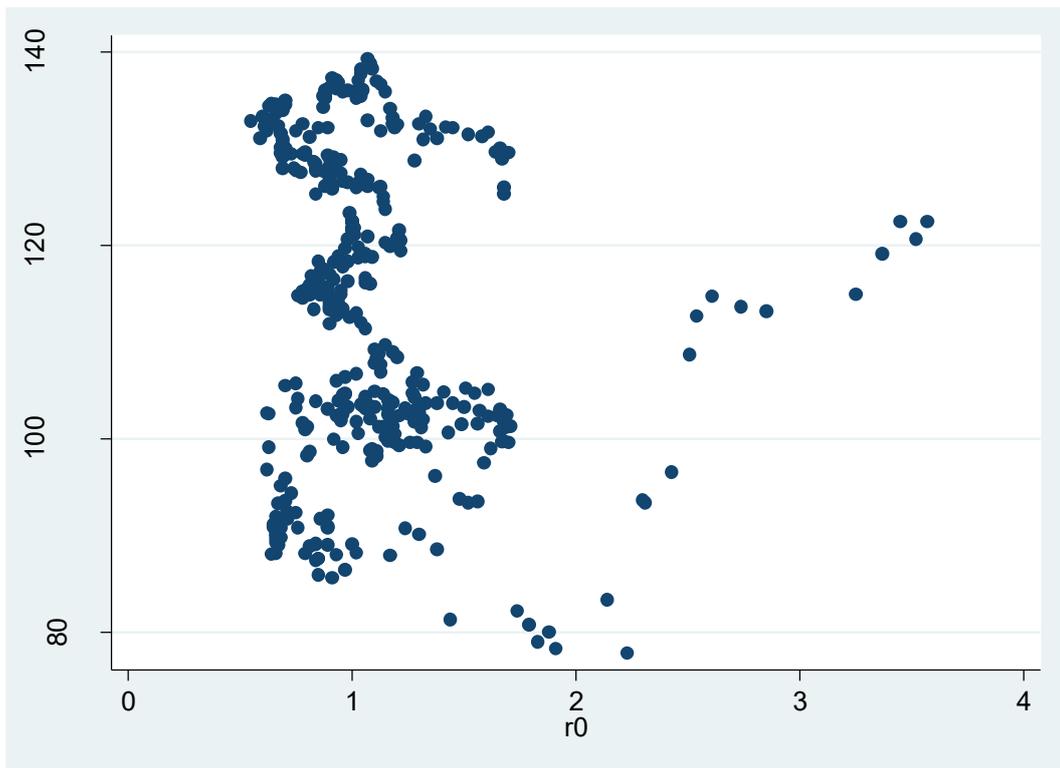


Figura 64: scatter plot con indice di borsa in ordinata e tasso di riproduzione di base in ascissa.

In questo caso a causa della posizione della massa di punti potrebbe essere meno intuitivo valutare ad occhio nudo il tipo di correlazione tra le variabili e per questo si usa un comando

più sofisticato che genera una funzione calcolata dalla dipendenza tra le due variabili come si vede di seguito.

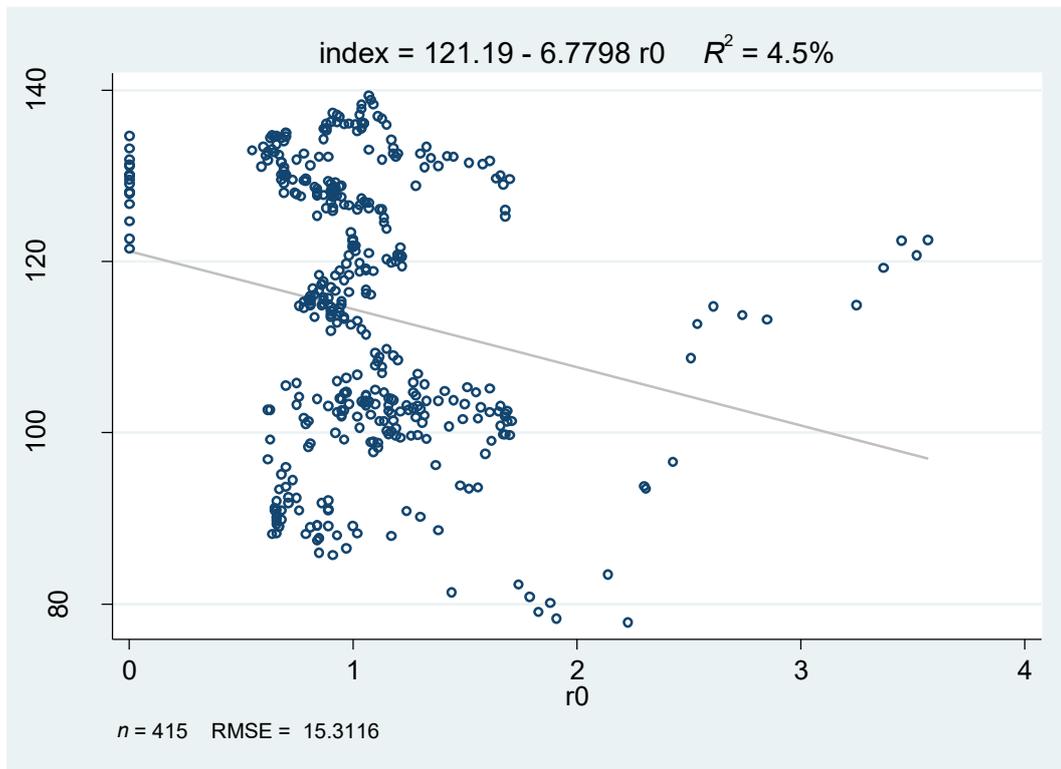


Figura 65: aaplot con indice di borsa in ordinata e tasso di riproduzione di base in ascissa.

Risulta evidente a questo punto il sussistere di una correlazione negativa tra l'andamento delle borse e il tasso di riproduzione delle infezioni, com'è intuibile con un po' di sensibilità medico-clinica. Resta da inserire la nuova variabile indipendente nel modello di regressione e capire se la variabile sia funzionale alla descrizione del modello, tuttavia, per farlo è necessario che la variabile aggiunta sia una determinante della variabile dipendente e quindi correlata. Questo si dimostra con il calcolo del coefficiente di correlazione in figura 66.

	index	r0
index	1.0000	
r0	-0.2112	1.0000

Figura 66: coefficiente di correlazione tra indice di borsa e tasso di contagiosità.

In figura 67 si vede che la variabilità spiegata dal nuovo modello di regressione multipla è aumentata. Infatti, l'R quadro è passato da un valore dell'11% ad un valore del 12% circa, la variabile del tasso di positività è rimasta significativa in base al nuovo p-value e in riferimento alla stessa statistica anche il coefficiente di r0 è significativo all'1%. Il nuovo modello calcolato è quindi accettabile e coerente rispetto alla descrizione del fenomeno.

Linear regression

Number of obs = 415  
 F( 2, 412) = 40.53  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.1275  
 Root MSE = 14.65

index	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tp	-81.57624	11.00148	-7.42	0.000	-103.2023	-59.9502
r0	-4.000136	1.279989	-3.13	0.002	-6.51626	-1.484012
_cons	122.4715	1.615468	75.81	0.000	119.2959	125.6471

Figura 67: modello di regressione multipla con tasso di positività e di contagiosità.

Proseguendo con l'analisi delle variabili indipendenti e seguendo lo stesso ragionando appena fatto per l'introduzione di nuove variabili si prenda in esame la coppia di variabili che descrive il numero di vaccinazioni totali o di somministrazioni, il numero di persone vaccinate anche con singola dose e il numero di persone completamente vaccinate per centinaio di abitanti. A questo proposito, innanzitutto, si valuta una correlazione molto alta tra queste tre variabili variamente collegate come si vede nel prospetto in figura 68. Con lo stesso ragionamento fatto per altre variabili di carattere sanitario si decide di introdurre una sola variabile tra le tre: la variabile prescelta risulta essere quella relativa alle persone

	vczjh	vctjh
vczjh	1.0000	
vctjh	0.9945	1.0000

	vczjh	vctful~h
vczjh	1.0000	
vctfulljh	0.9907	1.0000

	vctjh	vctful~h
vctjh	1.0000	
vctfulljh	0.9709	1.0000

Figura 68: correlazione tra il numero di vaccinazioni, il numero di vaccinati con singola dose e il numero di vaccinati con ciclo completo di abitanti.

vaccinate anche solo con la prima dose per centinaio di abitanti perché si reputa più indicativa dell'attenuamento del contagio in forma grave sopportato dal sistema sanitario di un paese che, in fin dei conti, ha portato le autorità governative ad agire in modo drastico

per poter superare la pandemia senza un numero inaccettabile di decessi. A questo punto si procede con l'introduzione di questa terza variabile indipendente nel modello di regressione per valutarne gli effetti. Come si vede nel prospetto di regressione in figura 69 si incappa in un problema di carattere modellistico. La variabilità spiegata dal modello aumenta di una

Linear regression	Number of obs = 415
	F( 3, 411) = 392.56
	Prob > F = 0.0000
	R-squared = 0.5488
	Root MSE = 10.548

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-24.94294	12.261	-2.03	0.043	-49.04504	-.8408405
r0	-4.231006	1.690144	-2.50	0.013	-7.553411	-.9086001
vctxh	.4464156	.0155902	28.63	0.000	.4157691	.4770621
_cons	113.3207	1.8448	61.43	0.000	109.6942	116.9471

Figura 69: modello di regressione multipla con l'aggiunta della variabile sulle persone vaccinate.

buona percentuale, ma il coefficiente del tasso r0 e del tasso di positività diventano statisticamente meno significativi. Per cogliere meglio il fit della variabile in esame con questo modello riportiamo lo scatter plot in figura 70. Questo grafico ci permette di intuire

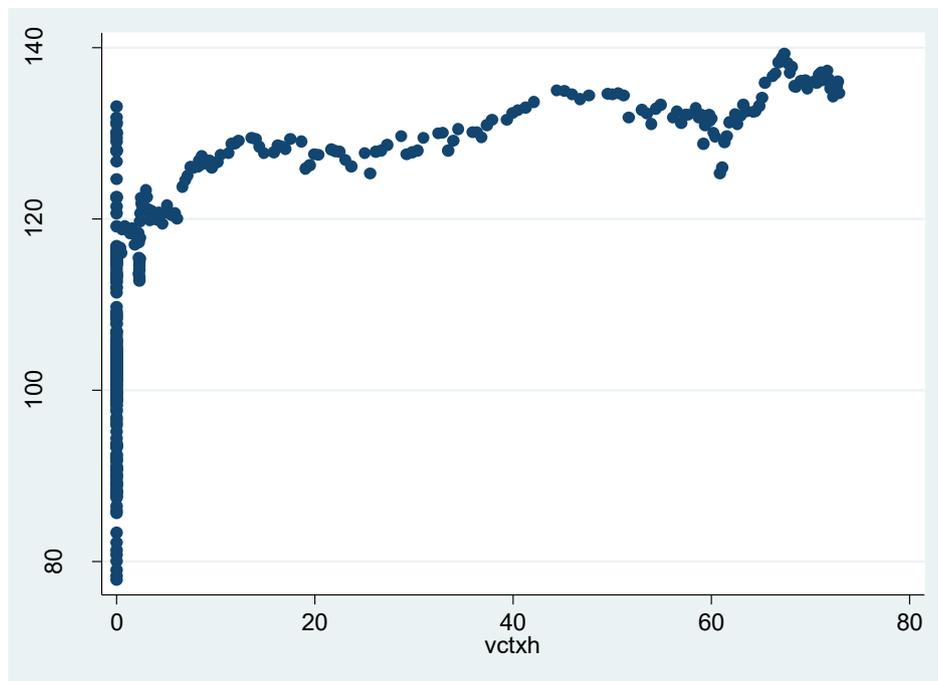


Figura 70: scatter plot tra indice di borsa e persone vaccinate per centinaio di abitanti.

una relazione più complessa di quella lineare tra le due variabili. Per tentativi si è provato ad introdurre la stessa variabile al quadrato per descrivere meglio l'influenza sulla variabile dipendente. Questo ragionamento è stato incentivato pensando all'effetto molto positivo

avuto dai vaccini nei periodi immediatamente successivi alle prime somministrazioni, poi andato decrescendo.

Come si vede dalla figura 71 la descrizione è molto più accurata introducendo una variabile di secondo grado che esprima l'effetto marginale decrescente delle vaccinazioni. Infatti,

Linear regression	Number of obs =	415
	F( 4, 410) =	307.90
	Prob > F =	0.0000
	R-squared =	0.6176
	Root MSE =	9.7226

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-23.07894	11.85407	-1.95	0.052	-46.38127	.2233972
r0	-2.84119	1.687912	-1.68	0.093	-6.159232	.4768509
vctxh	1.205961	.0647983	18.61	0.000	1.078582	1.333339
vctxh2	-.0121017	.0009244	-13.09	0.000	-.0139188	-.0102845
_cons	110.1773	1.980647	55.63	0.000	106.2838	114.0708

Figura 71: modello di regressione lineare multipla con la variabile sulle vaccinazioni.

anche rispetto allo scatter plot, si valuta un effetto positivo del numero di persone vaccinate parzialmente sull'indice di borsa, ma decrescente al margine secondo l'intuizione costruita poco sopra. Tuttavia, nonostante la variabilità spiegata dal modello sia molto aumentata (fino al 61% e oltre), introducendo la variabile sulle vaccinazioni la significatività delle altre variabili due è di molto diminuita. Si deve procedere a dei test che suggeriscano come comportarsi. Il test scelto si effettua con la statistica t di Student e in base al modello di regressione in figura 71 calcola se il coefficiente di un'ipotetica variabile unitaria tra tasso di positività e di riproduzione di base possa avere un coefficiente nullo. Questo risulta vero come si vede in figura 72 in cui il p-value eccede il 10% e quindi non si può rifiutare l'ipotesi che il coefficiente sia nullo con un livello di significatività statistica sufficientemente elevato.

```
. test r0=tp
```

$$( 1) \quad - tp + r0 = 0$$

```
F( 1, 410) = 2.67
Prob > F = 0.1029
```

Figura 72: test di Student sull'ipotesi nulla di un coefficiente pari a zero per la variabile composta da tasso di positività e tasso di riproduzione di base.

Questo ci porta ad escludere una delle due variabili e la scelta ricade su r0 con un p-valore del 9.3%. Ricostruendo il modello si nota in figura 73 che il problema è stato risolto perché

eliminando la variabile r0 la variabilità spiegata dal modello è rimasta più o meno costante e le altre variabili sono tornate ad essere tutte significativamente diverse da zero.

Linear regression	Number of obs =	415
	F( 3, 411) =	381.74
	Prob > F =	0.0000
	R-squared =	0.6106
	Root MSE =	9.7993

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-29.81314	11.77358	-2.53	0.012	-52.9571	-6.669184
vctxh	1.243217	.0584367	21.27	0.000	1.128345	1.358089
vctxh2	-.0127049	.0008307	-15.30	0.000	-.0143378	-.011072
_cons	107.4721	.9420722	114.08	0.000	105.6202	109.3239

Figura 73: modello di regressione con tasso di positività e numero di persone parzialmente vaccinate.

Un'ulteriore conferma del modello può essere data da un test F con due restrizioni che testano le ipotesi congiunte che i coefficienti di vctxh e vctxh2 siano entrambi contemporaneamente nulli. In figura 74 si può apprezzare una statistica F calcolata molto grande che esclude categoricamente che entrambi i coefficienti siano nulli.

```
. test vctxh vctxh2

( 1)  vctxh = 0
( 2)  vctxh2 = 0

F( 2, 411) = 427.81
Prob > F = 0.0000
```

Figura 74: test F sulle ipotesi congiunte di coefficienti entrambi nulli.

A posteriori rispetto a queste conferme si decide di non introdurre nel modello le variabili relative alle nuove vaccinazioni perché nell'ottica epidemiologica è più importante il bacino totale di persone vaccinate anche solo parzialmente piuttosto che il numero di nuove vaccinazioni quotidiane. In soldoni, reagisce meglio una borsa di un paese con un buon bacino di persone vaccinate che subisce un rallentamento temporaneo nelle vaccinazioni anziché un borsa di un paese che ha iniziato le vaccinazioni da un certo periodo di tempo e che ha incrementato le somministrazioni in un certo giorno dopo aver sempre proceduto a rilento.

Le ultime variabili indipendenti relative all'ambito sanitario riguardano il numero di ricoveri o ospedalizzazioni generiche e il numero di ricoveri in terapia intensiva per milione di abitanti. Queste due variabili si riferiscono entrambe alla pressione esercitata sul sistema

sanitario nazionale, ossia alla condizione che ha portato i diversi governi ad agire limitando le libertà individuali. Per introdurre la descrizione di questo aspetto nel modello si decide di introdurre una sola delle due variabili perché le stesse possiedono una correlazione oltre il 98% come mostrato in figura 75. La variabile prescelta è quella sui ricoveri generici perché

```
. corr rxmln tixmln
(obs=415)
```

	rxmln	tixmln
rxmln	1.0000	
tixmln	0.9855	1.0000

Figura 55: coefficiente di correlazione tra ricoveri generici e ricoveri in terapia intensiva.

meno limitante nella descrizione della pressione sugli ospedali. La riflessione che va fatta in questo caso riguarda l'idea che i ricoveri generici per milione di abitanti riguardino un numero che non è destinato ad aumentare sempre con l'andare del tempo, come avviene per i casi o i decessi totali, bensì è destinato ad aumentare solo durante le ondate di contagi; ecco perché risulta utile come variabile da inserire. Procedendo all'inserimento si incorre in un modello che sarebbe poco logico intuitivamente. Infatti, in figura 76 si mostra un coefficiente positivo della variabile sui ricoveri, cioè a dire che all'aumentare dei ricoveri si abbia un effetto positivo sugli indici di borsa. Sempre per tentativi, con l'obiettivo di migliorare il

Linear regression	Number of obs =	415
	F( 4, 410) =	360.54
	Prob > F =	0.0000
	R-squared =	0.6466
	Root MSE =	9.3459

index	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tp	-77.74906	13.83822	-5.62	0.000	-104.9518	-50.54633
vctxh	1.018368	.065669	15.51	0.000	.8892782	1.147458
vctxh2	-.0087044	.0009692	-8.98	0.000	-.0106097	-.0067992
rxmln	.0216402	.0039595	5.47	0.000	.0138568	.0294237
_cons	105.388	.9769872	107.87	0.000	103.4675	107.3085

Figura 56: modello di regressione multipla che include la variabile sui ricoveri generici.

modello si è deciso di introdurre anche in questo caso una variabile di secondo grado per descrivere meglio l'effetto della variabile indipendente su quella dipendente. I problemi sono risolti con mostrato in figura 77 in cui si nota che i ricoveri hanno un effetto negativo sull'andamento dell'indice di borsa, che è anche crescente al margine. In altre parole, è più

incisivo un aumento di 100 unità di ricoveri per milione se le persone già ricoverate sono tante. Questo si accoda al ragionamento di poc' anzi circa la pressione sul sistema sanitario.

```

Linear regression
Number of obs = 415
F( 5, 409) = 322.89
Prob > F = 0.0000
R-squared = 0.6809
Root MSE = 8.8927

```

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-70.96857	12.08316	-5.87	0.000	-94.72142	-47.21572
vctxh	1.204055	.0716416	16.81	0.000	1.063223	1.344886
vctxh2	-.0117366	.0011181	-10.50	0.000	-.0139346	-.0095386
rxmln	-.0392541	.0115905	-3.39	0.001	-.0620384	-.0164698
rxmln2	.0001089	.0000172	6.33	0.000	.0000751	.0001427
_cons	108.3383	1.028419	105.34	0.000	106.3166	110.3599

Figura 57: modello di regressione multipla includendo le variabili indipendenti di primo e secondo grado sui ricoveri generici.

Nell'ultimo output prodotto tutte le variabili sono statisticamente significative e possiedono un significato logico ed adatto alla descrizione del fenomeno pandemico e dei suoi effetti sui principali indici di borsa mondiali.

Rispetto al set di variabili precedentemente elencato restano da considerare gli indici dell'Univeristà di Oxford, le variabili flag con notizie positive e negative di ogni genere ricevute sui mercati e le variabili sul numero di tamponi. Intorno a queste ultime variabili si ripetono due dei discorsi fatti precedentemente. Nel caso del numero totale di tamponi effettuati, questo è destinato a crescere indipendente dall'andamento della situazione sanitaria (come mostrato in figura 78) e non è per questo una variabile indipendente utile a

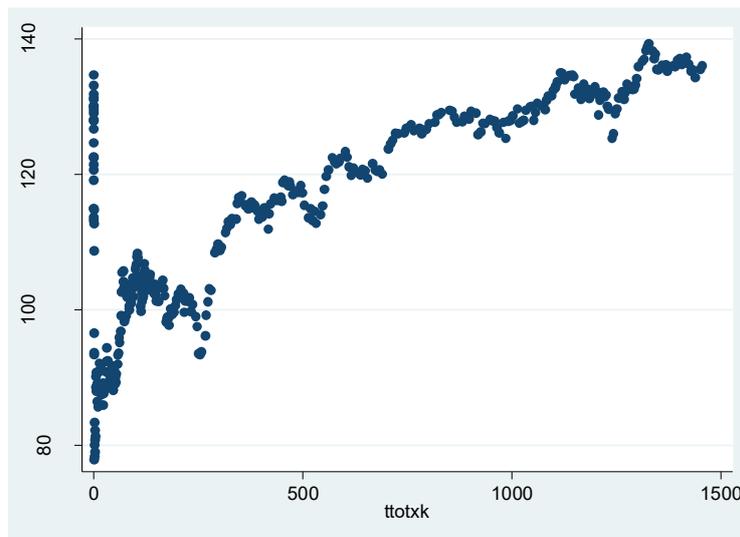


Figura 78: scatter plot indice di borsa e numero totale di tamponi molecolari effettuati.

descrivere il fenomeno di nostro interesse. Per la variabile relativa al numero di nuovi tamponi effettuati vale il discorso fatto per il numero di nuovi casi rilevati, ovvero tale indicazione sul numero di tamponi effettuati è già presente all'interno del tasso di positività. Resta da valutare l'inserimento nel modello dei quattro indici considerati e delle variabili flag sulle notizie circolate.

Partendo dai quattro indici che descrivono cose diverse si è deciso di inserirli contemporaneamente tutti e quattro per fare dei ragionamenti alla luce dell'output prodotto in figura 79 mostrato di seguito. Emergono due dati sostanziali: la variabilità spiegata dal

Linear regression	Number of obs = 415
	F( 9, 405) = 561.33
	Prob > F = 0.0000
	R-squared = 0.7396
	Root MSE = 8.0716

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-41.21964	17.014	-2.42	0.016	-74.66641	-7.772869
vctxh	1.147138	.1268472	9.04	0.000	.8977773	1.3965
vctxh2	-.0112977	.0014501	-7.79	0.000	-.0141484	-.008447
rxmln	-.0075578	.0125059	-0.60	0.546	-.0321425	.0170268
rxmln2	.0000884	.0000183	4.83	0.000	.0000524	.0001244
sev	-.9247039	.2915333	-3.17	0.002	-1.497811	-.3515966
contenim	.8663328	.303027	2.86	0.004	.2706306	1.462035
rispgov	-.1415975	.0882508	-1.60	0.109	-.3150843	.0318893
suppeco	-.1304192	.0544961	-2.39	0.017	-.2375497	-.0232886
_cons	122.9317	3.938372	31.21	0.000	115.1895	130.674

Figura 79: modello di regressione multipla con l'introduzione dei quattro indici di Oxford.

modello aumenta con un residuo della regressione contenuto (pari ad 8,0716), ma la significatività del coefficiente di rxmln crolla. Durante il processo di costruzione del modello esiste la possibilità che introducendo nuove variabili una di quelle inserite precedentemente diventi molto poco significativa. Questa è la situazione che si è verificata nel caso di specie. Infatti, in figura 80 si mostra come rimuovendo la variabile rxmln la variabilità spiegata dal modello rimanga costante fino al millesimo dopo la virgola. Inoltre, l'errore della regressione diminuisce, anche se di poco e tutte le variabili tornano ad essere significativamente diverse da zero per un livello pari almeno al 5%. Dal punto del significato delle variabili e dei loro coefficienti c'è coerenza logica in quasi tutte le parti del modello:

- il tasso di positività influenza negativamente gli indici di borsa;
- le vaccinazioni hanno un effetto positivo e decrescente al margine sugli indici borsa;
- i ricoveri hanno un effetto marginale negativo ma crescente al margine sugli indici;

Linear regression

Number of obs = 415  
 F( 8, 406) = 538.64  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.7394  
 Root MSE = 8.0656

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-44.45991	15.35721	-2.90	0.004	-74.64949	-14.27033
vctxh	1.160696	.1286666	9.02	0.000	.9077599	1.413632
vctxh2	-.0112589	.0014418	-7.81	0.000	-.0140933	-.0084245
rxm1n2	.000077	4.74e-06	16.26	0.000	.0000677	.0000864
sev	-.8600281	.2737491	-3.14	0.002	-1.398171	-.3218856
contenim	.7953517	.2805721	2.83	0.005	.2437963	1.346907
rispgov	-.1722672	.0756908	-2.28	0.023	-.321062	-.0234724
suppeco	-.1184516	.0494833	-2.39	0.017	-.215727	-.0211762
_cons	124.1234	3.491137	35.55	0.000	117.2605	130.9864

Figura 80: modello di regressione con l'esclusione della variabile rxm1n.

- l'indice di severità pesa negativamente sulle borse;
- l'indice di contenimento pesa positivamente sulle borse;
- l'indice di risposta del governo pesa negativamente sulle borse e questo non ha senso logico;
- l'indice di supporto economico pesa negativamente sulle borse e questo non ha senso logico.

Per uscire da questo involuppo si riporti alla memoria la composizione di ciascun indice precedentemente descritta in modo dettagliato e si noti che l'indice di risposta del governo include tutti i sottoindicatori inclusi nell'indice di severità e nell'indice di contenimento. Ergo, l'indice in questione, come dimostrano gli alti coefficienti di correlazione in figura 81, è sufficientemente integrato da altri due indici.

```
. corr sev rispgov
(obs=415)
```

	sev	rispgov
sev	1.0000	
rispgov	0.8050	1.0000

```
. corr contenim rispgov
(obs=415)
```

	contenim	rispgov
contenim	1.0000	
rispgov	0.8831	1.0000

Figura 81: coefficienti di correlazione tra indici di Oxford.

Diversamente, l'indice di supporto economico è l'indice meno correlato rispetto agli altri tre e il significato logico poco coerente va giustificato in altro modo. Le considerazioni dovrebbero essere più approfondite, ma prendendo spunto da considerazioni economiche è

possibile che gli investitori integrino nelle loro valutazioni il grado di indebitamento a cui uno Stato si sottopone per fare fronte a situazioni emergenziali, prevedendo tasse che in paesi come l'Italia porteranno ad aumentare il debito pubblico già oltre misura. Nonostante questa considerazione non dimostrata, si può con certezza affermare che nel caso di specie i sottoindicatori economici usati per il calcolo dell'indice non sono adeguati a descrivere il fenomeno in esame, altrimenti il modello si sarebbe comportato diversamente in presenza della variabile indipendente sul supporto economico. Rimuovendo i due indici in questione ci si riconduce ad un modello che funziona in toto dal punto di vista logico, ma che propone come unico elemento senza fit un coefficiente dell'indice di contenimento non significativamente diverso da zero, con un p-valore oltre il 50% come si vede nell'output in figura 82. In ultimo, tornando sui propri passi, si può rimuovere l'indice di contenimento, lasciando unicamente l'indice di severità nel modello, giustificando questa scelta con riferimento alla composizione di ciascun indice. Infatti, l'indice di severità include come sottocomponenti i codici da C1 a C8 e H1, mentre l'indice di contenimento include come sottocomponenti i codici da C1 a C8 e poi H1, H2, H3, H6, H7 e H8.

In conclusione, si giunge al modello finale che segue in figura 82 con una variabilità dell'indice di borsa spiegata dal modello pari al 72,07%, che corrisponde ad un buon livello di bontà di adattamento del modello.

Linear regression	Number of obs = 415
	F( 5, 409) = 342.01
	Prob > F = 0.0000
	R-squared = 0.7207
	Root MSE = 8.319

index	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tp	-47.9099	12.53086	-3.82	0.000	-72.54283	-23.27697
rxm1n2	.0000652	5.46e-06	11.94	0.000	.0000544	.0000759
vctxh	1.35458	.0723472	18.72	0.000	1.212362	1.496799
vctxh2	-.0136122	.0011093	-12.27	0.000	-.0157928	-.0114317
sev	-.3134931	.0492257	-6.37	0.000	-.4102599	-.2167262
_cons	122.8823	2.682451	45.81	0.000	117.6091	128.1554

*Figura 82: modello finale di regressione multipla.*

Prima di concludere si deve precisare che la presenza delle variabili flag “pos” e “neg” è stata esclusa perché se introdotte congiuntamente o separatamente esse non possedevano in nessun caso coefficienti statisticamente significativi, né tantomeno aumentavano la variabilità spiegata dal modello o esponevano un coefficiente con senso logico rispetto al

fenomeno considerato. Per queste ragioni tali variabili flag escludono un effetto annuncio legato ai mercati in questa specifica situazione e rispetto alle notizie considerate come annunci nel presente lavoro di tesi.

## Modelli di regressione per diversi indici di borsa a confronto

In questo capitolo ci si pone l'obiettivo di confrontare il fit del modello trovato nel capitolo precedente rispetto agli altri indici di borsa considerati. In altre parole, si vuole comprendere se il modello elaborato per l'indice FTSE MIB della borsa di Milano possa essere utilizzato per descrivere il fenomeno delle oscillazioni di borsa durante la pandemia anche per indici degli altri paesi.

### 1. Confronto tra i modelli di regressione applicati agli indici di borsa europei

Questo paragrafo si apre con la presentazione del modello di regressione di cui al capitolo precedente applicato agli indici di borsa dei paesi europei considerati quali Germania, Francia, Regno unito e Spagna. Quello che ci si aspetta da questo confronto, anche rispetto a quanto detto nei capitoli precedenti è la possibilità di poter applicare il modello usato per il caso italiano anche agli altri mercati europei. Effettivamente quanto appena detto è possibile e il modello precedentemente costruito presenta coerenza nel caso di tutti e quattro gli indici di borsa europei.

Nello specifico in figura 83 si presenta il modello applicato all'indice di Francoforte. Si nota

```
Linear regression                                Number of obs =      417
                                                F(   5,   411) =   351.03
                                                Prob > F       =   0.0000
                                                R-squared      =   0.7373
                                                Root MSE      =   9.1545
```

index	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tp	-199.8761	33.07948	-6.04	0.000	-264.9022	-134.8501
rxmln2	.0108462	.0011894	9.12	0.000	.0085081	.0131843
vctxh	1.104856	.0836348	13.21	0.000	.9404507	1.269262
vctxh2	-.0072819	.001523	-4.78	0.000	-.0102758	-.0042881
sev	-.1122723	.0263485	-4.26	0.000	-.1640668	-.0604777
_cons	134.4056	1.708437	78.67	0.000	131.0472	137.7639

Figura 83: modello di regressione applicato all'indice tedesco DAX 30.

dall'output di regressione che tutte le variabili indipendenti presentano dei coefficienti coerenti con il loro significato logico visto nel capitolo precedente. Per essere chiari: il coefficiente del tasso di positività e dell'indice di severità sono negativi perché all'aumentare di entrambi gli indicatori si registrano effetti negativi in borsa; il coefficiente della variabile riguardante il numero di vaccinati è invece positivo perché all'aumentare di questa misura

migliorano le performance di borsa. In ultimo, le variabili di secondo grado mostrano effetti marginali crescenti per i ricoveri e decrescenti per il numero di persone vaccinate. Tutte le variabili in questione sono significativamente diverse da zero, come suggerito dal p-valore. Inoltre, a livello aggregato si nota aumentare leggermente la variabilità della variabile dipendente spiegata dal modello anche a fronte di un altrettanto leggero aumento del residuo della regressione. Infine, va sottolineato il valore assoluto del coefficiente del tasso di positività che nel caso di specie esplose oltre cento; questo implica un effetto molto notevole del tasso di positività sulle variazioni dell'indice di borsa

Quanto detto per il DAX 30 resta più o meno valido per l'indice di Parigi. Infatti, senza ripetersi in figura 84 si nota la significatività statistica di tutte le variabili indipendenti del modello e la coerenza logica dei loro coefficienti. Va però sottolineato che rispetto all'indice

Linear regression	Number of obs =	422
	F( 5, 416) =	1022.97
	Prob > F =	0.0000
	R-squared =	0.9127
	Root MSE =	5.3495

index	Robust					[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.	t	P> t			
tp	-35.93822	2.807552	-12.80	0.000	-41.45698	-30.41947	
rxm1n2	.0001191	6.50e-06	18.32	0.000	.0001063	.0001319	
vctxh	.9484446	.0487292	19.46	0.000	.8526584	1.044231	
vctxh2	-.0053028	.0009443	-5.62	0.000	-.0071589	-.0034467	
sev	-.4055502	.0320664	-12.65	0.000	-.4685827	-.3425178	
_cons	138.8132	1.421419	97.66	0.000	136.0191	141.6072	

Figura 84: modello di regressione applicato all'indice francese CAC 40.

delle principali borse tedesca ed italiana l'indice CAC 40 presenta un adattamento al modello molto migliore sfiorando il 92% di variabilità dell'indice di borsa spiegata dal modello di regressione. In aggiunta l'errore della regressione diminuisce fino ad un valore di 5,3495 minore di quello rilevato nel caso della Germania e dell'Italia. In questo caso, diversamente dal caso tedesco, il coefficiente del tasso di positività torna ad un livello paragonabile a quello italiano, mentre si riduce di quasi cento volte l'incisività della variabile marginale sui ricoveri generici nominata "rxm1n2" e si dimezza l'effetto positivo delle vaccinazioni sulle variazioni dell'indice di borsa.

Il discorso fatto per il DAX 30 e il CAC 40, tuttavia, non sembra valere a pieno per l'indice di Londra e quello di Madrid. Per questi due casi, come si vede negli output in figure 85 e 86, la variabilità dell'indice di borsa spiegata del modello diminuisce al 68,91% nel caso del

Linear regression

Number of obs = 411  
 F( 5, 405) = 498.18  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.6891  
 Root MSE = 4.6331

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-13.66216	3.553658	-3.84	0.000	-20.64808	-6.676246
rxm1n2	.0000438	3.34e-06	13.10	0.000	.0000372	.0000503
vctxh	.4683968	.0376326	12.45	0.000	.3944172	.5423764
vctxh2	-.004313	.0006728	-6.41	0.000	-.0056355	-.0029904
sev	-.19655	.0315865	-6.22	0.000	-.258644	-.134456
_cons	105.8696	2.14075	49.45	0.000	101.6613	110.078

Figura 85: modello di regressione applicato all'indice britannico FTSE 100.

Linear regression

Number of obs = 416  
 F( 5, 410) = 189.70  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.5886  
 Root MSE = 5.8181

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-9.970423	4.520763	-2.21	0.028	-18.85719	-1.083656
rxm1n2	.0000219	2.60e-06	8.40	0.000	.0000167	.000027
vctxh	.6849876	.0294209	23.28	0.000	.627153	.7428222
vctxh2	-.0078561	.0004057	-19.36	0.000	-.0086535	-.0070586
sev	-.2814769	.0194697	-14.46	0.000	-.3197498	-.243204
_cons	90.72045	1.310776	69.21	0.000	88.14377	93.29713

Figura 86: modello di regressione applicato all'indice spagnolo IBEX 35.

Regno Unito e crolla al 58,86% per l'IBEX 35. Gli errori della regressione multipla nella stima del modello sembrano comunque diminuire in entrambi i casi. Per quanto riguarda le variabili resta ferma la coerenza dei coefficienti delle variabili indipendenti rispetto al loro significato effettivo, ma è da sottolineare come in entrambi i casi il coefficiente della variabile di secondo grado sui ricoveri incida in modo quasi nullo sulle variazioni degli indici di borsa. Inoltre, in entrambi i casi il tasso di positività torna ad incidere sulla variazione degli indici di borsa in modo paragonabile a quanto risulta per il caso del CAC 40 e del FTSE MIB.

In aggregato si può affermare che l'effetto dell'indice di severità si mantiene entro un range di valori paragonabili per tutti i paesi europei visti finora e lo stesso vale per la variabile che descrive l'effetto marginale delle vaccinazioni.

## 2. Confronto tra i modelli di regressione applicati agli indici di borsa non europei

Come primo caso di paese extra continentale si prendano in analisi gli Stati Uniti. Come si mostra in figura 87 dalle statistiche in alto a destra, anche in questo caso il modello valido per tutti i mercati finanziari europei presenta un buon livello di adattamento al mercato

Linear regression	Number of obs = 417
	F( 5, 411) = 866.24
	Prob > F = 0.0000
	R-squared = 0.8970
	Root MSE = 8.579

index	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tp	-165.3931	14.32382	-11.55	0.000	-193.5502	-137.236
rxm1n2	.0003267	.0000124	26.31	0.000	.0003023	.0003511
vctxh	1.852839	.0741343	24.99	0.000	1.707109	1.998569
vctxh2	-.0169571	.0013198	-12.85	0.000	-.0195515	-.0143627
sev	-.0737884	.0326031	-2.26	0.024	-.0096988	-.137878
_cons	156.9749	1.558602	100.72	0.000	153.9111	160.0387

Figura 87: modello di regressione applicato all'indice statunitense S&P 500.

finanziario americano dell'indice S&P 500. A questo proposito l'errore di stima della regressione si dimostra a livelli contenuti e la variabilità dell'indice di borsa spiegata dal modello raggiunge l'89.70% quasi come nel caso francese. Tutte le variabili presentano dei coefficienti coerenti con il loro significato e l'effetto intuitivo che le variabili indipendenti in questione dovrebbero avere sulle variazioni dell'indice di borsa a livello intuitivo. Sempre a proposito dei coefficienti di ciascuna variabile, che individuano la portata dell'effetto di variazione sull'indice di borsa in funzione di una variazione unitaria della ascissa considerata, si può notare che gli effetti del numero di persone vaccinate e del tasso di positività aumentano (nel primo caso anche notevolmente superando la Germania), mentre gli effetti dei ricoveri e dell'indice di severità diminuiscono di molto.

Infine, la significatività di tutte le variabili indipendenti è confermata dal test di Student fatto su ciascuna di esse che indica una significatività leggermente più ridotta per il coefficiente dell'indice di severità ad un livello del 2,4%.

Spostando il focus della discussione sui paesi in via di sviluppo si potranno notare nel modello di regressione multipla delle differenze anche significative e delle similitudini interessanti.

Lasciando la Cina per ultima, ci si può concentrare sul Brasile che si è dimostrato in realtà un caso poco interessante a causa dei dati abbastanza rarefatti forniti dal governo brasiliano

e noti anche per istituzioni di rilievo internazionale come l'Organizzazione Mondiale della Sanità. Nel caso di specie per il Brasile non si è riusciti ad ottenere i dati puntuali sulle ospedalizzazioni generiche giornaliere. Essendo una variabile considerata nel modello, in sua assenza la regressione ne risulta modificata come si presenta in figura 88. La variabilità

```

Linear regression                                Number of obs =      243
                                                F( 4, 238) =      69.71
                                                Prob > F      =      0.0000
                                                R-squared    =      0.4194
                                                Root MSE    =      14.696
    
```

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-51.0285	14.38122	-3.55	0.000	-79.35923	-22.69777
vctxh	1.914108	.135351	14.14	0.000	1.647469	2.180747
vctxh2	-.0272919	.0022422	-12.17	0.000	-.031709	-.0228748
sev	-.1392351	.0448994	-3.10	0.002	-.2276861	-.0507842
_cons	241.1082	3.132758	76.96	0.000	234.9367	247.2797

Figura 88: modello di regressione applicato all'indice statunitense S&P 500.

spiegata dal modello è infatti insufficiente per poterlo ritenere attendibile ed inoltre il residuo della regressione è maggiore rispetto a tutti i casi visti fin qui.

Passando ad esaminare i casi di India e Russia, va comunque detto che, nel caso dell'India, i dati per ciascuna variabile sono presi per buoni, pur essendo noto ai media di tutto il mondo che la situazione sanitaria è stata ed è tutt'ora fuori controllo.

In entrambi i casi il residuo della regressione è un po' più grande rispetto agli errori ottenuti finora, ma questo è sensato se si considerano le differenze strutturali tra il mercato finanziario italiano, per cui è stato costruito il modello, e i mercati di paesi in via di sviluppo come quello indiano o russo. Nonostante questo, la variabilità spiegata dal modello è da ritenersi più che soddisfacente nel caso della Russia (84,56%) e abbastanza soddisfacente nel caso dell'India (63,56%). Anche questo è in linea con i discorsi fatti nei capitoli precedenti che parlano della Russia come un paese sì fuori dall'Europa, ma che presenta con essa forti legami in qualità di porta versa Oriente. Ecco perché il modello è così adattabile anche ad un indice come il MOEX. Calandosi maggiormente nei dettagli e guardando gli output nelle figure 89 e 90, si può affermare che tutte le variabili del modello presentano coefficienti significativamente diversi da zero come confermato dal test di Student nella quarta e nella quinta colonna, dove si mostra un p-valore pari a zero per tutte le variabili in entrambi gli output di cui si sta discutendo. Per quanto riguarda il valore assoluto dei coefficienti si può osservare come siano tutti di notevoli dimensioni per la regressione

Linear regression

Number of obs = 411  
 F( 5, 405) = 472.39  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.8456  
 Root MSE = 12.522

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-617.2933	46.4576	-13.29	0.000	-525.9651	-708.6214
rxm1n2	-3.033271	.7812047	-3.88	0.000	-4.568994	-1.497549
vctxh	5.290336	.1943572	27.22	0.000	4.908261	5.672411
vctxh2	-.1293979	.0075704	-17.09	0.000	-.1442802	-.1145157
sev	-.4977172	.0391101	-12.73	0.000	-.5746014	-.420833
_cons	217.6936	2.409044	90.37	0.000	212.9578	222.4294

Figura 89: modello di regressione applicato all'indice russo MOEX.

Linear regression

Number of obs = 405  
 F( 5, 399) = 364.89  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.6356  
 Root MSE = 17.679

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-30.47327	6.876941	-4.43	0.000	-43.99283	-16.9537
rxm1n2	-7.708978	1.197071	-6.44	0.000	-10.06233	-5.355623
vctxh	4.164596	.2262108	18.41	0.000	3.719882	4.60931
vctxh2	-.078425	.0070999	-11.05	0.000	-.0923828	-.0644672
sev	-.213085	.0575591	-3.70	0.000	-.326242	-.099928
_cons	173.2345	4.213836	41.11	0.000	164.9505	181.5186

Figura 90: modello di regressione applicato all'indice indiano BSE Sensex.

sull'indice russo. Il dato più eclatante è il coefficiente del tasso di positività pari ad oltre un valore di seicento. Alla luce di questo dato i valori tabellari inseriti come in input in STATA sono stati passati al setaccio alla ricerca di possibili outlier che sono stati esclusi anche con l'ausilio di grafici. In assenza di valori falsati relativi al tasso di positività che potessero spiegare questo valore, l'altra spiegazione plausibile si riferisce ad un indice molto volatile e sensibile rispetto all'andamento della pandemia. A sostegno di questa tesi si può guardare alla Russia come un paese forte esportatore di risorse carbon fossili e di gas naturale che a causa dei diversi lockdown, limitazioni alla circolazione, limitazione delle attività anche industriali deve aver subito fortemente l'impatto della pandemia. Infine, va detto che in senso opposto l'indice di borsa MOEX si dimostra anche molto sensibile rispetto agli altri paesi al numero di persone vaccinate, che dà uno slancio positivo alla borsa. Nel caso del principale

indice di borsa indiano, invece, resta da rilevare il buon impatto positivo che il numero di persone vaccinate può vantare sulle variazioni dell'indice di borsa. Una differenza significativa nei risultati per entrambi i casi riguarda il coefficiente della variabile marginale sul numero di ospedalizzazioni totali. Diversamente da tutti gli altri paesi, il coefficiente è negativo e questo indica che al crescere dei ricoveri l'effetto sulla borsa, sia positivo che negativo, è andato decrescendo progressivamente. Si immagina un effetto negativo dei ricoveri sulle variazioni dell'indice di borsa: si può pensare ad un effetto che si è attenuato a causa della scarsa disponibilità degli ospedali che ha da subito fatto andare in sofferenza i sistemi sanitari di Russia ed India.

Ultimo, ma non per importanza, resta da analizzare il caso cinese di fondamentale interesse. In tutti gli altri capitoli si è parlato della Cina come un paese che ha subito le conseguenze della pandemia in modo più tenue pur essendo stato il primo a subirne. Il modello di regressione sembra confermare questa ipotesi. Infatti, il modello valido per tutti gli altri paesi, pur con le loro differenze non è valido per la Cina. In figura 91 si mostra nel caso del modello benchmark un valore della statistica R-quadro pari al 4%, un valore davvero molto basso. In aggiunta l'indice di severità sembrerebbe avere un coefficiente positivo, ma

```

Linear regression                               Number of obs =      410
                                                F( 5, 404) =    148.20
                                                Prob > F       =     0.0000
                                                R-squared      =     0.0464
                                                Root MSE      =     8.3019

```

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-42.0068	9.013081	-4.66	0.000	-59.72519	-24.2884
rxm1n2	-.1542119	.243855	-0.63	0.527	-.633595	.3251712
vctxh	.433008	.0416225	10.40	0.000	.3511843	.5148318
vctxh2	-.0058172	.0007525	-7.73	0.000	-.0072965	-.0043379
sev	.0096636	.01067	0.91	0.366	-.0113122	.0306393
_cons	112.9804	1.12835	100.13	0.000	110.7622	115.1986

Figura 91: modello di regressione applicato all'indice cinese HSI.

soprattutto non significativamente diverso da zero, così come la variabile di secondo grado sui ricoveri.

Alla luce di questa situazione, si è pensato di rivedere il modello rimaneggiando le variabili. Il modello che ne è scaturito è riportato in figura 92 e mostra innanzitutto un valore di R-quadro pari al 47,47%, valore contenuto ma accettabile perché più di dieci volte superiore rispetto al precedente. La regressione multipla modificata mantiene le stesse variabili di

Linear regression

Number of obs = 410  
 F( 6, 403) = 313.38  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.4747  
 Root MSE = 6.1693

index	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tp	-62.09146	6.853273	-9.06	0.000	-75.56409	-48.61883
vctxh	.1077215	.0327179	3.29	0.001	.0434026	.1720405
vctxh2	-.0013828	.0006105	-2.27	0.024	-.002583	-.0001827
sev	-1.105899	.0775847	-14.25	0.000	-1.25842	-.9533774
contenim	1.19474	.0809344	14.76	0.000	1.035634	1.353847
rispgov	.5641822	.0688198	8.20	0.000	.4288916	.6994728
_cons	72.53683	5.506296	13.17	0.000	61.71218	83.36148

Figura 92: nuovo modello di regressione applicato all'indice cinese HSI.

prima, ad esclusione della variabile sui ricoveri, ed introduce come variabili anche gli indici di contenimento e di risposta governativa. Il significato dei coefficienti delle variabili è coerente come nei casi precedenti anche per le due nuove variabili introdotte. Infatti, tanto più la risposta governativa e l'abilità di contenere il virus sono forti tanto migliori saranno le performance di borsa. Infine, le variabili sono tutte statisticamente significative ad un livello di almeno il 5% come confermato dal valore del test t di Student o del p-value per cui la variabile meno significativa è quella di secondo grado sul numero di vaccinati.

Tirando le fila il modello costruito a partire dalla situazione italiana risulta valida per quasi tutti i paesi presi in esame con buoni fit e questo dimostra un comportamento molto affine delle principali borse mondiali a fronte di questa situazione sanitaria emergenziale.



## Sitografia

- [https://github.com/OxCGRT/covid-policy-tracker/blob/master/documentation/index\\_methodology.md](https://github.com/OxCGRT/covid-policy-tracker/blob/master/documentation/index_methodology.md)
- <https://it.investing.com/>
- <https://ourworldindata.org/coronavirus-source-data>
- [https://github.com/OxCGRT/covid-policy-tracker/blob/master/documentation/interpretation\\_guide.md](https://github.com/OxCGRT/covid-policy-tracker/blob/master/documentation/interpretation_guide.md)
- <https://github.com/OxCGRT/covid-policy-tracker>
- [https://covidreference.com/timeline\\_it](https://covidreference.com/timeline_it)
- <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#>
- <https://app.flourish.studio/visualisation/7350150/>
- [www.ilsole24ore.com](http://www.ilsole24ore.com)
- [www.ilpost.it](http://www.ilpost.it)
- [www.italiawiki.com](http://www.italiawiki.com)
- [www.it.finance.yahoo.com](http://www.it.finance.yahoo.com)
- [www.borsaitaliana.it](http://www.borsaitaliana.it)
- [www.teleborsa.it](http://www.teleborsa.it)
- <https://www.nber.org/>
- <https://www.oecd.org/coronavirus/en/>
- <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19>

## Ringraziamenti

Per primo, ci tengo a ringraziare il *Professor Franco Varetto* che, come relatore, mi ha saputo guidare nella stesura di questo lavoro di tesi in un campo così nuovo ed inesplorato. Lo ringrazio per la cordialità, la professionalità e il supporto costante.

Di seguito, vorrei ringraziare tutte le persone importanti nella mia vita che mi hanno supportato e supportato in questo percorso, partendo dalla mia famiglia. Questa volta cercherò di essere più conciso, ve lo prometto, anche se so che queste due pagine saranno le uniche ad essere lette con attenzione.

Ringrazio la mia *mamma* che mi ha fatto il regalo più bello di tutta la mia vita: mi ha sempre permesso di essere libero. Sono sempre stato libero di comportarmi come meglio credevo. Sono sempre stato libero di fare le mie scelte e di intraprendere la strada che desideravo. Non sono mai stato limitato in niente. La libertà è il dono più bello che potessi farmi.

Ringrazio la mia *sorellina* così diversa da me, ma così simile allo stesso tempo. Sei l'esempio di come si possano superare i propri limiti gettando il cuore oltre l'ostacolo. Sei il mio risultato migliore, persino più bello di questo traguardo. E non sai quanto io sia orgoglioso di rappresentare per te, quello che riferisci sempre. Sei il mio orgoglio.

Ringrazio mio *papà* e il mio *fratellino*. Abbiamo caratteri estremamente diversi, ma forse ultimamente abbiamo imparato a comprenderci meglio. Sono sicuro che tu, Albi, saprai crescere nel migliore dei modi e ti prometto che sarò sempre al tuo fianco pronto a sostenerti e consigliarti al meglio delle mie capacità.

Ringrazio *nonno Ago*, che pur essendo burbero nei modi e antico nei pensieri, mi ama forse più di tutti a questo mondo.

Ringrazio *nonna Piera*, giovane dentro (forse un po' troppo) che mi ha fatto da seconda mamma durante l'infanzia.

Ringrazio *nonna Teresa*, che con un carattere tutto suo, è degna di tutta la mia stima per come affronta anche piccole sfide che alla sua età, però, diventano grandi.

Dopodiché, ci tengo a ringraziare tutti i miei amici che fortunatamente sono tanti e mi vogliono tanto bene. Sappiate che vi amo come prima cosa e ognuno di voi aggiunge qualcosa di bello alla mia vita.

Ringrazio i miei fedeli compagni di viaggio da circa dieci anni. Non ci siamo mai mollati, nonostante ciascuno di noi abbia preso una strada diversa. Grazie a *Chiara, Marti, Davi* e *Benni* e grazie anche a *Fede*, ultimo arrivato. Spero di poter condividere con voi tutta la vita,

gioendo dei traguardi di ciascuno di noi come una vera famiglia. Ringrazio qui di seguito una persona che c'entra con quelle appena nominate, ma non del tutto.

Ringrazio te, cuore *Bj*, perché hai da sempre saputo essere per me di esempio nelle scelte giuste o sbagliate che fossero. Il bene che ti voglio mi batte nel petto all'unisono con le nostre risate ogni volta che si fondono e rimbombano in giro per il mondo. Voglio aggiungere un grazie esteso alla tua famiglia tutta che è un po' anche la mia, soprattutto a *Sabro* in cui rivedo tanto di me e a *Bubo* a cui voglio bene dal primo secondo in cui l'ho conosciuto.

Per chiudere la cerchia di persone che il percorso scolastico mi ha regalato, ringrazio *Fede*, il cui soprannome, come sempre, non è consono, che da quasi diciotto anni mi sopporta a momenti alterni, pur essendoci sempre nei momenti importanti. In ultimo, grazie a te *Gillone*, così orso con gli altri e così orsetto con me, riesci a trasmettermi la certezza della tua costante presenza: so che se avessi mai bisogno, tu ci saresti per tutto.

Ci sono persone nelle cui vite vorrei essere più presente, ma la distanza me lo impedisce. A voi un grazie per esserci quel tanto che basta da sentirvi vicini. Grazie a mia cugina *Martina* perché per me sei famiglia e a *Marti*, *Leti*, *Laura* e *Tetta* che rappresentano per me i sorrisi di ogni estate e la gioia nel cuore in ogni secondo. Vorrei veramente avervi ad un tiro di schioppo per amarvi di più di quanto già non vi ami.

Il ballo, da sempre mia più grande passione, mi ha regalato delle persone che mi porterò dietro per tutta la vita e che per questo meritano di essere ringraziate per esserci con affetto e costanza. Ringrazio *Lello* che ammiro molto per la sua ambizione e la sua voglia di riscatto. Tu sei il mio businessman preferito, ti meriti tanta realizzazione personale e professionale e sappi che io ti voglio un mondo di bene. Ringrazio *Maraina* così fragile e così forte, due facce della stessa Maraina. Il tuo essere solare mi trasmette allegria e so che in cuor nostro c'è un filo invisibile che ci lega emotivamente ed indissolubilmente. Dimenticavo: ringrazio *Lello* anche per avermi fatto conoscere la croce dei miei ultimi tempi. Grazie *Pando* perché sei con me tutto quello che non sei con nessun altro, nel bene e nel male, e grazie perché anche nei nostri continui litigi non ho mai dubitato un secondo (testimone il mondo intero) che mi volessi bene davvero, nonostante tutto il resto. Mi tocca ringraziare anche *Gallè*, che non mi invitava alle grigliate, ma che con umiltà è sempre pronto a chiedere scusa quando serve. Ringrazio *Zelmi* con cui ho scoperto di avere più lati in comune di quelli che pensavamo possibili. Mi piace dire che abbiamo imparato a volerci bene, pur non essendone stati mai capaci sulla carta. Per finire ringrazio te *Tello*, il mio fratellone acquisito e pilastro

portante della mia vita, che mi conosce veramente fino al meandro più remoto della mia mente e nonostante questo mi vuole bene lo stesso. A volte conoscersi così bene diventa lesivo, ma tu, invece, mi sopporti ogni giorno dell'anno senza dubitare mai un secondo di quanto valga la nostra amicizia. Ti voglio vicino a me, oggi e sempre.