

Dipartimento  
di Impresa e Management

Cattedra di Financial Market Analysis

## La volatilità come asset durante le crisi finanziarie

Prof. Claudio Boido

---

RELATORE

Lorenzo Berti (216881)

---

CANDIDATO

Anno Accademico 2019/2020

*Alla mia famiglia, alla mia fidanzata e ai miei amici, grazie per il vostro sostegno che mi ha accompagnato lungo questo percorso.*

## INDICE

<i>INTRODUZIONE</i> .....	3
<i>CAPITOLO 1: INTRODUZIONE AL VIX</i> .....	4
1.1 L'indice VIX .....	4
1.2 La formula dell'indice VIX.....	7
1.3 Strumenti Derivati sull'indice .....	10
<i>CAPITOLO 2: IL VIX NELLE CRISI FINANZIARIE</i> .....	16
2.1 Andamento storico del VIX .....	16
2.2 Relazione fra l'indice della paura e il mercato azionario .....	19
2.3 Strategie di Investimento.....	23
2.4 Manipolazione dell'indice.....	28
<i>CAPITOLO 3: LA CRISI COVID-19</i> .....	33
3.1 Analisi di dati .....	33
3.2 Analisi delle variazioni .....	37
<i>CONCLUSIONI</i> .....	46
<i>BIBLIOGRAFIA</i> .....	47
<i>SITOGRAFIA</i> .....	50

## INTRODUZIONE

La volatilità è una misura statistica di significativa importanza nei mercati azionari in quanto indica la dispersione dei rendimenti di uno specifico titolo o di un indice di mercato, determinandone il rischio. Il suo calcolo può essere effettuato secondo il metodo dei prezzi storici, oppure tramite una deduzione implicita dal valore presente dei prezzi delle opzioni. Il secondo metodo è quello su cui si basa il calcolo dell'indice VIX. Introdotto sui mercati nel 1993 dal CBOE tramite il contributo di Robert Whaley, il VIX misura le aspettative degli operatori finanziari riguardo la volatilità futura del mercato azionario statunitense. Inizialmente utilizzato come un semplice riferimento per misurare il *sentiment* degli investitori sul mercato, la sua crescente popolarità è dovuta all'introduzione, nel 2004 da parte del CBOE, sul mercato degli strumenti derivati sul VIX. In conseguenza di ciò, il VIX è diventato un asset negoziabile dagli investitori. La forte domanda deriva dalla sua correlazione negativa con il mercato azionario. Tale caratteristica lo rende uno strumento idoneo per le strategie di diversificazione e di copertura dei portafogli degli investitori, in particolare durante forti oscillazioni del mercato.

Il presente elaborato propone un'accurata analisi delle caratteristiche del VIX, in particolare studiando l'efficacia delle strategie VIX-based realizzate dagli investitori per coprire i loro portafogli finanziari. Dalla crisi del 2008 è emerso che molte *asset class* non hanno mantenuto i passati livelli di correlazione rendendo più difficile costruire un portafoglio diversificato, in quanto durante le turbolenze finanziarie molti strumenti si muovono nella stessa direzione. Il corretto utilizzo del VIX come asset può apportare sostanziali benefici di diversificazione, superando i problemi sopra evidenziati.

Il primo capitolo esamina l'indice VIX, soffermandosi sul metodo di calcolo utilizzato per la determinazione del suo valore e completando con una descrizione dettagliata degli strumenti derivati sul VIX.

Il secondo capitolo approfondisce la struttura del VIX, in particolare analizzando la sua relazione con l'indice S&P 500 e le strategie di investimento realizzate dagli investitori che utilizzano il VIX come asset nei loro portafogli.

Nel terzo capitolo, è stata condotta una verifica riguardante l'andamento dei mercati finanziari durante l'emergenza coronavirus. In tale ottica è stato analizzato un portafoglio finanziario composto anche da una posizione VIX al fine di verificarne il suo contributo alla diversificazione nell'arco temporale compreso fra giugno 2019 e 2020.

# CAPITOLO 1: INTRODUZIONE AL VIX

## 1.1 L'indice VIX

Introdotta nel 1993 dal Chicago Board of Option Exchanges (CBOE), il VIX è uno degli strumenti più utilizzati per stimare le aspettative della volatilità del mercato; la volatilità è una misura statistica della dispersione dei rendimenti di un determinato titolo o di un indice di mercato (Investopedia, 2020).

Tale misura può essere calcolata in due modi:

Il primo metodo utilizza i prezzi storici in un determinato intervallo di tempo e comporta il calcolo della “varianza” ovvero, il valore atteso del quadrato delle deviazioni dalla media.

$$(1) \quad \sigma^2 = Var(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2$$

$X_i$ : rendimento storico  $i$ -esimo

$N$ : numero di osservazioni

$M$ : media dei rendimenti storici

Un secondo indicatore utilizzato in questo primo metodo è la deviazione standard pari alla radice quadrata della varianza:

$$(2) \quad \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Tale metodo potrebbe non rivelarsi adeguato, poiché utilizzando i prezzi storici, si basa sul presupposto che i prezzi in futuro seguiranno il percorso intrapreso in passato.

Il secondo metodo, invece, la determina in maniera implicita ovvero calcola la volatilità deducendola dal valore presente nei prezzi delle opzioni.

A tale fine si applica il modello di Black & Scholes ma in questo contesto l'incognita non sarà il prezzo dell'opzione ma si pone come valore non noto il valore del sigma.

Il VIX è stato il primo indice di riferimento introdotto dal CBOE per catturare le aspettative degli operatori sulla volatilità futura. Dal momento che il VIX è un *forward looking index*, nella sua costruzione viene utilizzata la volatilità implicita dei prezzi delle opzioni *at the money* che hanno come sottostante l'indice S&P 500 (SPX), in tal modo individua la volatilità futura attesa dell'indice SPX nei 30 giorni successivi. Lo Standard & Poor's Composite 500 è un indice *market value-weighted* computato. La variazione percentuale nel valore di mercato totale delle 500 società quotate rappresenterà la variazione dell'indice.

Nella sua prima costruzione nel 1993, basata sul contributo di Whaley, il VIX era calcolato tramite una ponderazione per la volatilità implicita di otto opzioni call e put *at the money* dell'indice S&P 100, in un periodo nel quale il mercato delle opzioni aveva ancora un'attività limitata essendo nella fase iniziale. In breve tempo il VIX è diventato il principale *benchmark* per la volatilità del mercato azionario degli Stati Uniti. La sua crescente popolarità, non solo tra gli operatori, si diffuse nelle diverse pubblicazioni finanziarie (Wall Street Journal, Barron's) e in programmi televisivi come CNBC e Bloomberg Tv, dove spesso l'indice VIX veniva definito come "l'indice della paura". Nel 2003, dal momento che il mercato dei derivati si era sviluppato fortemente, il Chicago Board of Option Exchanges in collaborazione con Goldman Sachs, decise di aggiornare il metodo di calcolo del VIX. Il nuovo VIX si basa sull'indice S&P 500 e stima la volatilità attesa aggregando i prezzi ponderati delle opzioni call e put del SPX su un ampio intervallo di *strike prices*. Questa nuova metodologia facilitò l'utilizzo del VIX per finalità di "*trade and hedge*". Il VIX mantiene la caratteristica, al pari di altri indici, di non consegnabilità ed in considerazione della sua costruzione non appare semplice creare un cosiddetto portafoglio. Il VIX aumenta quando l'indice azionario statunitense cade; tale peculiarità lo rende utile al fine di coprire il rischio associato a un portafoglio azionario. Spinto da questa crescente popolarità verso investimenti nella volatilità, il CBOE nel 2004 lanciò la possibilità di negoziare contratti future sull'indice VIX. Questi contratti hanno un moltiplicatore di \$1000 e sono pagati in contanti a scadenza. In seguito al successo dei VIX futures, il CBOE lanciò le VIX options nel febbraio del 2006. Queste opzioni hanno un moltiplicatore di \$100, e sono opzioni europee, ovvero esercitabili solo a scadenza. Una volta giunta la scadenza queste opzioni vengono liquidate per contanti (*cash settlement*), nel primo giorno lavorativo seguente la scadenza. Successivamente il CBOE ha introdotto anche i VIX "volatility swaps".

Gli investitori quindi iniziarono ad utilizzare questi assets per creare delle posizioni "VIX-like" investendo nella volatilità, creando in questo modo dei portafogli di azioni diversificati che tendono a salire quando il mercato azionario scende.

Il mercato delle opzioni sull'indice S&P 500 è diventato sempre più dominato dai cosiddetti *hedger*, i quali per coprirsi da potenziali cali improvvisi del mercato azionario decidono di comprare delle opzioni put. In questo modo gli operatori di mercato possono proteggere i loro investimenti da ingenti perdite derivanti da cali dei prezzi. Da questo concetto è possibile comprendere come il prezzo delle opzioni put sia influenzato dal sentimento di preoccupazione degli investitori, i quali aumenteranno la loro domanda di opzioni put, e dunque anche il prezzo dell'opzione stessa, in relazione ad una maggiore paura di un ribasso dei prezzi. L'aumento del prezzo delle opzioni put causa una variazione della *implied-volatility* del loro prezzo e di conseguenza un aumento del valore del VIX.

I seguenti grafici mostrano la relazione fra i prezzi azionari e l'indice VIX.

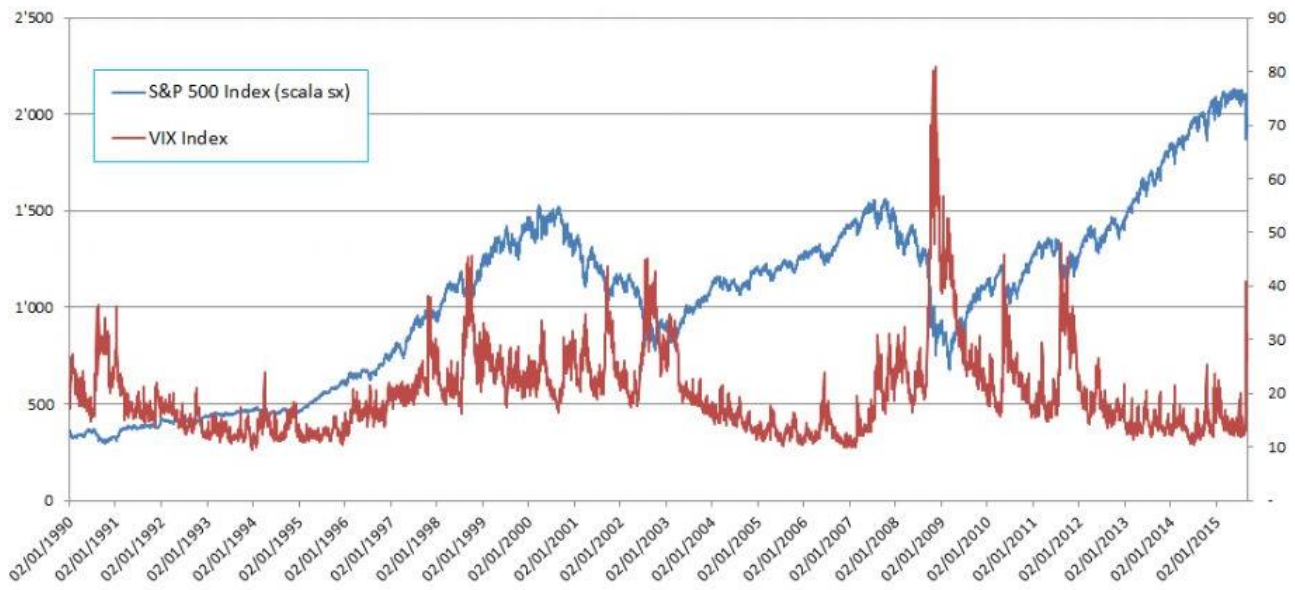


Figura 1, Andamento dell'indice VIX in relazione all'indice S&P 500

Fonte: cboe.com, 2015

Analizzando l'andamento del VIX dal 1997 ad oggi è possibile osservare che i valori dell'indice si assestano per la maggior parte del tempo nell'intervallo 18-35, anche se in alcuni periodi l'indice è arrivato a toccare anche gli 85 punti (Bloomberg, 2019). La media storica del VIX è di poco inferiore a 20 punti, dunque quando l'indice si aggira intorno a questo valore corrisponde ad un periodo di bassa preoccupazione dei mercati e di crescente ottimismo. Una caratteristica peculiare dell'indice è la sua capacità di ritornare alla media (*mean-reverting*), che aiuta gli investitori ad intraprendere migliori decisioni di investimento. A dimostrazione di ciò, è possibile osservare che anche in seguito all'ondata di pessimismo e incertezza che ha caratterizzato il periodo della crisi del 2007-2008, momento in cui l'indice ha raggiunto picchi storici, i valori dell'indici sono ritornati ai loro livelli normali.

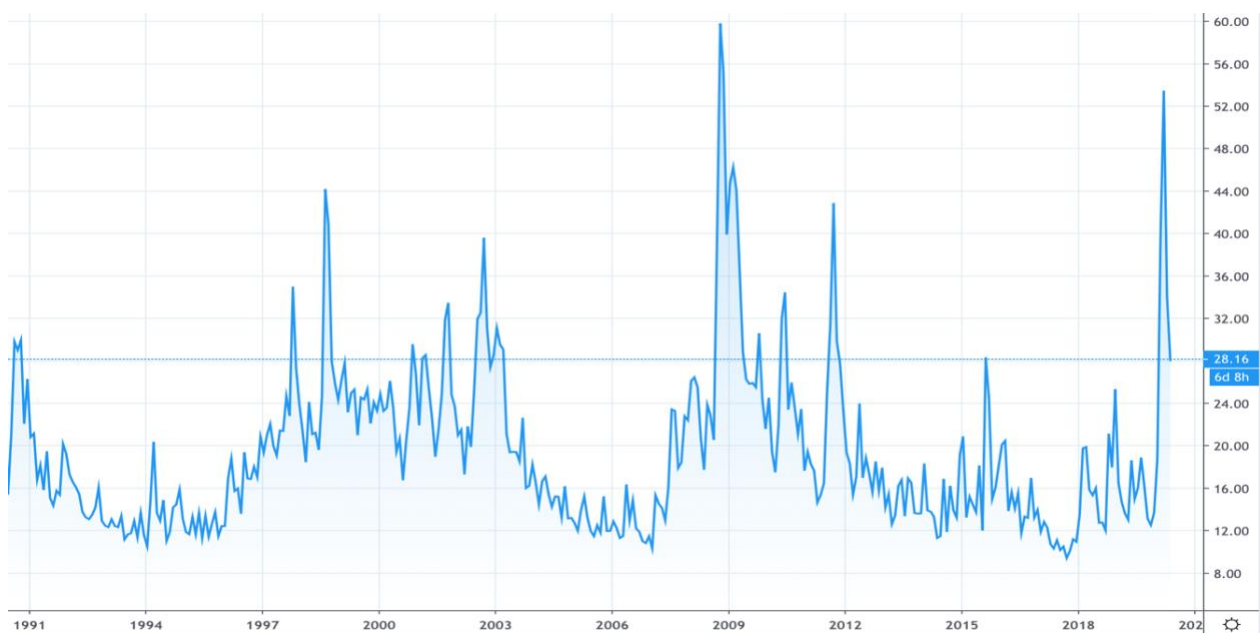


Figura 2, Andamento dell'indice VIX dal 1990 ad oggi

Fonte: Tradingview.com, 2020

Di seguito viene riportata una tabella nella quale viene spiegato il sentimento del mercato in relazione ai valori assunti dall'indice della paura.

5-10	Estremo ottimismo	35-40	Elevata preoccupazione
10-15	Elevato ottimismo	40-45	Estrema preoccupazione
15-20	Moderato ottimismo	45-50	Moderata paura
20-25	Lieve ottimismo	50-55	Elevata paura
25-30	Moderata incertezza	55-60	Intensa paura
30-35	Elevata incertezza	60-65	Estrema paura

Tabella 1, Valori dell'indice VIX associati al sentimento del mercato

Fonte: cboe.com, 2016

## 1.2 La formula dell'indice VIX

Il calcolo del VIX comprende delle opzioni piuttosto che delle azioni, con il prezzo di ogni opzione che riflette le aspettative di mercato della volatilità futura. Per la sua determinazione



vengono stabilite delle regole per la selezione delle opzioni che compongono l'indice, ed una formula utilizzata per il calcolo dei valori dell'indici (CBOE, 2003).

La formula utilizzata nel calcolo dell'indice VIX è riportata qui di seguito:

$$(3) \quad \sigma^2 = \frac{2}{T} \sum_i \frac{\Delta K_i}{K_i^2} e^{RT} Q(K_i) - \frac{1}{T} \left[ \frac{F}{K_0} - 1 \right]^2$$

Dove:

$\sigma^2$ : varianza implicita  $\rightarrow VIX = \sqrt{\sigma^2} \times 100$

T: Tempo rimanente alla scadenza

F: Livello dell'indice *forward* derivato dal prezzo delle opzioni dell'indice

$K_0$ : Primo *strike price* al di sotto del livello dell'indice *forward*, F

$K_i$ : *Strike price* della i-esima opzione *out of the money*; un'opzione *call* se  $K_i > K_0$  e una *put* se  $K_i < K_0$ ; sia *put* sia *call* se  $K_i = K_0$

$\Delta K_i$ : intervallo fra *strike prices*, semisomma dei due *strike prices* su entrambi i lati di  $K_i$ ,

$$\Delta K_i = \frac{K_{i+1} - K_{i-1}}{2}$$

Le sue componenti sono le opzioni *put* e *call*, “*near and next term*”, con più di 23 giorni e meno di 37 giorni alla scadenza. Queste componenti includono le opzioni SPX “*standard*” con data di scadenza il terzo venerdì del mese, e opzioni SPX “*weekly*” le quali scadono ogni venerdì, fatta eccezione del terzo venerdì di ogni mese. Una volta al mese, le opzioni SPX usate per calcolare il VIX scalano alle nuove scadenze del contratto. Ad esempio, al secondo martedì di ottobre, il VIX verrà calcolato utilizzando le opzioni SPX con scadenza 24 giorni dopo (*near-term*) e 31 giorni dopo (*next term*) nel giorno successivo, le opzioni SPX che scadono in 30 giorni diventeranno le opzioni “*near-term*” e le opzioni con scadenza a 37 giorni diventeranno le opzioni “*next-term*” (CBOE, 2003).

I calcoli dell'indice VIX misurano il tempo a scadenza, T, in giorni di calendario e divide ogni giorno in minuti al fine di replicare la precisione comunemente utilizzata dagli operatori professionali che trattano la volatilità e le opzioni. Il tempo a scadenza è dato dalla seguente espressione:

$$(4) \quad T = \frac{\{M_{Current\ day} + M_{Settlement\ day} + M_{Other\ days}\}}{Minutes\ in\ a\ year}$$

Dove:

$M_{Current\ day}$ : minuti rimanenti fino alla mezzanotte del giorno corrente

$M_{Settlement\ day}$ : minuti dalla mezzanotte fino alle 9:30 per la scadenza delle opzioni SPX standard, o i minuti dalla mezzanotte fino alle 16:00 per le scadenze delle opzioni SPX “weekly”  
 $M_{Other\ days}$ : minuti totali nei giorni compresi fra il giorno corrente e il giorno di scadenza

Procediamo con l’analisi del calcolo dell’indice (CBOE, 2003).

Il primo *step* consiste nella selezione delle opzioni che saranno utilizzate nel calcolo. Le opzioni selezionate sono *out-of-the money* SPX calls e *out-of-the-money* SPX puts fissate ad un *at-the money strike price*,  $K_0$ . In particolare, vengono utilizzate solo le opzioni SPX quotate ad un *bid price* diverso da zero. Un’opzione viene definita *out of the money*, ad esempio nel caso di una call, quando il prezzo corrente risulta inferiore rispetto al prezzo di esercizio e quindi l’opzione non risulta profittevole. Un’opzione invece viene definita *at the money* quando il prezzo di esercizio è uguale al prezzo corrente. L’utilizzo di queste opzioni deriva dal fatto che il loro prezzo è più sensibile alla volatilità, risultando in un numero di opzioni con prezzo di esercizio diverso da 0 che tende ad espandersi e a contrarsi. Dunque, il numero di opzioni utilizzate nel calcolo del VIX può variare, mese per mese, giorno per giorno ed anche minuto per minuto. Per ogni contratto mensile viene determinato il prezzo *forward* SPX, “F”, identificando lo *strike price* grazie al quale si ottiene la minore differenza fra i prezzi della call e della put.

$$(5) \quad F = Strike\ Price + e^{RT} \times (Call\ Price - Put\ Price)$$

Una volta ottenuti i prezzi *forward*,  $F_1$  e  $F_2$ , delle opzioni *near* e *next term* con rispettive scadenze di  $T_1$  e  $T_2$ , applichiamo la formula del VIX (1) ad entrambe le opzioni, trovando  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ . Il contributo di una singola opzione al valore del VIX è proporzionale a  $\Delta K_i$  e al suo prezzo, e inversamente proporzionale al quadrato dello *strike price* dell’opzione. L’ultimo passaggio consiste nel calcolo della media ponderata a 30 giorni di  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ . Successivamente mettere sotto radice il valore risultante e moltiplicarlo per 100 per ottenere il valore dell’indice VIX.

$$(6) \quad VIX = 100 \times \sqrt{\left\{ T_1 \sigma_1^2 \left[ \frac{N_{T_2} - N_{30}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] + T_2 \sigma_2^2 \left[ \frac{N_{30} - N_{T_1}}{N_{T_2} - N_{T_1}} \right] \right\} \times \frac{N_{365}}{N_{30}}}$$

$N_{T_1}$ : numero di minuti alla scadenza dell’opzione *near term*

$N_{T_2}$ : numero di minuti alla scadenza dell’opzione *next term*

$N_{30}$ : numero di minuti in 30 giorni ( $30 \times 24 \times 60 = 43.200$ )

$N_{365}$ : numero di minuti in un anno di 365 giorni ( $365 \times 24 \times 60 = 525.600$ )

Con l'inclusione degli SPX *weekly* nel calcolo del VIX le opzioni *near-term* avranno sempre più di 23 giorni alla scadenza e le opzioni *next-term* sempre meno di 37 giorni alla scadenza, in questo modo il valore del VIX risultante rifletterà sempre un'interpolazione di  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$

### 1.3 Strumenti Derivati sull'indice

L'indice VIX misura la volatilità implicita a 30 giorni sull'indice S&P 500. Il VIX è quotato in punti percentuali, ad esempio un livello di 28,2 VIX corrisponde a una volatilità implicita del 28,2%, e generalmente i riferimenti che indicano il livello corrente dell'indice sono basati su degli "spot VIX". Ciononostante, non è possibile investire direttamente nell'indice tramite gli spot VIX. Spinto dalla crescente domanda di investimenti da parte degli operatori che volevano utilizzare tale asset in ottica di copertura, nel 2004 il Chicago Board of Exchange Option lanciò i titoli derivati sull'indice rendendo la volatilità un asset negoziabile. L'idea di includere la volatilità in un portafoglio non è un'idea recente, ma l'abilità di negoziare questo tipo di asset è stata resa possibile per lo sviluppo dei mercati finanziari. Il "variance swap" è stato il primo titolo utilizzato per eseguire una negoziazione di volatilità. I variance swap sono offerti su una varietà di indici azionari e sono scambiati su mercati over-the-counter con un valore iniziale di zero. Una posizione lunga riceve la differenza fra la varianza realizzata osservata e il tasso del variance swap, il quale viene determinato alla stipula del contratto.

Successivamente a questa crescente popolarità di investire in volatilità, il CBOE decise di immettere sul mercato i contratti VIX futures nel marzo del 2004, in questo modo la volatilità divenne un asset comunemente accettato. Un contratto future è un contratto fra due parti in cui uno strumento finanziario sottostante deve essere trasferito da una parte a un'altra in un particolare data futura e a un prezzo prefissato chiamato *future price*. La posizione lunga viene assunta da colui che si impegna ad acquistare il titolo a scadenza, mentre la posizione corta da colui che si impegna a consegnare il titolo a scadenza. I VIX futures sono denominati con il simbolo *ticker* VX accostato ad una lettera che indica il mese di scadenza e a un numero che indica l'anno di scadenza. Di seguito viene riportata una tabella con i mesi e i rispettivi simboli.

	F	G	H	J	K	M	N	Q	U	V	X	Z
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dec

Tabella 2, Mese e corrispondente simbolo dei VIX Futures

Fonte: Rhoads, 2011

Ad esempio, un future di maggio 2019 avrà il simbolo VVK19. Il simbolo VX indica che si tratta di un contratto VIX future, la lettera “K” indica che il mese di scadenza è maggio, mentre 10 riporta l’anno di scadenza. I contratti future hanno un moltiplicatore di \$1000 che moltiplica il livello dell’indice. Un contratto che viene scambiato a 20.00 corrisponderà ad un valore del contratto di \$20.000. La variazione minima corrisponde a 0,05 punti indice (tick) l’equivalente di 50 dollari per contratto; questi contratti hanno scadenze mensili e dal 2015 sono stati introdotte anche scadenze settimanali. I future sono regolati tramite “*cash settlement*”, questo meccanismo consiste nella consegna di un controvalore corrispondente all’indice sottostante a scadenza da parte dell’investitore che possiede una “*short position*” (Bodie et al, 2019). Il possessore di una posizione lunga realizzerà un profitto od una perdita pari alla differenza fra  $S_t - F_0$ , dove  $S_t$  è il valore dell’indice sottostante a scadenza T, e  $F_0$  è il prezzo iniziale del future.

$$(7) \quad VX = 1000\$ \times (S_t - F_0)$$

$S_t$ : valore del VIX a scadenza T

$F_0$ : prezzo iniziale del future

Szabo (2010) e Alexander e Korovilas (2011) hanno esaminato l’impatto dell’aggiunta di posizioni lunghe VIX futures ai portafogli e hanno notato che mentre durante i periodi di normalità i *long* VIX futures riducono i rendimenti dei portafogli, quando il mercato presenta forti ribassi i futures possono portare grandi benefici ai portafogli di azioni. La maggior parte delle perdite che derivano dalla detenzione di *long* VIX futures durante periodi di calma è causata dal fatto che il prezzo dei VIX futures scende quando la curva dei futures è inclinata positivamente. Questa situazione viene definita “contango”, ovvero una situazione in cui i prezzi futures sono superiori al prezzo spot corrente, in questo modo la curva *forward* si inclina verso l’alto (Borsa italiana, 2014). La curva *forward* invertita ha invece i prezzi delle scadenze più vicine più alti rispetto a quelli più lontani, dunque la curva si inclina verso il basso: questo scenario viene definito “backwardation”. (Borsa Italiana, 2014). Dunque, il fenomeno descritto in precedenza, suggerisce una maggiore profittabilità delle posizioni *short* VIX futures in situazioni di “contango”. Quando la curva dei VIX futures è inclinata positivamente (contango), il mercato si aspetterà che il VIX si alzi in quanto il suo livello è relativamente basso rispetto ai livelli di lungo termine, come è dimostrato dai più alti prezzi futuri dei futures. Allo stesso modo quando la curva dei futures è in “backwardation” il livello del VIX è al di sopra dei livelli di

lungo termine, dunque ci si aspetterà che decresca come dimostrato dai prezzi *forward* più bassi rispetto al prezzo spot corrente. Questi studi riguardanti la curva dei VIX futures, realizzati da Zhang e Zhu (2006), Zhang (2010) e Dupoyet (2011), assumono che la volatilità segue un processo di *mean-reverting*, il quale implica che tali strumenti riflettano il percorso della volatilità neutrale al rischio. In questo modo il prezzo dei VIX futures sarà meno reattivo rispetto alle variazioni dell'indice VIX sottostante poiché nell'ottica di ritorno alla media dell'indice, i prezzi dei futures a lungo termine tenderanno ad eguagliare il valore medio del VIX di circa 20 punti, mentre i prezzi dei futures a breve termine tenderanno a uguagliare il valore corrente del VIX. Moran e Dash (2007) spiegano che le caratteristiche desiderabili del VIX non sempre sono riflesse nei derivati sul VIX. I future sul VIX infatti seguono dei metodi di *trading* che sono diversi rispetto agli altri mercati finanziari orientati ai futures. Il prezzo dei S&P 500 futures, ad esempio, si muove all'interno di un intervallo relativo al sottostante indice S&P 500, ed è il *fair value* dei futures relativamente all'indice sottostante. Il *fair value* viene raggiunto in seguito alle situazioni di arbitraggio che si creerebbero nel caso in cui i futures S&P 500 avessero un prezzo che si discosta dall'indice S&P 500 sottostante. Il meccanismo di arbitraggio è possibile realizzarlo in seguito alla capacità di comprare e vendere l'indice S&P 500 costruendo un portafoglio di azioni che replica il rendimento dell'indice, il cosiddetto meccanismo di *cash and carry* e *reverse cash and carry*. Per quanto riguarda i VIX futures, le strategie di *cash and carry* e *reverse cash and carry* non sono applicabili, in quanto non è possibile replicare il rendimento dell'indice VIX poiché non esistono dei titoli sottostanti l'indice; ne consegue che non c'è alcuna relazione che tiene il valore dei future all'interno dell'intervallo *fair price* basata su tecniche di arbitraggio. Per questo motivo i future possono essere scambiati ad un valore diverso rispetto a quello del VIX. Questa relazione non è usuale fra i *financial futures* e per questa ragione alcuni investitori si discostano da questo mercato.

$$(8) \quad VX_{t,T} \neq VXB \times e^{r(T-t)}$$

t: Data stipulazione del contratto future

T: Data di scadenza del contratto future

r: tasso di rendimento risk-free

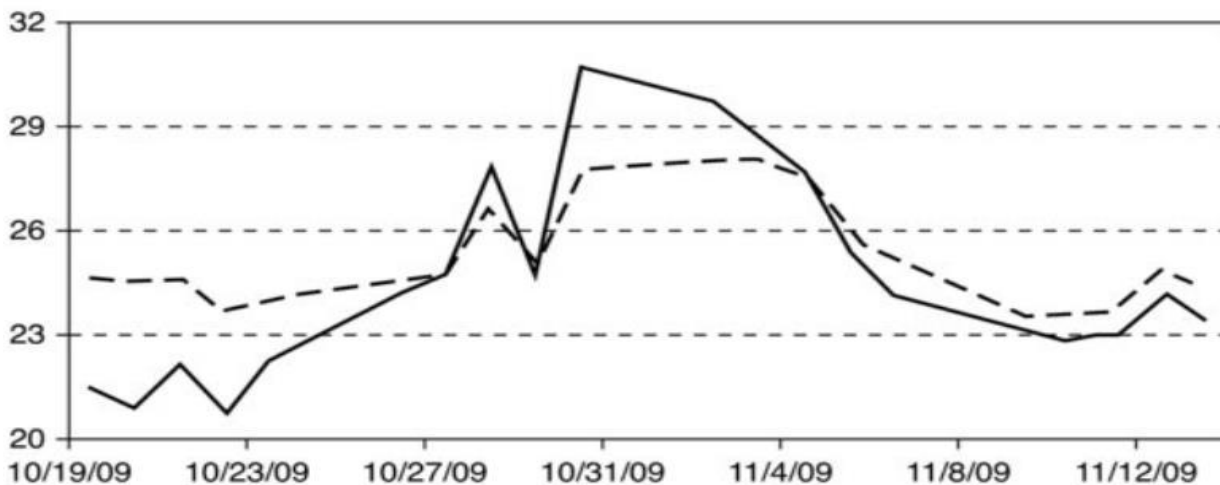


Figura 3, Relazione fra l'andamento dei *futures* (linea continua) e l'indice VIX (linea tratteggiata).

Fonte: Rhoads, 2011

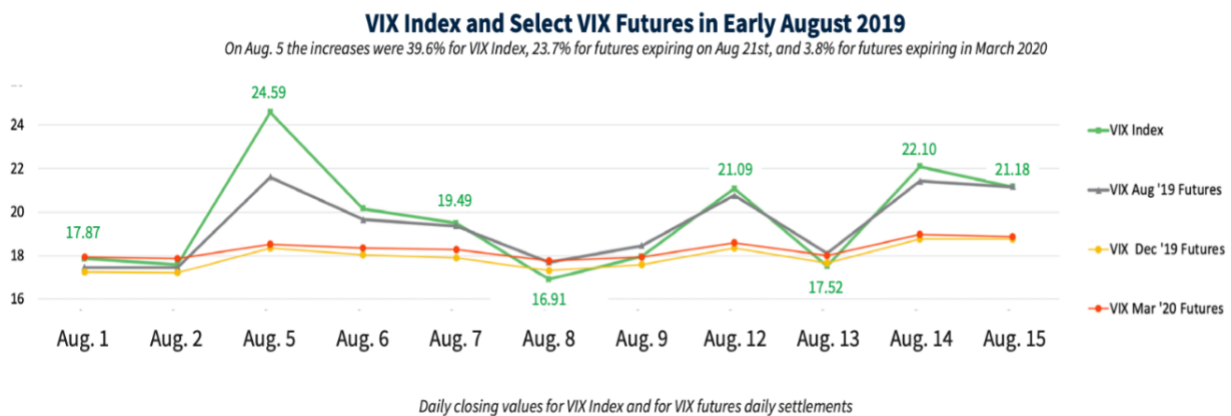


Figura 4, Differenti movimentazioni di prezzo dei VIX futures in 11 “trading days”.

Fonte: cboe.com, 2016

Successivamente al crescente utilizzo dei VX il CBOE ha lanciato le opzioni sul VIX nel febbraio del 2006. Un anno dopo, la Super Bowl of Indexing Conference nominò le opzioni VIX come “*The most Innovative index Derivative Product*” del 2016. (Rhoads, 2011). Le opzioni VIX si sono rivelate un ottimo strumento per coprire i portafogli d'azioni, migliore di tante altre *index options*, anche se queste ultime erano direttamente trattate in base all'indice di riferimento. Nel 2010 il loro volume di scambi ha superato i 300.000 contratti al giorno nel Maggio del 2010, risultando la seconda *index option* più attivamente scambiata al CBOE. Il volume dei VIX futures

a quel tempo era di circa 24.000 contratti al giorno, dunque un volume di scambio nettamente inferiore a quello delle options. In verità, un paragone diretto non è appropriato poiché, come già detto in precedenza, un contratto future corrisponde a \$1000 volte il valore dell'indice VIX, mentre un contratto VIX option rappresenta \$100 volte l'indice VIX. È possibile affermare dunque che la loro relazione è di 10 a 1.



Figura 5, Volume di scambio giornaliero (a sinistra) e *open interest* dei VIX futures (a destra)  
Fonte: cboe.com, 2020

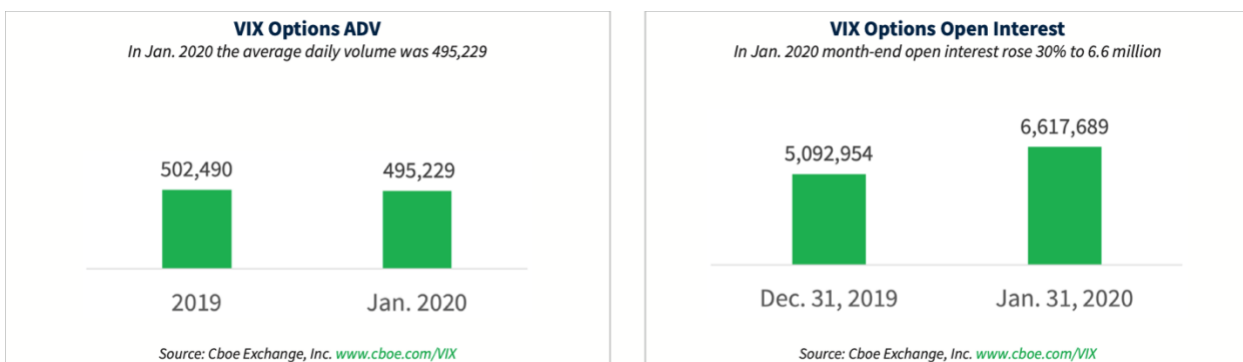


Figura 6, Volume di scambio giornaliero (a sinistra) e *open interest* delle VIX options (a destra)  
Fonte: cboe.com, 2020

Gli investitori con poca esperienza in questo mercato potrebbero essere scoraggiati nell'investire in tali strumenti pensando che il prezzo di tali opzioni sia sbagliato. Come i VIX futures, le VIX options sono degli strumenti che riflettono le aspettative future del mercato riguardo al valore che assumerà il VIX. Ad esempio, una VIX call con uno *strike price* di 25 quotata alle 2:00 con un valore dell'indice VIX a 30. Inizialmente si potrebbe pensare che l'opzione sia sottovalutata ma la ragione di tale valutazione risiede nel fatto che il mercato si aspetta una minore volatilità alla data di scadenza dell'opzione. Il miglior titolo sottostante per comparare i prezzi delle opzioni è il prezzo dei corrispondenti VIX futures.

Nel 2008 il CBOE ha introdotto sul mercato le “binary options” su determinati prodotti finanziari incluso il VIX. Una “binary option” è un contratto d’opzione che consiste in un *pay-off* “*all-or-nothing*” alla scadenza a seconda del prezzo del titolo sottostante. Questo particolare tipo di opzioni sono denominate con il *ticker* BVZ e sono regolate secondo il meccanismo del *cash settlement* come le altre VIX options. Il possessore di una binary option *in-the-money* riceverà a scadenza \$100, mentre colui che possederà l’opzione *out-of-the-money* riceverà \$0.

Nel 2009, la Barclays Bank ha introdotto le “*exchange-traded-notes*” relative al VIX. Un *exchange-traded note* (ETN) è un titolo di debito appoggiato dal *rating* creditizio dell’emittente. (Rhoads, 2011). L’obiettivo degli ETN è di replicare una strategia di investimento o il rendimento di un altro mezzo di investimento. Gli ETN sono scambiati nello stesso modo degli “*exchange-traded-funds*” (ETF), ma si differenziano per alcune caratteristiche della loro struttura. Gli ETF sono degli strumenti di debito che cercano di replicare un indice di mercato o una particolare strategia. Una prima differenza fra i due strumenti sta nel fatto che gli ETN sono appoggiati dal *rating* creditizio dell’emittente, associando un rischio di credito a questi strumenti; a differenza negli ETF il rischio non è associato all’emittente bensì nei titoli posseduti. Una seconda differenza è riscontrabile nel potenziale debito fiscale degli ETF rispetto agli ETN; questi ultimi infatti possono essere tassati solo nel caso in cui venga liquidata, a differenza degli ETF le cui regolari distribuzioni di guadagni comportano debiti fiscali anche se non si sono registrate transazioni negli ETF durante l’anno.



## CAPITOLO 2: IL VIX NELLE CRISI FINANZIARIE

### 2.1 Andamento storico del VIX

L'indice della paura rappresenta le aspettative degli investitori sulla volatilità futura del mercato azionario statunitense. La media storica del VIX si aggira intorno ai 20 punti, valore che indica una fase in cui il sentimento di mercato è caratterizzato da una bassa preoccupazione e da un crescente ottimismo. I valori dell'indice hanno toccato i massimi storici in periodi di crisi finanziarie (1987, negli anni 2000 e nella più recente crisi del 2008), le quali sono caratterizzate da forti perturbazioni dei prezzi che portano ad un alto livello di incertezza e volatilità sui mercati; tale volatilità viene riflessa nel VIX facendo innalzare repentinamente il valore anche intorno agli 85 punti. Esaminando i livelli storici del VIX è possibile distinguere movimenti dell'indice che risultano al di sopra o al di sotto i livelli standard. La tabella 3, riferita ad osservazioni ante 2008, fornisce una spiegazione dei valori dell'indice in senso probabilistico. Considerando l'intera vita dell'indice, la mediana del livello di chiusura giornaliero del VIX è del 18,88 (Whaley, 2008). Il 50% delle volte il VIX ha chiuso fra il 14,60 e 23,66 con un intervallo di 9,06 punti, nel 75% delle osservazioni il VIX ha chiuso fra 12,04 e 29,14 con un intervallo di 17,10 punti e il 95% delle volte il VIX ha chiuso fra 11,30 e 37,22 con intervallo di 22,92 punti (Whaley, 2008). Inoltre, la suindicata tabella mostra grandi variazioni dell'indice da livelli considerati normali con un'analisi anno per anno. Nel 1986, ad esempio, la mediana del livello di chiusura del VIX era all'incirca di 19,25. Durante lo stesso anno, il livello di chiusura è stato fra 18,06 e 21,07 per la metà dell'anno e fra 16,92 e 24,24 nel 90% del periodo osservato. La più significativa oscillazione si è registrata nel 2008, con il VIX che ha chiuso fra il 18,16 e 63,31 con un intervallo di 45,15 punti indice, per il 90% dei giorni. Il secondo più grande *range* si è registrato nel 1987; il quinto e il 95-esimo percentile indicano che il *range* del livello giornaliero del VIX era fra il 16,64 e 54,11.

Come riportato da Whaley (2008), un importante modo per analizzare il livello d'ansietà dei mercati è quello di esaminare la persistenza con cui il VIX rimane al di sopra di determinati livelli. È possibile osservare che la probabilità che il livello del VIX sia superiore al 34,22 è del 5%. Riesaminando l'andamento storico del VIX, è osservabile il numero di giorni in cui l'indice è rimasto al di sopra il livello di 34,22. Vengono identificati tre periodi di crisi che hanno colpito il mercato azionario con una durata superiore a 20 giorni: il cosiddetto "Black Monday" dal 16 ottobre al 22 dicembre del 1987 (47 giorni), la crisi dot.com, dal 28 agosto al 31 ottobre del 2002 (46 giorni) e la crisi dei mutui *subprime* dal 26 settembre al 31 ottobre del 2008 (26 giorni).

Year	No. of							
	obs.	5.0%	10.0%	25.0%	50.0%	75.0%	90.0%	95.0%
All	5,754	11.30	12.04	14.60	18.88	23.66	29.14	34.22
1986	252	16.92	17.34	18.06	19.25	21.07	23.64	24.24
1987	253	16.64	17.28	20.85	22.66	26.81	46.25	54.11
1988	253	17.44	18.11	20.35	24.06	27.21	34.20	36.16
1989	252	15.51	15.90	16.47	17.30	18.22	20.60	22.59
1990	253	16.55	17.32	18.31	21.16	26.11	28.96	30.49
1991	251	14.99	15.29	16.02	17.29	19.13	21.87	24.46
1992	254	12.18	12.73	13.36	14.76	15.98	17.33	17.96
1993	251	10.43	10.92	11.40	12.27	13.03	14.05	14.38
1994	252	10.26	10.49	11.29	12.80	14.47	15.63	16.07
1995	252	10.71	11.00	11.51	12.29	13.18	13.80	14.15
1996	254	13.43	14.70	15.72	16.78	18.16	19.39	20.45
1997	253	19.92	20.17	21.11	22.20	24.64	27.80	30.36
1998	252	18.06	18.82	20.43	22.61	27.67	36.37	41.49
1999	252	19.70	20.73	22.39	24.29	26.59	28.73	30.34
2000	252	19.67	20.76	22.45	24.89	27.61	30.19	31.50
2001	248	21.80	22.37	23.85	26.24	30.64	34.20	36.34
2002	250	19.79	20.84	22.44	29.19	35.31	41.25	43.89
2003	252	16.45	16.78	18.96	21.21	26.92	34.77	35.80
2004	252	12.63	13.05	14.28	15.32	16.55	18.13	18.91
2005	252	10.75	11.08	11.66	12.52	13.64	14.83	15.58
2006	251	10.52	10.78	11.35	12.00	13.60	16.18	17.73
2007	251	10.34	10.97	13.11	16.33	21.65	25.24	26.48
2008	212	18.16	19.45	21.14	23.79	27.55	45.24	63.31

Tabella 3, Intervalli di livelli giornalieri del VIX in un arco temporale da Gennaio 1986 a Ottobre 2008.

Fonte: Whaley, 2008

L'indice VIX ha per sua natura la capacità di poter predire la volatilità futura attraverso un approccio probabilistico, in cui viene definito l'*expected range* del tasso di rendimento sul livello dell'indice S&P 500 nei successivi 30 giorni. Nella figura 7 viene mostrato un metodo con il quale interpretare in maniera veloce ed efficace il livello del VIX. Assumendo, ad esempio, che il livello del VIX sia di 60; partendo dal punto sull'asse delle ascisse fino a toccare la retta "50%", si osserva che in corrispondenza di quel valore sull'asse delle ordinate si otterrà un *expected range* dei ritorni dell'indice S&P 500 nei successivi 30 giorni all'incirca dell'11,5%. Questo significa che se il livello del VIX è di 60, si registra il 50% di possibilità che il tasso di rendimento del S&P 500 aumenti o scenda al di sopra o al di sotto dell'11,5% nei successivi 30 giorni. Le altre due linee disegnate del 75% e 95% offrono diversi livelli di probabilità per un dato livello

del VIX. Ad un livello del VIX di 60, la linea del 75% (95%) indica che l'*expected range* dei ritorni del S&P 500 nei successivi 30 giorni è all'incirca del 20% (34%). Dunque, se il livello del VIX è 60, le possibilità che l'S&P 500 salga o scenda per meno del 20% (34%) nei successivi 30 giorni sono del 75% (95%). Allo stesso modo è possibile affermare che le possibilità che l'S&P 500 salga o scenda più del 20% (34%) nei successivi 30 giorni sono del 25% (5%). La figura 7 ha l'obiettivo di fornire un veloce riferimento per l'interpretazione dei valori del VIX. Per una maggiore precisione le linee sono generate utilizzando le seguenti relazioni:

$$(9) \text{ Expected range al 50\%} = 0,1947 \times VIX$$

$$(10) \text{ Expected range al 75\%} = 0,3321 \times VIX$$

$$(11) \text{ Expected range al 95\%} = 0,5658 \times VIX$$

Di seguito viene riportata la figura di riferimento.

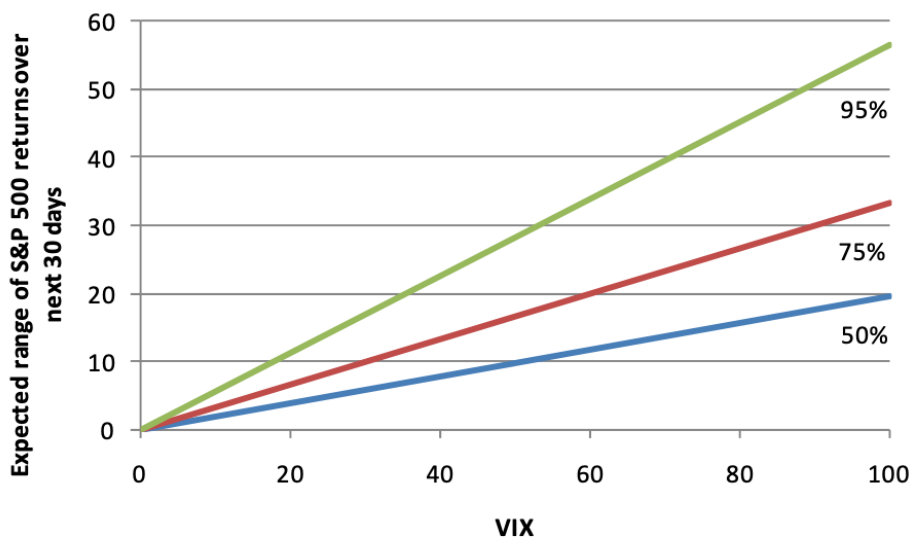


Figura 7, *Expected range* dei ritorni del S&P 500 nei successivi 30 giorni in relazione ad un livello VIX

Fonte: Whaley, 2008

## 2.2 Relazione fra l'indice della paura e il mercato azionario

Quando il mercato statunitense subisce forti crolli, la volatilità dei prezzi del mercato aumenta e di conseguenza i valori dell'indice VIX tendono a salire. Per questa sua relazione inversa con il mercato azionario l'indice VIX viene denominato con l'appellativo "indice della paura". Se le aspettative di mercato sulla volatilità crescono (diminuiscono), gli investitori domanderanno maggiori (minori) tassi di rendimento sulle azioni e di conseguenza i prezzi azionari scenderanno (aumenteranno). La situazione appena descritta suggerirebbe una relazione proporzionale fra la variazione del VIX e il tasso di rendimento dell'indice S&P 500. La relazione fra i due indici in realtà è più complessa. In precedenza, è stato osservato come l'aumento nella domanda di opzioni put sull'indice azionario porta a variazioni nel livello del VIX. Per questo motivo il tasso di variazione in aumento del VIX quando il mercato scende deve essere maggiore in valore assoluto rispetto al tasso di variazione relativo ad un rialzo del mercato. Al fine di verificare questa affermazione, si consideri  $RVIX_t$  a misura del tasso di variazione giornaliero del VIX,  $RSPX_t$  a rappresentazione del tasso di variazione del portafoglio S&P 500, e infine  $RSPX_t^-$  il quale rappresenta il tasso di variazione del portafoglio S&P 500 nel caso in cui il mercato scenda mentre in caso contrario sarà uguale a 0. ; la componente  $\beta_0$  rappresenta l'intercetta della retta di regressione,  $\varepsilon_t$  rappresenta la componente idiosincratICA mentre  $\beta_1$  e  $\beta_2$  rappresentano i coefficienti angolari rispettivamente di ,  $RSPX_t$  e di  $RSPX_t^-$

$$(12) \quad RVIX_t = \beta_0 + \beta_1 RSPX_t + \beta_2 RSPX_t^- + \varepsilon_t$$

Nel caso in cui la precedente affermazione fosse vera, l'intercetta non dovrebbe essere significativamente diversa da 0 e i coefficienti angolari dovrebbero essere significativamente inferiori di 0. Da verifiche empiriche realizzate da Whaley nel suo studio "Understanding VIX" (2008), le affermazioni precedenti risultano vere e la relazione stimata fra il tasso di variazione del VIX e il tasso di variazione dell'SPX risulta:

$$(13) \quad RVIX_t = -0,004 - 2,990RSPX_t - 1,503RSPX_t^-$$

Dove il numero delle osservazioni è uguale a 5753.

L'intercetta stimata nella regressione è -0,004, non significativamente diversa da 0, a dimostrazione del fatto che se l'indice S&P 500 non dovesse subire variazioni, quelle del VIX

possono considerarsi trascurabili. Il valore dell'intercetta mostra l'assenza di una crescita deterministica. I coefficienti angolari stimati, invece, riflettono non solo una relazione inversa fra i movimenti del VIX e quelli del SPX (coefficiente negativo), ma anche una asimmetria nei movimenti causata dalle richieste di copertura sui portafogli.

Ad esempio, se l'indice SPX presentasse un rialzo di 200 *basis points*, il VIX subirebbe una variazione in diminuzione pari a

$$(14) \text{RVIX}_t = -2,990(0,02) = -5,98\%$$

Nel caso in cui l'indice SPX subisse un calo di 200 basis points, il VIX salirebbe di

$$(15) \text{RVIX}_t = -2,990(-0,02) - 1,503(-0,02) = 8,986\%$$

Dunque, la domanda di copertura dei portafogli comporta una relazione asimmetrica fra il tasso di variazione del VIX e l'SPX.

Per quanto riguarda la teoria di portafoglio, un principio fondamentale applicato durante la costruzione di portafogli finanziari riguarda la diversificazione. Il beneficio di diversificazione comporta una riduzione della deviazione standard di portafoglio quindi del rischio del senza una proporzionale riduzione del rendimento. La varianza di portafoglio è uguale alla somma ponderata delle varianze dei titoli del portafoglio più un termine che include il coefficiente di correlazione fra i rendimenti. Quando il coefficiente di correlazione fra i titoli di portafoglio è basso o negativo, significa che i rendimenti dei titoli tenderanno a compensarsi.

Considerando un portafoglio composto da due titoli, il coefficiente di correlazione e la varianza di portafoglio risulteranno uguali a:

$$(16) \text{Coeff. Correlazione} = \frac{\text{Cov}(r_s, r_b)}{\sigma_s \sigma_b}$$

$\text{Cov}(r_s, r_b)$ : covarianza fra i rendimenti dei due titoli in portafoglio

$\sigma_s$ : Deviazione standard del titolo s

$\sigma_b$ : Deviazione standard del titolo b

$$(17) \sigma_p^2 = (w_b \sigma_b)^2 + (w_s \sigma_s)^2 + 2(w_b \sigma_b)(w_s \sigma_s) \rho_{BS}$$

$\sigma_p^2$ : Varianza di portafoglio

$w_b$ : Proporzione del titolo B nel portafoglio

$w_s$ : Proporzione del titolo S nel portafoglio

$\rho_{BS}$ : Coefficiente di correlazione fra i rendimenti dei due titoli

Dall'equazione 15 è possibile comprendere che per ottenere un beneficio di diversificazione gli asset di portafoglio devono avere un coefficiente di correlazione che sia minore di uno, fino ad arrivare ad un massimo beneficio dal momento in cui i due asset hanno una correlazione perfettamente negativa (uguale a -1). Minore è la correlazione fra i rendimenti dei titoli di portafoglio, maggiore è la diversificazione. Diverse *asset classes* sono state utilizzate in passato per raggiungere una diversificazione adeguata dei portafogli, ma la correlazione fra queste classi di titoli si è mostrata fortemente crescente risultando inadeguata per gli obiettivi degli investitori. In particolare, determinati strumenti finanziari negativamente correlati con *l'equity* di portafoglio, potrebbero non fornire l'adeguata protezione in momenti di forti cali del mercato dal momento che i loro rendimenti diventerebbero positivamente correlati in periodi di panico. Ad esempio, durante la crisi finanziaria del 2008, sia il valore delle *equities* che delle *commodities* scese, anche se tipicamente le *commodities* sono degli asset con beta negativo (Berkowitz, 2018). Anche il valore delle obbligazioni scese durante il crollo del 2008. Szado (2009) ha documentato che la correlazione fra le asset classes durante la crisi 2007-2008 crebbe al di sopra dei livelli visti nel 2004-2006, a dimostrazione del fatto che nel momento in cui il bisogno di diversificazione cresceva, l'abilità degli asset di coprire *l'equity* detenuto in portafoglio si riduceva nel momento più inopportuno. Questi risultati deludenti hanno spinto numerosi esperti finanziari alla ricerca di una nuova *asset class* in grado di diversificare in maniera opportuna i portafogli. Un'*asset class* che presentava le caratteristiche desiderabili da parte degli investitori fu riconosciuta nella volatilità, in particolare nel VIX. La volatilità non solo è negativamente correlata con i rendimenti azionari, ma questa correlazione negativa diventa più forte quando i rendimenti azionari sono negativi (Black, 1976). La tabella 4 mostra i dati statistici dei rendimenti degli indici S&P 500 e VIX utilizzando come periodo di riferimento l'intervallo di tempo 2006-2013.

	N	Mean Return	Median	Std Dev	Skewness	Kurtosis	Correlation
<b>Panel A: Full Sample</b>							
S&P 500	287	0.70%	1.11%	4.27%	-0.63	1.22	
VIX Index	287	1.30%	-1.35%	18.33%	1.17	2.64	-0.651
<b>Panel B: Months with Positive S&amp;P 500 Returns</b>							
S&P 500	181	3.22%	2.79%	2.41%	0.98	0.53	
VIX Index	181	-6.52%	-7.48%	12.40%	0.43	0.41	-0.283
<b>Panel C: Months with Negative S&amp;P 500 Returns</b>							
S&P 500	106	-3.61%	-2.54%	3.38%	-1.60	3.18	
VIX Index	106	14.66%	10.14%	18.60%	1.17	2.11	-0.531

Tabella 4, Correlazione e statistiche chiave dei ritorni dell'S&P 500 e del VIX nel periodo 2006-2013

Fonte: Berkowitz, 2018

Il “Panel A” mostra che i ritorni dell'indice S&P 500 durante l'intero periodo di riferimento risultano in media pari a 70 *basis points* al mese, mentre quelli del VIX in media pari a 130 *basis points* al mese. La correlazione fra i rendimenti del S&P 500 e del VIX è uguale a -0,651 in questo primo campione, mostrando un forte relazione negativa fra i due indici. Il “Panel B” della tabella 4, limita il campione solo ai mesi in cui i rendimenti del SPX sono positivi. Limitando il campione, i ritorni del S&P 500 e del VIX risultano rispettivamente del 3,22% e del -6,52% al mese. La correlazione fra gli indici in questo periodo di riferimento risulta uguale a -0,283. Il “Panel C”, dove il campione è limitato ai mesi di rendimenti negativi del S&P 500, mostra che i ritorni del S&P 500 e del VIX in media risultano pari rispettivamente a -3,61% e 14,66% al mese. La correlazione fra i rendimenti in questi mesi risulta uguale a -0,531. I risultati analizzati evidenziano che la media dei rendimenti del S&P 500 in valore assoluto è simile sia per i mesi di rialzo dell'indice sia per quelli di ribasso; diversamente, la media dei rendimenti del VIX durante i mesi di ribasso del S&P 500, è più del doppio (in valore assoluto), rispetto a quella risultante durante i mesi di rialzo del SPX. Questo risultato dimostra la relazione asimmetrica presente fra i rendimenti del SPX e del VIX, mettendo in evidenza la potenziale importanza dell'utilizzo della volatilità come strumento di copertura contro le perdite dell'indice S&P 500.

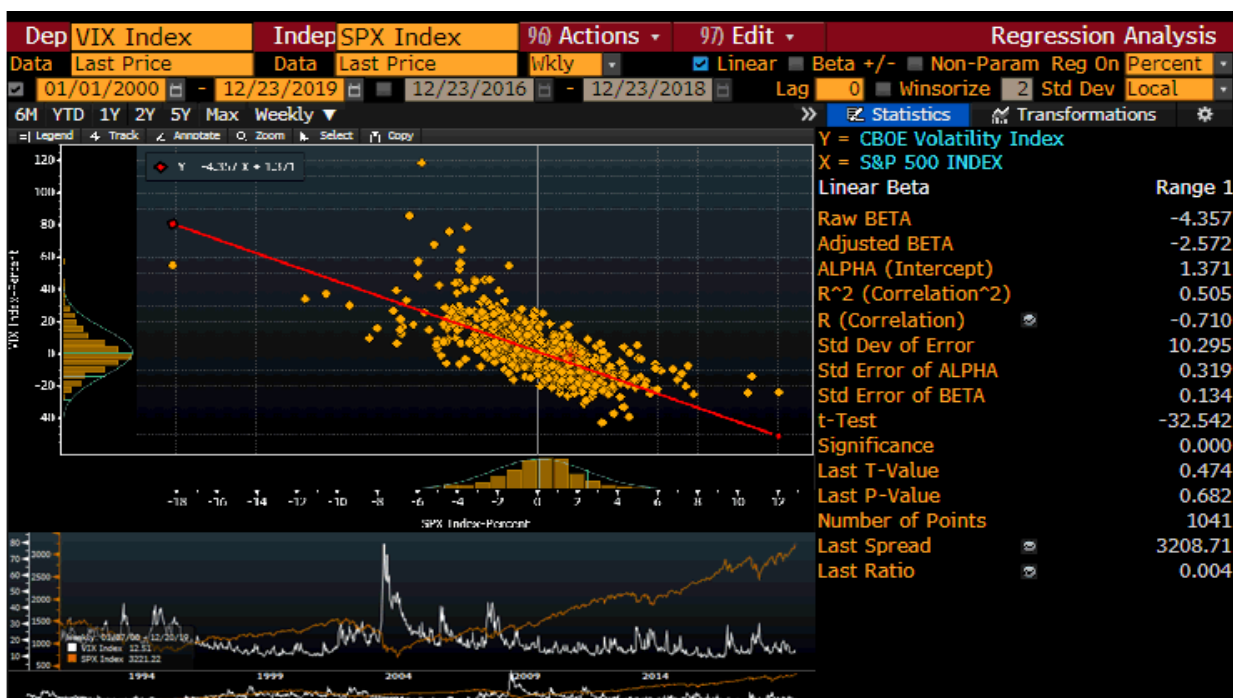


Figura 8, Relazione fra l'indice SPX e il VIX.

Fonte: Bloomberg, 2019

### 2.3 Strategie di Investimento

Le strategie sulla volatilità sono adottate da gestori attivi e possono derivare da una logica speculativa oppure da una logica di riduzione del rischio. La speculazione si fonda sull'evidenza che il "VIX futures *basis*" non ha un significativo potere di previsione riguardo alle variazioni future del VIX ma piuttosto anticipa le variazioni dei prezzi dei VIX futures. L'assenza di una relazione fra i movimenti del VIX e del VIX futures *basis* in contango o in backwardation comporta una caduta dei prezzi dei VIX futures quando il *basis* è in contango e un rialzo in backwardation, dal momento che a scadenza il prezzo dei VIX futures dovrà convergere ad un VIX invariato.

Simon (2013) conferma questa visione, dimostrando che il VIX futures *basis* ha un significativo potere di previsione riguardo ai seguenti cambiamenti del prezzo dei VIX futures. Infatti, i VIX futures tendono ad abbassare la curva dei VIX futures quando in contango e ad alzarla quando in backwardation. Queste evidenze sono coerenti con le recenti basse *performance* dei prodotti finanziari del VIX, largamente attribuibili a significative perdite registrate nell'apertura di long VIX futures positions in un momento in cui la curva dei VIX futures registrava una pendenza positiva. Simon (2013) esamina come questi movimenti possono essere catturati da strategie di *trading*, in particolare suggerisce di vendere allo scoperto i VIX futures quando la curva sia sufficientemente in contango e comprare contratti VIX futures quando in backwardation. Tuttavia, queste posizioni sono esposte al rischio di movimenti avversi della curva dei VIX futures, il cui rischio è associato a movimenti dei prezzi azionari e dunque copribile. Le strategie di *trading* coprono questo rischio affiancando a delle posizioni *short* VIX futures, delle posizioni *short* S&P 500 futures, mentre nel di posizioni *long* VIX futures dei long S&P 500 futures.

La volatilità è un asset molto utilizzato anche per strategie di *risk-management*. Spinte dalla paura di un forte rialzo della volatilità, le istituzioni finanziarie coprono i loro portafogli comprando opzioni VIX call oppure VIX futures, contro il *tail-risk* dei loro portafogli. Altri investitori istituzionali, invece, utilizzano la *volatility* come un'*asset class*, comprandola in modo tale da diversificare i loro portafogli. Su quest'ultimo argomento si è aperto un dibattito fra economisti riguardo all'efficacia dell'utilizzo della volatilità come *asset class* nei portafogli finanziari. Szado (2009), esaminando un caso di diversificazione di portafoglio durante la crisi finanziaria del 2008, ha verificato gli effetti di un'esposizione lunga di volatilità, dimostrando l'efficacia nell'utilizzo di tale asset come strumento per diversificare il portafoglio. I risultati dell'analisi di



Szabo comunque, si basano su un periodo di riferimento molto ristretto (2006-08) che comprende il forte crollo del mercato azionario. Alexander e Korovillas (2011) estesero il campione ad un periodo più ampio e rappresentativo, ed i risultati ottenuti hanno dimostrato che la volatilità non contribuisce a diversificare il portafoglio a meno che gli operatori siano in grado di prevedere crolli del mercato.

### Theoretical VIX Index and S&P 500 Portfolio Returns

10% VIX Strategy	Mean	Sharpe Ratio	CAPM MKT Beta	CAPM Alpha
S&P 500 Return	0.61** (1.99)	0.135		
No Threshold	0.72*** (3.38)	0.2302	0.58*** (21.33)	0.17 (1.50)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	0.81*** (2.75)	0.1873	0.86*** (37.71)	0.01 (0.83)

Tabella 5, Rendimenti di un portafoglio composto dal VIX e dall'indice S&P 500

Fonte: Berkowitz, 2018

La tabella 5 mostra i rendimenti di portafogli composti dall'indice S&P 500 e dal VIX negli anni 1996-2013. I risultati presentano due strategie di portafoglio utilizzando il VIX come asset teorico nei portafogli, insieme ad una strategia passiva che replica il rendimento del S&P 500. La strategia “No *threshold*” costruisce un portafoglio su base mensile, composto per il 10% dal VIX e per il 90% dal S&P 500. Anche la strategia “*Mean Threshold*” è su base mensile, ma a differenza della strategia precedente, detiene il 10% del VIX nel portafoglio solo nel caso in cui il livello del VIX dell'ultimo mese fosse inferiore ai 20,2 punti indice, in caso contrario il portafoglio sarà interamente composto dall' S&P 500. In coerenza con le raccomandazioni di Brier, Burgues, and Signora (2010), una strategia “*Mean threshold*” può fornire un'adeguata copertura contro futuri cali del S&P 500 senza il costo di dover mantenere costantemente la copertura.

I risultati mostrano una copertura estremamente efficiente dei portafogli tramite l'utilizzo del VIX. Viene registrato un incremento dei rendimenti mensili e dello Sharpe Ratio rispetto al portafoglio S&P 500, in particolare la strategia “*Mean threshold*” presenta maggiori rendimenti mensili rispetto alla “*No threshold*”, ma allo stesso tempo lo Sharpe ratio e gli alfa sono minori. Il Beta di mercato è maggiore nella strategia di “*Mean threshold*”, evidenziando gli effetti di diversificazione nell'aggiungere il VIX nel portafoglio. Ciononostante, non è possibile investire direttamente nel VIX, di conseguenza questa analisi risulta limitata all'ambito teorico. I prodotti

derivati sul VIX lanciati dal CBOE, non consentono di ottenere gli stessi risultati di copertura dell'analisi appena effettuata, soprattutto a causa di problemi derivanti dal *pricing* di questi strumenti VIX-based.

### VIX Futures and S&P 500 Portfolio Returns

	Mean	Sharpe Ratio	CAPM MKT Beta	CAPM Alpha
<b>Panel A: 5% VIX Futures Strategy</b>				
S&P 500	0.52 (1.10)	0.112		
No Threshold	0.29 (0.75)	0.077	0.77*** (29.59)	-0.32*** (-3.56)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	0.33 (0.73)	0.074	0.92*** (58.73)	-0.37*** (-4.60)
<b>Panel B: 10% VIX Futures Strategy</b>				
No Threshold	0.06 (0.18)	0.018	0.57*** (11.61)	-0.42** (-2.58)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	0.14 (0.31)	0.032	0.88*** (30.86)	-0.53*** (-3.57)
<b>Panel C: 15% VIX Futures Strategy</b>				
No Threshold	-0.18 (-0.62)	-0.063	0.37*** (5.09)	-0.53** (-2.19)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	-0.05 (-0.11)	-0.011	0.83*** (19.87)	-0.69*** (3.13)

Tabella 6, Ritorni di un portafoglio composto dai VIX futures e dall'S&P 500

Fonte: Berkowitz, 2018

La tabella 6 mostra i risultati di una strategia di diversificazione di un portafoglio composto da S&P 500 tramite l'acquisto di contratti VIX futures, analizzando l'impatto di tale asset in base al peso nell'intero portafoglio. La strategia dei future consisterà nel comprare i VIX futures alla fine del mese ( $t=0$ ) con scadenza  $t = 2$  e vendere i contratti alla fine del mese  $t=1$ . I portafogli composti dai VIX futures mostrano dei ritorni mensili inferiori rispetto al portafoglio interamente composto dal S&P 500; inoltre, anche lo Sharpe ratio di portafogli VIX-based risulta inferiore (variando fra -0,063 e 0,077) rispetto al portafoglio S&P 500 (0,112). Ad un aumento della percentuale dei VIX futures all'interno del portafoglio è possibile notare una diminuzione delle *performance* di portafoglio. Le *performance* negative dei futures possono essere attribuite alla loro *term structure* in cui i "futures seller" incorporano un premio per il crescente rischio nell'indice dei futures dovuto dal fatto che, in media, i VIX futures hanno una *term structure* inclinata positivamente (contango). L'inclusione dei VIX futures all'interno del portafoglio comporta una riduzione del Beta di mercato, ma allo stesso tempo la riduzione sistematica del

rischio comporta un costo in termine di rendimento.

Un secondo strumento VIX-based è rappresentato dalle VIX options. Al fine di costruire delle combinazioni di portafoglio fra l'indice S&P 500 e le VIX calls, al termine di ogni mese dovrà essere selezionata una VIX call vicina allo stato *at-the money* con scadenza ad un mese, con una struttura delle scadenze simile alla struttura dei futures descritta in precedenza. La tabella mostra i risultati statistici di un portafoglio composto da VIX call con un peso del 5%, 10% e del 15%.

### VIX Calls and S&P 500 Portfolio Returns

	Mean	Sharpe Ratio	CAPM MKT Beta	CAPM Alpha
<b>Panel A: 5% VIX ATM Call Strategy</b>				
S&P 500	0.52 (1.10)	0.112		
No Threshold	1.23 (0.51)	0.054	-1.47 (-0.89)	1.83 (0.60)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	-0.57 (-1.15)	-0.122	0.84*** (16.95)	-1.10*** (-4.29)
<b>Panel B: 10% VIX ATM Call Strategy</b>				
No Threshold	2.07 (0.41)	0.044	-3.91 (-1.19)	3.87 (0.63)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	-1.53** (-2.49)	-0.263	0.71*** (7.27)	-1.99*** (-3.90)
<b>Panel C: 15% VIX ATM Call Strategy</b>				
No Threshold	2.92 (0.38)	0.040	-6.35 (-1.29)	5.91 (0.64)
Mean Threshold (Buy VIX if less than 20.2)	-2.48*** (-3.11)	-0.328	0.58*** (3.97)	-2.88*** (-3.76)

Tabella 7, Rendimenti di un portafoglio composto dalle VIX calls e dall'indice S&P 500

Fonte: Berkowitz, 2018

I beta di mercato per le strategie “*No threshold*”, in cui vengono sempre utilizzate le VIX call, sono negativi, mentre gli alfa per questi portafogli sono tutti positivi. Le strategie “*No threshold*” hanno ritorni medi maggiori rispetto ai portafogli interamente composti da S&P 500, ma gli Sharpe ratios sono all'incirca la metà rispetto a quelli del portafoglio S&P 500. La strategia “*Mean threshold*”, invece, ha *performance* estremamente basse, mostrando rendimenti medi negativi e alfa che variano da -1.10 (portafoglio con 5% VIX Call) a -2.88 (portafoglio con 15% VIX call). Questi risultati dimostrano che utilizzare le VIX Calls all'interno dei portafogli anche con percentuali basse (5%), può risultare molto costoso.

I risultati dell'analisi mostrano la capacità del VIX stesso di diversificare e coprire i portafogli

finanziari contro crolli di mercato senza costi significativi, ma allo stesso tempo gli strumenti derivati che permettono di investire indirettamente nell'indice presentano risultati con rendimenti attesi negativi.

Le figure 9 e 10 mostrano le *performance* di un portafoglio che detiene il 5% di volatilità attraverso l'utilizzo di diverse *asset classes*, all'interno di uno stesso intervallo di tempo, partendo da un valore di portafoglio pari a \$1.000.000. La figura 9 rappresenta i risultati di una strategia “*No threshold*”, mentre la figura 10 rappresenta i risultati di una strategia *threshold* a 20,2 punti indice.

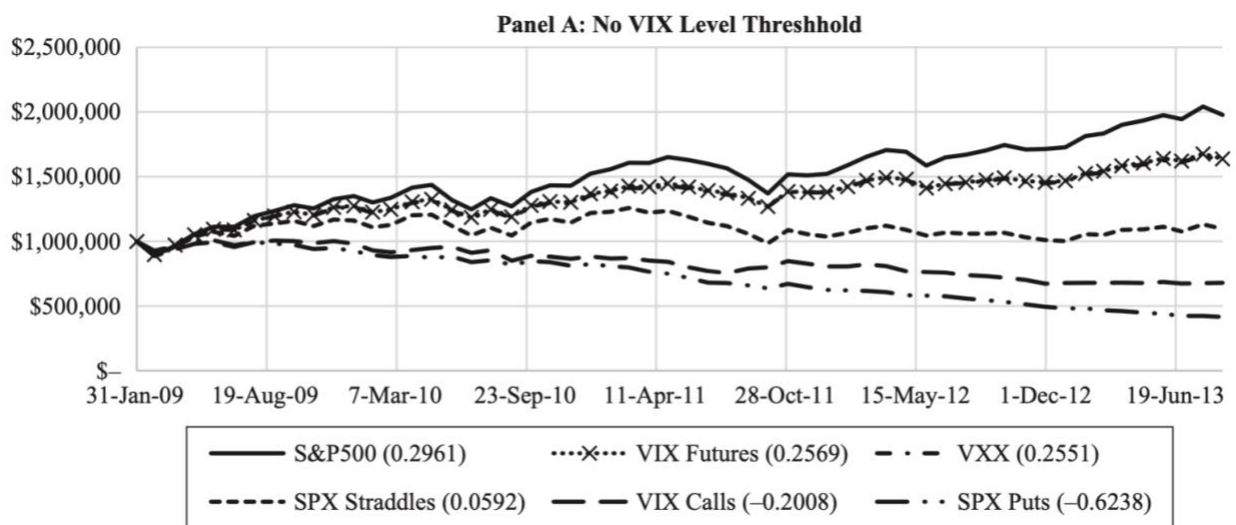


Figura 9, Performance di un portafoglio composto da diverse *asset class volatility-based* applicando una strategia “*No threshold*”

Fonte: Berkowitz, 2018

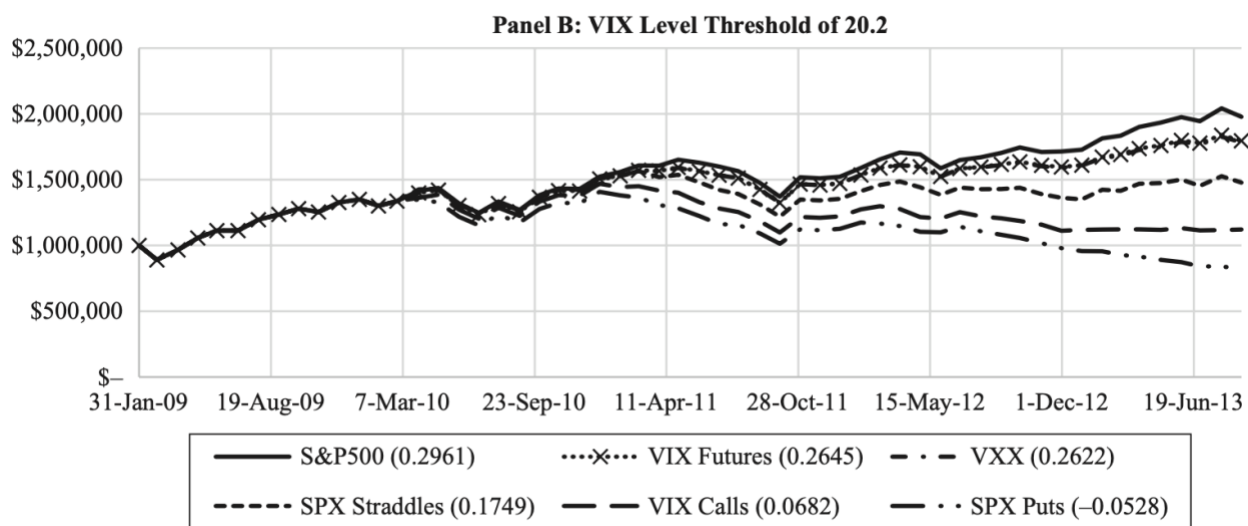


Figura 10, Performance di un portafoglio composto da *diverse asset class volatility-based* applicando una strategia “*Mean threshold*”

Fonte: Berkowitz, 2018

## 2.4 Manipolazione dell’indice

I partecipanti al mercato hanno sufficienti incentivi a cercare di manipolare i prezzi finanziari dei titoli e degli indici su cui il sistema economico si basa, in modo tale da trarne profitto. Tuttavia, la manipolazione dei mercati è un processo complesso. In primo luogo, se i prezzi dei titoli si scostassero dai loro valori fondamentali, si aprirebbero opportunità di profitto che verrebbero corrette dagli altri investitori. Inoltre, anche nel caso in cui il trader riuscisse a muovere il prezzo dai suoi fondamentali, tale disequilibrio si ribilancerebbe quando il trader decidesse di liquidare la sua posizione. Terzo, anche se il manipolatore riuscisse a influenzare il prezzo del titolo e ad ottenere un profitto tale benefico dovrà essere maggiore rispetto ai costi attesi (Becker 1960; Ehrlich 1973). Andersen, Bonderenko e Gonzalez-Perez (2015) dimostrano che l’indice VIX può presentare deviazioni dalla volatilità implicita poiché nel suo calcolo sono incluse opzioni illiquide. Ogni mese avviene un *settlement* dove il valore dei derivati del VIX è posto uguale al valore del VIX; il VIX al *settlement* è calcolato da un ampio insieme di opzioni *out-of-the-money* (OTM) put e call dell’indice SPX con vari prezzi d’esercizio. Un operatore con la volontà di manipolare il VIX muoverà i prezzi delle opzioni SPX OTM al *settlement*, in questo modo influenzerà il valore a scadenza dei derivati sul VIX nel livello soprastante. Numerosi andamenti anomali dei dati sono associabili a operazioni speculative. In primo luogo, nell’esatto momento in cui avviene la liquidazione mensile del VIX si registrano variazioni significative nel volume delle opzioni SPX sottostanti. Queste oscillazioni si verificano solo nelle opzioni SPX OTM

incluse nel calcolo del VIX e non anche nelle opzioni SPX ITM non incluse nel calcolo. Inoltre, la crescita nei volumi non si registra per le opzioni degli indici S&P 100 (OEX) o SPDR S&P 500 ETF (SPY), non legate alla volatilità. Gli speculatori saranno in grado di muovere i prezzi del VIX aumentando il volume degli scambi nelle opzioni SPX, in particolare nelle opzioni put OTM in coerenza con la formula del VIX. Il volume di negoziazione il giorno di liquidazione rispecchierà l'incremento dei movimenti, mentre normalmente le opzioni *deep* OTM sono raramente negoziate.

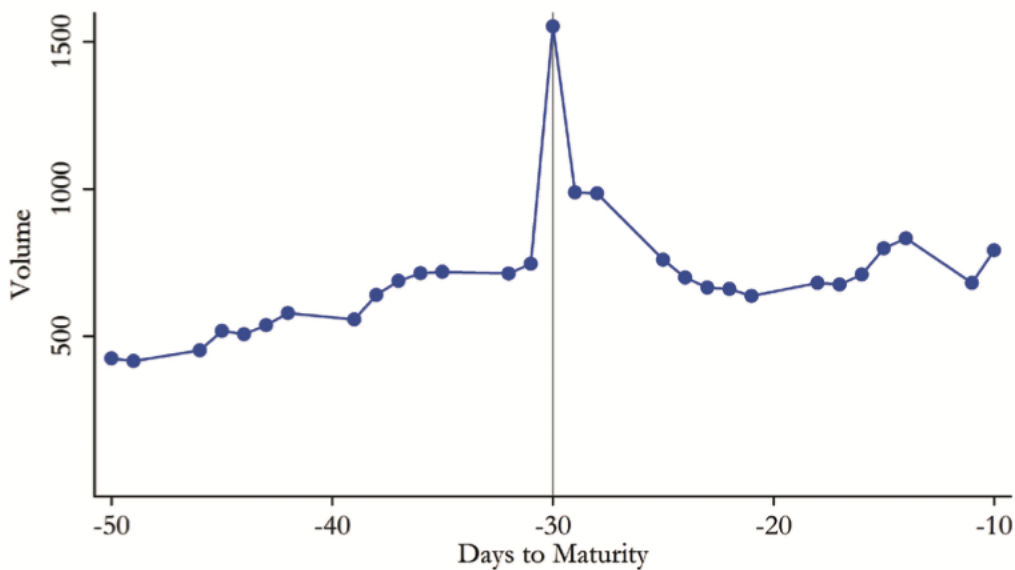


Figura 11, Volume di negoziazione giornaliero delle opzioni SPX

Fonte: Griffin & Shams, 2018

La figura 11 mostra il volume di negoziazione giornaliero di tutte le opzioni SPX. Normalmente il volume è basso ed aumenta all'avvicinarsi della scadenza. Ciononostante, nella figura viene mostrata un'impennata nel volume 30 giorni prima della scadenza. Tale variazione anomala non è riscontrabile in nessuno evento relativo al mercato del S&P 500, ma appunto corrisponde al giorno del *settlement* dell'indice VIX.

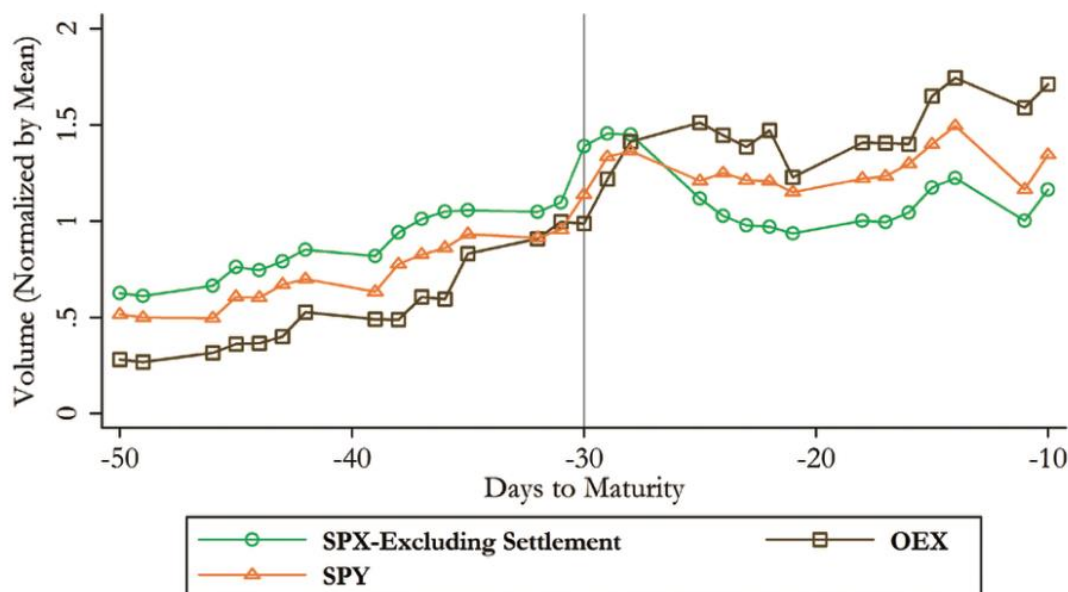


Figura 12, Volume di negoziazione delle opzioni

Fonte: Griffin & Shams, 2018

Come si può notare nella figura 12, nella rappresentazione viene rimosso il volume dell'SPX delle negoziazioni che avvengono nel giorno di *settlement* del VIX, ovvero 30 giorni prima della scadenza delle SPX. Il volume per i restanti giorni non presenta significative impennate al di fuori dei giorni del *settlement*, mostrando implicitamente che l'impennata è influenzata dal volume del *settlement*. Al fine di verificare che non siano presenti ulteriori eventi oltre al *settlement* del VIX che causino oscillazioni, il volume delle opzioni SPX viene comparato alle opzioni OEX e alle SPY. Dal momento in cui non ci sono futures o opzioni sull'indice VXO, il cui calcolo si basa sulle opzioni OEX, non sono presenti incentivi per la manipolazione dell'indice. Inoltre, gli SPY ETF seguono il percorso dell'S&P 500 e hanno gli stessi fondamentali, ma non esiste nessun indice della volatilità calcolato utilizzando le opzioni SPY. I volumi delle opzioni OEX e delle SPY non mostrano alcuna movimentazione anomala 30 giorni prima della scadenza.

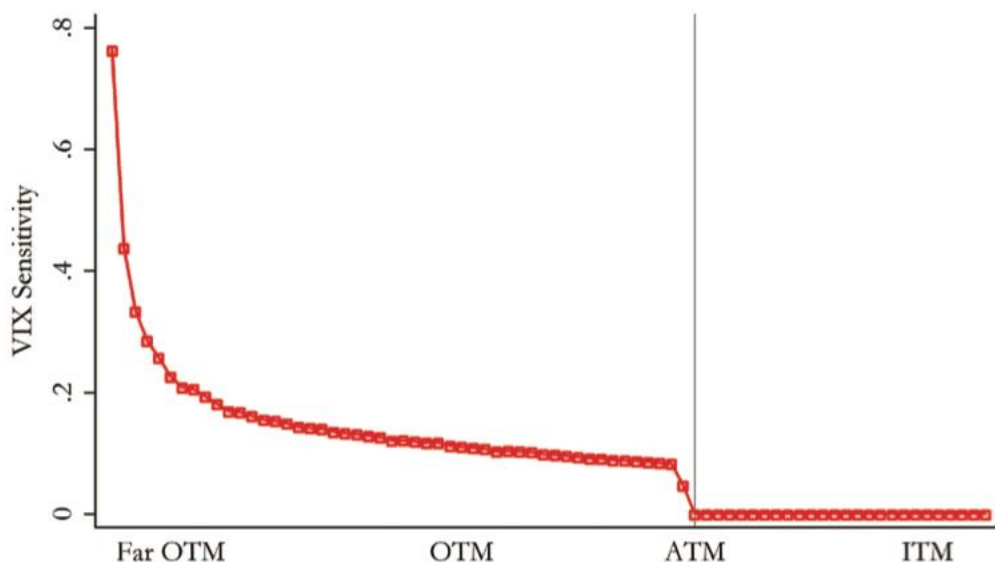


Figura 13, Opzioni put e sensibilità del VIX

Fonte: Griffin & Shams, 2018

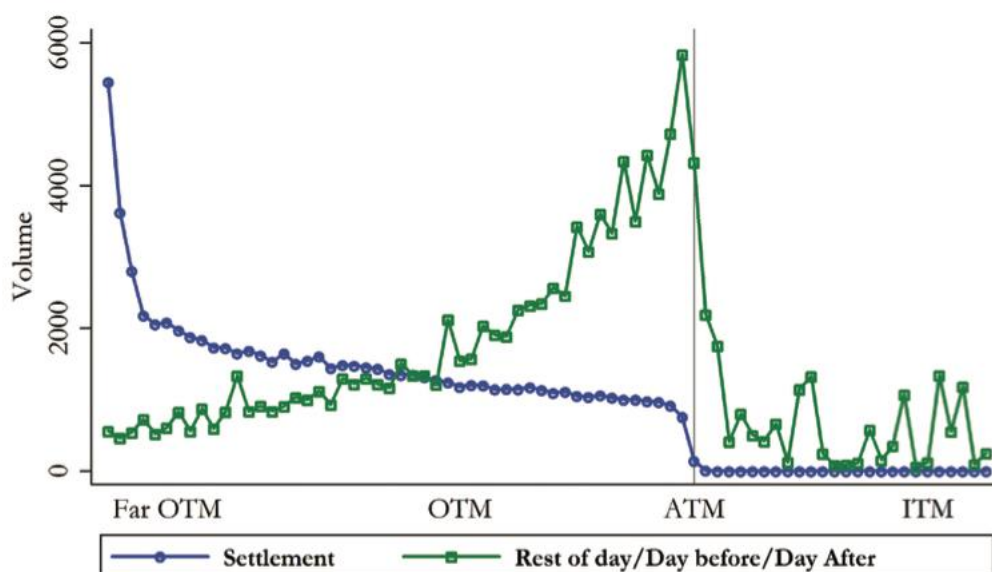


Figura 14, Volume di negoziazione delle opzioni put nel settlement a confronto con i volumi dei restanti giorni

Fonte: Griffin & Shams, 2018

Le figure 13 e 14, mostrano la sensibilità del VIX a cambiamenti di prezzo delle singole opzioni put, mostrando che le opzioni “Far OTM” sono le opzioni a cui il VIX è più sensibile. Come discusso precedentemente, un operatore che desidera manipolare l’indice dovrà aumentare il



volume di negoziazione delle opzioni a cui il VIX è più sensibile. In coerenza con la sensibilità mostrata nelle figure, il volume delle opzioni put aumenta dal momento che diventano maggiormente OTM. Successivamente viene mostrata come tale relazione positiva fra la sensibilità del VIX e il volume di negoziazione sia limitata soltanto ai giorni di *settlement*, registrando nei restanti giorni una significativa diminuzione nel volume di negoziazione di tali opzioni.

Le deviazioni nell'andamento del VIX registrano in media movimentazioni di 31 *basis points* nei valori registrati nel giorno di liquidazione che corrisponde a 1,81 miliardi di dollari di distorsione dei prezzi di *settlement* per il livello soprastante dei futures e delle opzioni sul VIX nell'intervallo temporale 2008-2015 (Griffin,2018). Le grandi dimensioni dell'esposizione dei VIX futures e options al regolamento relativo dei prezzi delle opzioni SPX al *settlement*, rende la manipolazione profittevole per un grande investitore. Sebbene in altri mercati azionari è possibile correggere tali deviazioni dei prezzi attraverso pratiche di arbitraggio, gli alti costi di transazione delle opzioni SPX, meno liquide durante la finestra precedente al *settlement*, rendono tali deviazioni realizzabili.

I risultati dell'analisi di Griffin (2018) mostrano come la manipolazione dell'indice sia la spiegazione più evidente a tali anomalie; ciononostante, non è possibile escludere con certezza potenziali spiegazione alternative una strategia di liquidità coordinata e due strategie alternative di *hedging*. Nell'aprile del 2018, il CBOE con una lettera cercò di calmare le paure degli investitori i quali, in seguito alle variazioni anomale dell'indice, credevano che una manipolazione fosse stata attuata. Il messaggio del CBOE teneva a rassicurare che tali anomalie fossero il risultato di un normale e legittimo comportamento di *trading*. Infatti, nella lettera venne riportato che un grande investitore processò un ordine di 212.000 contratti causando uno squilibrio nei prezzi delle opzioni utilizzate per il *settlement* del VIX. Tali ordini effettuati risultavano comunque legittimi. La critica mossa da Graffin (2018) verso il CBOE suggerisce delle politiche che incoraggino la trasparenza nel riportare le attività di trading in modo tale da permettere ad accademici, regolatori ed esperti di verificare se i grandi investitori che attuano strategie di *hedging* utilizzando opzioni SPX allo stesso tempo speculano sulle deviazioni del VIX. Tramite una maggiore trasparenza sarà possibile determinare se tali deviazioni anomale siano un risultato di legittime strategie di *hedging* oppure di tentativi di manipolazione.

## CAPITOLO 3: LA CRISI COVID-19

### 3.1 Analisi di dati

Il virus Covid-19 ha iniziato la sua diffusione nel dicembre 2019 a Wuhan, Cina. Il 3 marzo 2020 il virus aveva infettato più di 90.000 persone in più di 60 paesi, uccidendo migliaia di persone. Da gennaio 2020, la World Health Organization (WHO) ha iniziato a monitorare la situazione mondiale rilasciando resoconti giornalieri riguardo i nuovi casi di infezioni e il numero di morti nelle regioni della Cina e al di fuori di esse. Seguendo la paura generale in Cina, il mercato azionario di Shanghai è crollato dell'8% il 3 Febbraio 2020, e questo forte shock si è diffuso velocemente nei mercati finanziari internazionali. Il 28 Febbraio la WHO ha riportato la presenza di più di 1000 casi al di fuori della Cina confermando la diffusione del virus in altri 5 nuovi paesi; questa notizia causò un forte shock sui mercati con una flessione del 4,4% dell'indice S&P 500. Il Covid-19 ha assunto sui mercati le sembianze di "un cigno nero" alla Taleb; ovvero un evento non previsto dagli operatori sul mercato e sottovalutato a causa di un crescente ottimismo della capacità del sistema economico di poter affrontare l'emergenza pandemica. La diffusione del virus a livello globale, insieme agli effetti economici delle misure di "lockdown" adottate per il suo contenimento, hanno inciso in maniera negativa sulle prospettive di crescita nel breve termine. Come riportato dall'agenzia di rating S&P (2020), l'economia mondiale sta attraversando un periodo caratterizzato da forti riduzioni sia nei PIL stimati che nei prezzi delle attività finanziarie. Gli effetti del Covid-19 hanno avuto un significativo impatto sulle variabili macroeconomiche, in particolare il tasso di disoccupazione statunitense è passato dal 3,5% di Dicembre 2019 al 14,7% di Maggio 2020 assestandosi al 13,3% a giugno, raggiungendo un livello mai registrato dagli anni 70' ad oggi. L'emergenza coronavirus rappresenta una situazione non comparabile con le crisi passate anche se i mercati hanno reagito, dopo la prima fase in modo non convenzionale recuperando parte delle perdite subite ad inizio marzo. L'incertezza fra gli investitori si è riflessa in un'impennata della volatilità sui mercati come dimostra l'andamento del VIX. Da metà febbraio, data in cui il coronavirus si è imposto nell'agenda *setting* dei media globali uscendo dai confini asiatici, fino a metà marzo la volatilità sui mercati azionari si è alzata del 462% (Sole 24 ore, 2020). Il VIX è salito nettamente al di sopra della sua media del 19,7 assestandosi ad un valore medio durante la crisi Covid-19 all'incirca di 45 punti indice. I valori attuali non venivano registrati dal 2011, quando i mercati finanziari furono scossi dal contagio della crisi dei debiti sovrani nell'Eurozona dalla Grecia all'Italia. L'area dei 50 punti è la stessa che l'indice toccò nel periodo successivo al fallimento della Lehman-Brothers, segnando il punto più alto della crisi dei mutui *subprime*, il VIX superò quota 80 punti (Sole 24 Ore, 2020).

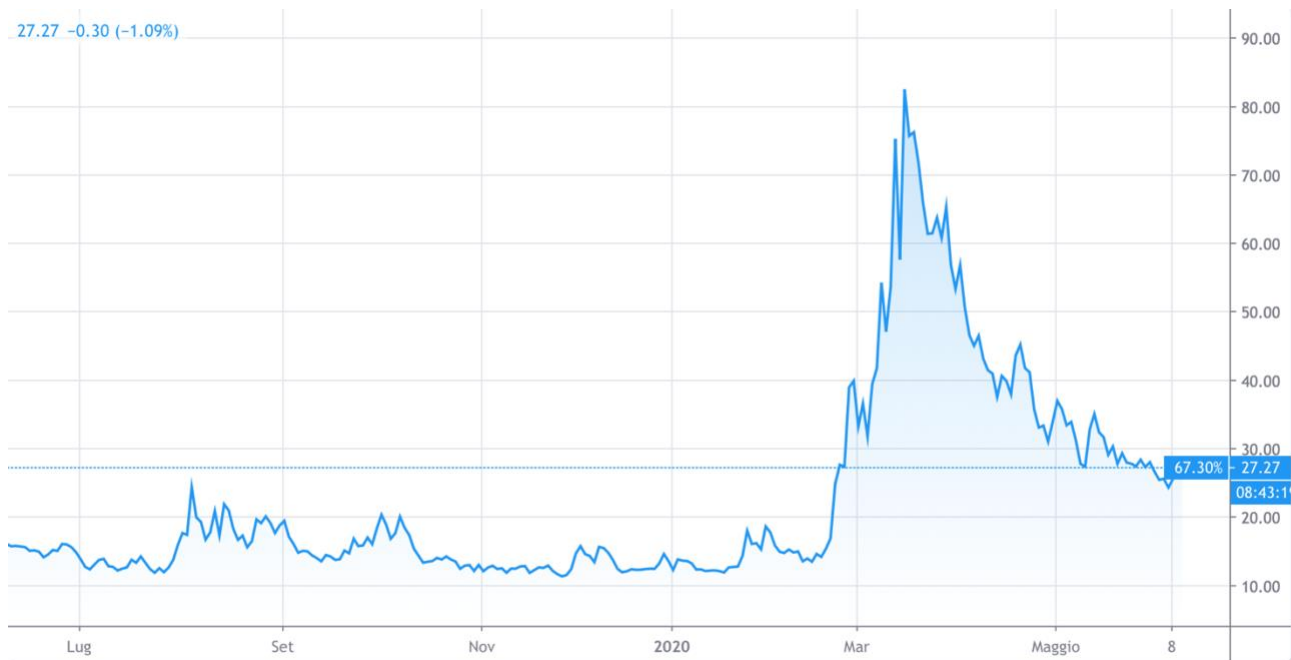


Figura 15, Andamento del VIX da giugno 2019 a giugno 2020

Fonte: TradingView.com

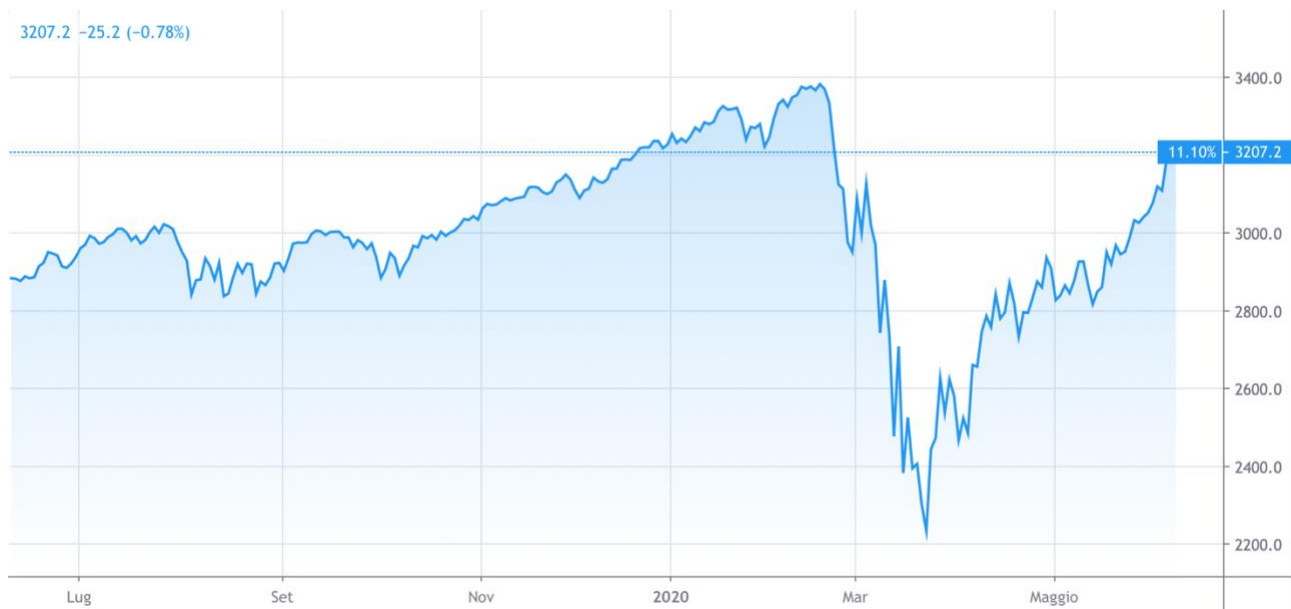


Figura 16, Andamento del S&P 500 da giugno 2019 a giugno 2020

Fonte: Trading View.com

L'11 marzo 2020 l'Organizzazione mondiale della sanità (WHO) ha dichiarato il coronavirus pandemia mondiale. Il 12 marzo l'indice azionario americano ha chiuso con un ribasso del 9,51%

seguito da un rialzo del VIX del 40,52%, toccando 75,47 punti indice (Trading View.com, 2020). Il picco dell'emergenza coronavirus è stato raggiunto il 16 marzo, che verrà ricordato come il "Black Tuesday" della crisi Covid-19. L'indice S&P 500 ha subito un crollo dell'11,98% seguito da un'impennata del VIX del 42,99% il quale ha raggiunto quota 82,7 punti indice registrando il suo massimo storico superando quello della crisi dei mutui *subprime*. L'SPX ha toccato il suo minimo il 23 marzo dall'inizio della crisi toccando i 2237,4 punti. I valori dell'indice della paura si sono mantenuti al di sopra dei 30 punti dal 27 febbraio fino all'11 marzo, un intervallo di tempo record, inferiore solo ai livelli del 2008. Le paure degli investitori sono state alimentate dall'assenza di un vaccino nel breve termine, la quale ha aumentato l'incertezza relativa al futuro delle economie mondiali. La flessione della curva dei contagi insieme ai programmi di intervento annunciati dalle Banche Centrali mondiali hanno riportato fiducia nei mercati, registrando i primi segnali di ripresa dalla metà di aprile. Il 17 aprile l'indice SPX ha raggiunto quota 2874,6, una ripresa sostanziale se paragonata al livello che l'indice aveva raggiunto solamente un mese prima (2237,4). Seguendo lo stesso trend, il VIX ha raggiunto quota 38,2 punti il 17 aprile, comunicando un passaggio del *sentiment* del mercato da un momento di estrema paura ad uno di elevata incertezza.

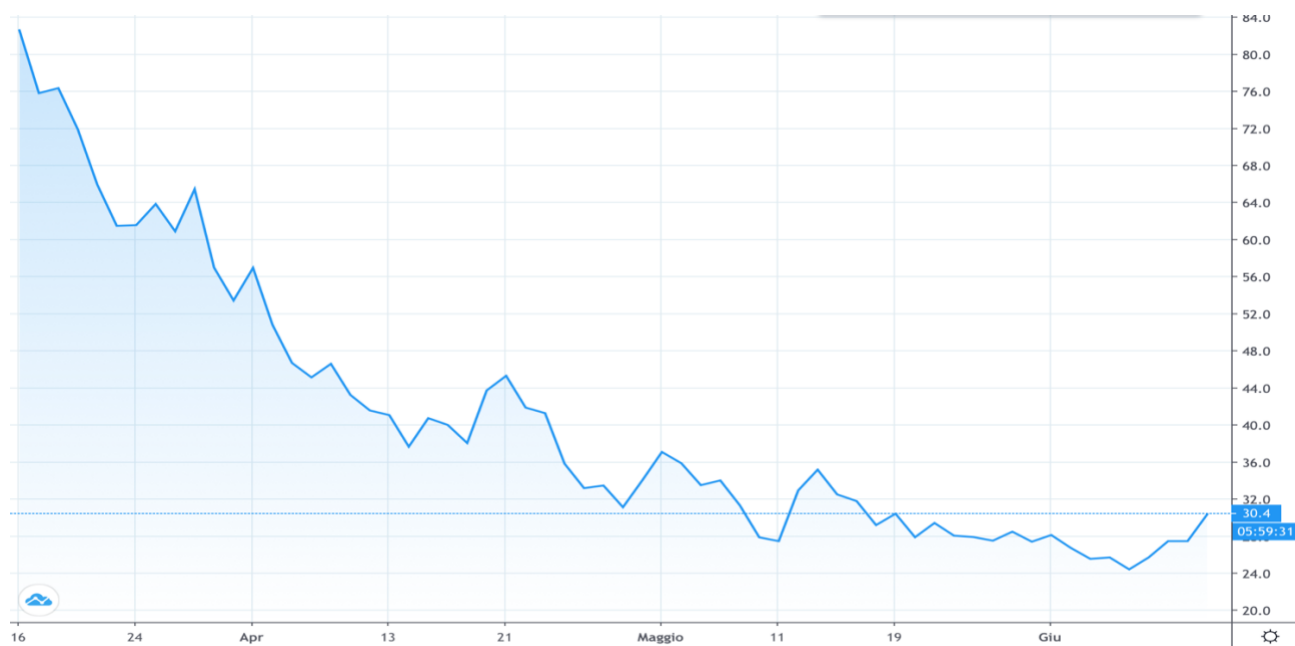


Figura 17, Andamento del VIX dal 16 marzo al 7 giugno 2020

Fonte: Tradingview.com, 2020

L'allentamento delle restrizioni anti Covid-19 negli inizi di maggio con la riapertura delle economie dei Paesi, ha portato ad un aumento delle preoccupazioni fra gli investitori i quali temevano una seconda ondata di contagi nella cosiddetta "Fase 2". Ciononostante, i risultati delle

prime settimane della seconda fase sono stati incoraggianti; la ripresa delle attività ha dato un forte impulso alla ripresa dei mercati ed insieme ad una curva dei contagi che non ha registrato aumenti significativi, ha momentaneamente sostituito la preoccupazione fra gli investitori con un crescente ottimismo. Tale ottimismo si è tradotto in una costante crescita dei mercati americani i quali hanno quasi totalmente cancellato le perdite subite durante la crisi. L'8 giugno l'indice S&P 500 è tornato ai livelli di inizio febbraio chiudendo con + 1,2% mentre nella stessa giornata il Nasdaq Composite ha chiuso con un rialzo dell'1,1%, toccando il suo massimo storico. Le cause di questo forte rialzo sono individuabili negli interventi a sostegno dell'economia attuati dalla Federal Reserve e dal governo americano, accompagnati da una crescente fiducia che le aziende farmaceutiche americane saranno le prime a sviluppare farmaci e vaccino contro il coronavirus: queste speranze hanno fatto crescere fortemente l'entusiasmo degli investitori. Se da un lato i mercati finanziari sono tornati ai livelli pre-Covid, non è possibile affermare lo stesso per l'economia reale. L'8 giugno Goldman Sachs ha annunciato che l'economia statunitense è entrata in una lunga fase di recessione, interrompendo il periodo più lungo di crescita della storia degli USA (Goldman Sachs, 2020). Infatti, come precedentemente riportato, la disoccupazione ha raggiunto il 13,3%, un livello mai registrato dagli anni 70 ad oggi con la previsione di posti di lavoro a rischio tra i 5 e i 25 milioni, numeri che potrebbero superare quelli registrati nel 2008 (Bloomberg, 2020). La situazione inversa in cui si trovano mercati finanziari ed economia reale può risultare contraddittoria, ma analizzando gli andamenti storici risulta l'assenza di una relazione fra finanza ed economia reale. Nell'intervallo di tempo che va dal 1930 al 2019, la correlazione fra le variazioni annuali reali del PIL statunitense e i rendimenti annuali reali dell'indice S&P 500 risulta uguale a 0,09 (Bloomberg, 2020). Il mercato azionario non misura il benessere di un paese dal punto di vista sociopolitico o economico, ma piuttosto è una funzione delle aspettative degli investitori sulle prospettive future delle imprese quotate pubblicamente (Bloomberg, 2020). Dunque, il "miracolo" del mercato azionario deriva da una netta e incondizionata aspettativa degli investitori riguardo una forte ripresa degli utili nel breve termine. Analizzando le performance delle migliori 20 azioni dell'indice S&P 500, si registra un rendimento medio del 151%; 10 di queste sono imprese energetiche, un settore che era in condizioni preoccupanti solo due mesi prima.

## The U.S. stock market and the economy often diverge for long periods

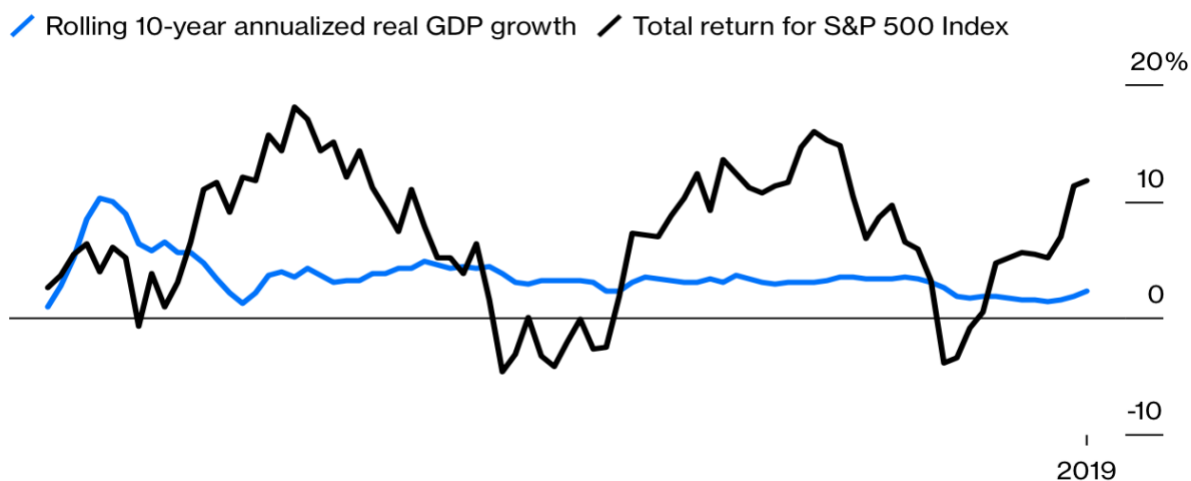


Figura 18, Relazione fra il PIL e i rendimenti dell'S&P 500 dal 1930 al 2019

Fonte: Bloomberg, 2020

Le restanti azioni del S&P 500 presentano lo stesso trend: tra la prima metà delle azioni con più alti rendimenti dal 23 marzo, il 70% appartiene a settori che sono stati più duramente colpiti dall'emergenza coronavirus (*consumer discretionary, energy, financials, industrials e materials*) mentre il restante 30% sono da settori che hanno meglio affrontato l'emergenza e persino beneficiandone (*technology, communications, utilities*). Ciononostante, i numeri analizzati non giustificano le forti aspettative degli investitori riguardo una crescita negli utili. Molti importanti investitori hanno infatti espresso il loro scetticismo, in particolare Jeremy Grantham gestore, cofondatore e *chief investment strategist* di Grantham Mayo van Otterloo, una società di gestione patrimoniale, ha riportato in un articolo che il mercato sembra perso in un ottimismo incondizionato quando in realtà prudenza e pazienza risulterebbero molto più appropriate (Bloomberg, 2020).

### 3.2 Analisi delle variazioni

Lo studio propone di valutare se una posizione lunga nel VIX fosse stata una buona soluzione in termine di diversificazione nell'arco temporale 6 giugno 2019 fino al 6 giugno 2020 in cui si è verificata la crisi Covid-19. La verifica analizza i benefici apportati al portafoglio con una posizione sul VIX; successivamente si simulerà l'assunzione di una posizione lunga sul VIX future. Una posizione lunga nella volatilità potrebbe ottenere dei rendimenti negativi nel lungo termine, ma se mantenuta nel breve potrebbe fornire significativi benefici in termine di diversificazione negli scenari ribassisti. Vengono utilizzati dati con frequenza giornaliera estratti

da Yahoo Finance (2020). I dati del VIX sono messi a confronto con quelli dell'indice S&P 500. Successivamente si analizza un portafoglio in cui si utilizza l'indice S&P 500 VIX Short-Term Futures. Tale indice replica un ipotetico portafoglio di VIX futures che riflette continuamente le aspettative del VIX ad un mese, rollando approssimativamente il 5% percento delle sue posizioni giornalmente dal contratto futures *first-month* al contratto futures *second-month*.

	S&P 500	VIX index
<b>Rendimento Giornaliero</b>	0,04215%	0,16281%
<b>Rendimento Giornaliero annualizzato</b>	15,38515%	59,42620%
<b>Varianza Giornaliera</b>	0,04261%	0,97528%
<b>Varianza Giornaliera annualizzata</b>	15,55164%	355,97826%
<b>Deviazione Standard</b>	39,43556%	188,67386%
<b>Covarianza</b>	-0,522603085	
<b>Correlazione</b>	-0,702380063	

Tabella 8, Statistiche dei due indici, dal 10 giugno 2019 al 6 giugno 2020.

Fonte: YahooFinance, 2020

La tabella 8 riporta le statistiche degli indici S&P500 e VIX che compongono il portafoglio. In particolare, è importante evidenziare che la correlazione negativa fra l'S&P 500 e il VIX (-0,7023) si amplifica in coincidenza delle forti oscillazioni sui mercati finanziari. Ciò conferma i benefici in termini di diversificazione del VIX.

Wa	Wb	Mean	Stnd	Sharpe	Eff	Ineff
100,00%	0,00%	15,39%	39,44%	0,37385	#N/D	15,39%
97,50%	2,50%	16,49%	35,30%	0,44889	#N/D	16,49%
95,00%	5,00%	17,59%	31,56%	0,53691	#N/D	17,59%
92,50%	7,50%	18,69%	28,39%	0,63574	#N/D	18,69%
90,00%	10,00%	19,79%	25,98%	0,73699	#N/D	19,79%
87,50%	12,50%	20,89%	24,57%	0,82410	#N/D	20,89%
85,76%	14,24%	21,66%	24,27%	0,86583	21,66%	21,66%
85,00%	15,00%	21,99%	24,33%	0,87751	21,99%	#N/D
82,50%	17,50%	23,09%	25,29%	0,88767	23,09%	#N/D
80,00%	20,00%	24,19%	27,33%	0,86176	24,19%	#N/D
77,50%	22,50%	25,29%	30,23%	0,81559	25,29%	#N/D

75,00%	25,00%	26,40%	33,76%	0,76279	26,40%	#N/D
72,50%	27,50%	27,50%	37,76%	0,71123	27,50%	#N/D
70,00%	30,00%	28,60%	42,08%	0,66431	28,60%	#N/D
67,50%	32,50%	29,70%	46,64%	0,62294	29,70%	#N/D
65,00%	35,00%	30,80%	51,38%	0,58695	30,80%	#N/D
62,50%	37,50%	31,90%	56,25%	0,55574	31,90%	#N/D
60,00%	40,00%	33,00%	61,21%	0,52864	33,00%	#N/D
57,50%	42,50%	34,10%	66,26%	0,50502	34,10%	#N/D
55,00%	45,00%	35,20%	71,36%	0,48433	35,20%	#N/D
52,50%	47,50%	36,30%	76,51%	0,46611	36,30%	#N/D
50,00%	50,00%	37,41%	81,70%	0,44997	37,41%	#N/D
47,50%	52,50%	38,51%	86,93%	0,43560	38,51%	#N/D
45,00%	55,00%	39,61%	92,18%	0,42273	39,61%	#N/D
42,50%	57,50%	40,71%	97,45%	0,41116	40,71%	#N/D
40,00%	60,00%	41,81%	102,74%	0,40070	41,81%	#N/D
37,50%	62,50%	42,91%	108,05%	0,39120	42,91%	#N/D
35,00%	65,00%	44,01%	113,37%	0,38255	44,01%	#N/D
32,50%	67,50%	45,11%	118,70%	0,37464	45,11%	#N/D
30,00%	70,00%	46,21%	124,05%	0,36737	46,21%	#N/D
27,50%	72,50%	47,31%	129,40%	0,36068	47,31%	#N/D
25,00%	75,00%	48,42%	134,76%	0,35450	48,42%	#N/D
22,50%	77,50%	49,52%	140,13%	0,34878	49,52%	#N/D
20,00%	80,00%	50,62%	145,51%	0,34346	50,62%	#N/D
17,50%	82,50%	51,72%	150,89%	0,33851	51,72%	#N/D
15,00%	85,00%	52,82%	156,27%	0,33389	52,82%	#N/D
12,50%	87,50%	53,92%	161,67%	0,32956	53,92%	#N/D
10,00%	90,00%	55,02%	167,06%	0,32551	55,02%	#N/D
7,50%	92,50%	56,12%	172,46%	0,32171	56,12%	#N/D
5,00%	95,00%	57,22%	177,86%	0,31813	57,22%	#N/D
2,50%	97,50%	58,33%	183,27%	0,31475	58,33%	#N/D
0,00%	100,00%	59,43%	188,67%	0,31157	59,43%	#N/D

Tabella 9, Statistiche di portafogli composti dall'*equity* e dal VIX combinati con pesi differenti.

Fonte: Yahoo Finance, 2020



La tabella 9 riporta le performance di un portafoglio composto dall'*equity* e dal VIX con differenti combinazioni dei pesi dei due asset. La colonna denominata con il simbolo "Wa" rappresenta il peso nel portafoglio dell'*equity* (andamento dell'S&P 500), mentre quella denominata "Wb" indica il peso del VIX. Nella colonna "Mean", rendimento medio annualizzato di portafoglio, è possibile notare che l'aggiunta dell'asset VIX al portafoglio comporta notevoli benefici in termini di rendimento. Maggiore è il peso del VIX nel portafoglio maggiore è il beneficio in termini di rendimento di portafoglio. Analizzando la colonna "Stnd", deviazione standard annualizzata di portafoglio, è possibile notare una riduzione del rischio di portafoglio con l'aggiunta dell'asset VIX. La riduzione del rischio, tuttavia, è limitata ad un massimo peso del VIX nel portafoglio (27,5%). Con un'allocazione del VIX superiore al 27,5%, la deviazione standard di portafoglio risulta maggiore rispetto a quella del portafoglio interamente composto dall'*equity* (39,44%). La colonna "Sharpe", noto anche come "Reward-Volatility ratio", utilizza come tasso *risk free* il "T-Bill" con tasso di rendimento annuo dello 0,642%. L'analisi dei risultati mostra come l'asset VIX apporta notevoli benefici in termini di Sharpe Ratio anche per percentuali dell'asset elevate (fino ad un massimo del 67,5%).

Di seguito viene riportato un grafico rappresentante la frontiera efficiente realizzata tramite l'aggiunta di una posizione VIX in un portafoglio composto dall'*equity* (S&P 500). Tale frontiera mostra chiaramente i benefici di diversificazione di una posizione VIX in portafoglio. La parte della curva colorata di blu rappresenta i portafogli efficienti, mentre quella arancione quelli inefficienti, rispettivamente indicati nella tabella 9 nelle colonne "Eff" e "Ineff".

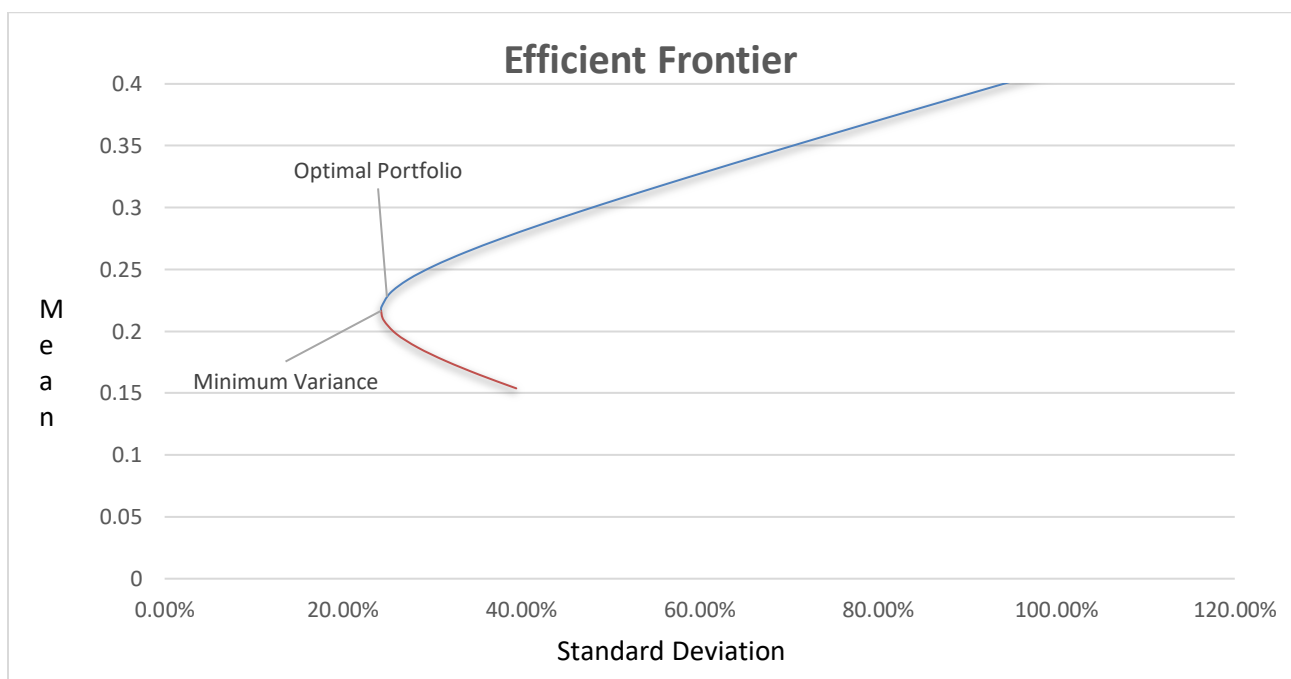


Figura 19, Frontiera efficiente di un portafoglio composto dal VIX e dall'*equity* nel periodo Giugno 2019 a Giugno 2020

Fonte: YahooFinance.com

Il portafoglio composto dall'85,74% dall'*equity* e dal 14,26% dal VIX mostra la varianza minima della frontiera. La combinazione appena descritta riduce al minimo il rischio del portafoglio, ottenendo una deviazione standard pari al 24,27% e allo stesso tempo un rendimento medio del 21,66%. Il portafoglio "*minimum variance*" mostra i benefici di diversificazione apportati dal VIX con un miglioramento delle performance del portafoglio rispetto a quello interamente composto dall'*equity*, sia in termini di rischio che di rendimento.

Tramite la frontiera efficiente è possibile determinare il portafoglio ottimo composto dall'*equity* e dal VIX che presenta lo "Sharpe ratio" maggiore. A tale fine, viene determinato il punto in cui la "*capital allocation line*" con pendenza maggiore (Sharpe ratio maggiore) risulta tangente alla frontiera. Il portafoglio ottimo risulta composto per l'83,16% dall'*equity* e per il 16,84% dal VIX e registra lo Sharpe ratio maggiore della frontiera (0,889).

Optimal Portfolio	
Wa	0,83161687
Wb	0,16838313
Mean	0,2280092
STND	0,24924414
Sharpe	0,8890448

Tabella 10, Statistiche del portafoglio ottimo composto dall'*equity* e dal VIX.

Fonte: YahooFinance.com, 2020

L'analisi effettuata presenta il limite di utilizzare non un prodotto finanziario ma direttamente l'indice VIX.

Nella seconda parte verranno analizzato i benefici che vengono apportati dai VIX futures al portafoglio, creando delle posizioni "VIX-like".

Nella tabella 11 sono rappresentate le statistiche dell'S&P 500 e dei VIX futures.

	<b>S&amp;P 500</b>	<b>VIX futures</b>
<b>Rendimento Giornaliero</b>	0,04215%	0,01766%
<b>Rendimento Giornaliero annualizzato</b>	15,38515%	6,44681%
<b>Varianza Giornaliera</b>	0,04261%	0,35863%
<b>Varianza Giornaliera annualizzata</b>	15,55164%	130,90%
<b>Deviazione Standard</b>	39,43556%	114,41%
<b>Covarianza</b>	-0,325578222	
<b>Correlazione</b>	-0,720212215	

Tabella 11, Statistiche degli asset di portafoglio, da Giugno 2019 a Giugno 2020

Fonte: YahooFinance, 2020

I risultati presentati mostrano un rendimento medio dei VIX futures (6,44%) inferiore a quello del VIX, poiché gli investitori con una posizione nei VIX futures dovranno affrontare il cosiddetto costo del “rolling”; l’investitore dovrà pagare la differenza di prezzo per convertire il future in scadenza nel contratto successivo, dunque nel caso di contango risulterà in un costo. Allo stesso tempo, i VIX futures presentano una deviazione standard inferiore (114,41%) e una correlazione negativa con il S&P 500 più forte (-0,72) rispetto al VIX. ‘

Wa	Wb	Mean	stnd	Sharpe ratio	Eff	Ineff
100,00%	0,00%	15,39%	39,44%	0,37385	15,39%	#N/D
97,50%	2,50%	15,16%	36,44%	0,39846	15,16%	#N/D
95,00%	5,00%	14,94%	33,57%	0,42586	14,94%	#N/D
92,50%	7,50%	14,71%	30,86%	0,45597	14,71%	#N/D
90,00%	10,00%	14,49%	28,36%	0,48826	14,49%	#N/D
87,50%	12,50%	14,27%	26,13%	0,52138	14,27%	#N/D
85,00%	15,00%	14,04%	24,25%	0,55275	14,04%	#N/D
82,50%	17,50%	13,82%	22,79%	0,57835	13,82%	#N/D
80,00%	20,00%	13,60%	21,84%	0,59316	13,60%	#N/D
77,50%	22,50%	13,37%	21,48%	0,59280	13,37%	#N/D
77,26%	22,74%	13,35%	21,47%	0,59188	13,35%	13,35%
75,00%	25,00%	13,15%	21,73%	0,57576	#N/D	13,15%
72,50%	27,50%	12,93%	22,56%	0,54446	#N/D	12,93%
70,00%	30,00%	12,70%	23,93%	0,50401	#N/D	12,70%

67,50%	32,50%	12,48%	25,74%	0,45985	#N/D	12,48%
65,00%	35,00%	12,26%	27,91%	0,41609	#N/D	12,26%
62,50%	37,50%	12,03%	30,37%	0,37513	#N/D	12,03%
60,00%	40,00%	11,81%	33,04%	0,33803	#N/D	11,81%
57,50%	42,50%	11,59%	35,88%	0,30504	#N/D	11,59%
55,00%	45,00%	11,36%	38,85%	0,27594	#N/D	11,36%
52,50%	47,50%	11,14%	41,93%	0,25035	#N/D	11,14%
50,00%	50,00%	10,92%	45,09%	0,22784	#N/D	10,92%
47,50%	52,50%	10,69%	48,32%	0,20799	#N/D	10,69%
45,00%	55,00%	10,47%	51,60%	0,19043	#N/D	10,47%
42,50%	57,50%	10,25%	54,93%	0,17483	#N/D	10,25%
40,00%	60,00%	10,02%	58,30%	0,16090	#N/D	10,02%
37,50%	62,50%	9,80%	61,69%	0,14843	#N/D	9,80%
35,00%	65,00%	9,58%	65,11%	0,13720	#N/D	9,58%
32,50%	67,50%	9,35%	68,56%	0,12705	#N/D	9,35%
30,00%	70,00%	9,13%	72,02%	0,11784	#N/D	9,13%
27,50%	72,50%	8,90%	75,50%	0,10945	#N/D	8,90%
25,00%	75,00%	8,68%	78,99%	0,10178	#N/D	8,68%
22,50%	77,50%	8,46%	82,50%	0,09474	#N/D	8,46%
20,00%	80,00%	8,23%	86,01%	0,08827	#N/D	8,23%
17,50%	82,50%	8,01%	89,54%	0,08230	#N/D	8,01%
15,00%	85,00%	7,79%	93,07%	0,07678	#N/D	7,79%
12,50%	87,50%	7,56%	96,61%	0,07165	#N/D	7,56%
10,00%	90,00%	7,34%	100,16%	0,06688	#N/D	7,34%
7,50%	92,50%	7,12%	103,72%	0,06243	#N/D	7,12%
5,00%	95,00%	6,89%	107,28%	0,05828	#N/D	6,89%
2,50%	97,50%	6,67%	110,84%	0,05439	#N/D	6,67%
0,00%	100,00%	6,45%	114,41%	0,05074	#N/D	6,45%

Tabella 12, Statistiche chiave di portafogli composti dall'*equity* e da VIX futures combinati secondo diverse allocazioni.

Fonte: YahooFinance, 2020

La tabella 12 riporta le performance di un portafoglio composto dall'*equity* e dai VIX futures con varie combinazioni dei pesi dei due asset. Nella colonna "Mean" è possibile notare come

all'aumentare del peso dei VIX futures diminuisca rispettivamente il rendimento medio del portafoglio. Allo stesso tempo l'introduzione nel portafoglio dell'asset VIX futures apporta significativi benefici in termini di rischio. Nella colonna "Std" è possibile notare la riduzione della deviazione standard di portafoglio all'aumentare della percentuale dei VIX futures. Il massimo beneficio di diversificazione è riscontrabile nel portafoglio di minima varianza, il quale è composto dal 22,74% dai VIX futures e la deviazione standard risulta uguale a 21,47%, sensibilmente inferiore rispetto a quella del portafoglio di *equity* (39,44%). Tuttavia, tale riduzione del rischio viene raggiunta diminuendo il rendimento. Le basse performance in termini di rendimento dei VIX futures sono riconducibili alla loro "term structure"; dal momento che la "term structure" in media è in contango, i "futures seller" immetteranno un premio per il crescente rischio nell'indice dei futures, risultando in un prezzo maggiorato.

Di seguito viene riportata la frontiera efficiente di un portafoglio composto dall'*equity* e da VIX futures.

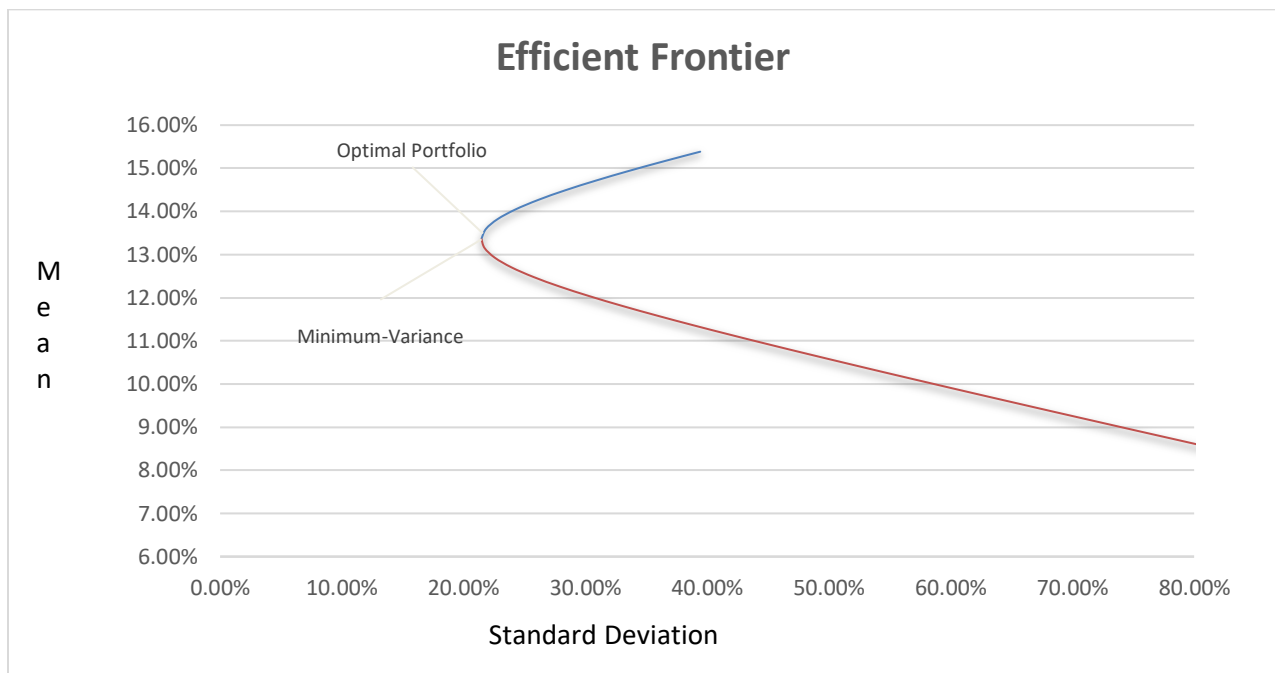


Figura 20, Frontiera efficiente di un portafoglio composto dall'*equity* e da i VIX futures nel periodo Giugno 2019 e Giugno 2020.

Fonte: YahooFinance, 2020

La figura 20 rappresenta graficamente quanto riportato nella tabella 12 nelle colonne "Eff" e "Ineff". Nel grafico si nota che la parte efficiente della frontiera è composta da portafogli in cui il peso dei VIX futures è relativamente basso (massimo 22,5%). L'allocazione dei VIX futures al di sopra della percentuale del 22,5% risulta inefficiente in quanto in corrispondenza dello

stesso livello di deviazione standard è presente un secondo portafoglio con un rendimento maggiore.

<b>Optimal Portfolio</b>	
Wa	0,78793313
Wb	0,21206687
Mean	0,134896243
STND	0,215904292
Sharpe	0,595061087

Tabella 13, Statistiche del portafoglio ottimo composto dall'*equity* e dai VIX futures.

Fonte: YahooFinance, 2020

Il portafoglio ottimo risulta composto dall' 78,79% dall'*equity* e dal 21,21% da i VIX futures. Tale portafoglio presenta un rendimento medio (13,49%) inferiore rispetto al portafoglio dell'*equity* (15,39%), tuttavia, il beneficio apportato in termini di rischio dai VIX futures riduce sensibilmente la deviazione standard (21,59%); tale portafoglio risulta il migliore in termini di "Reward to volatility".

Confrontando tale risultato con il portafoglio ottimo ottenuto nella prima analisi, è possibile notare come i primi risultati siano sensibilmente migliori. L' "*optimal*" con asset il VIX presenta uno Sharpe ratio dello 0,889 mentre quello composto dai VIX futeres presenta uno Sharpe ratio dello 0,595.

In conclusione, i risultati ottenuti mostrano l'efficienza e l'efficacia di detenere la volatilità come un *asset class* al fine di diversificare il rischio di portafoglio durante i forti ribassi del mercato, stante l'asimmetrica relazione fra il VIX e l'indice S&P 500. I risultati ottenuti mostrano come, un portafoglio composto dal VIX e dall'S&P 500 otterrebbe performance sensibilmente migliori rispetto a quello composto dall'indice S&P 500. Tali risultati non sono perfettamente replicabili tramite gli strumenti derivati sul VIX in quanto i prezzi di tali asset anticipano la caratteristica di *mean-reversion* e tali deviazioni non possono essere corrette dall'arbitraggio. Le performance ottenute tramite il VIX sono migliori sia in termini di rendimento sia in termini di "Reward to volatility", per tutte le allocazioni analizzate. E' possibile affermare che l'indice VIX consente di diversificare senza costi significativi rispetto al Vix Short Term future il cui utilizzo implica un aggravio di costi in termini di rendimento.

## CONCLUSIONI

L'elaborato analizza la metodologia di costruzione e le proprietà empiriche dell'indice VIX, con una particolare attenzione riguardante gli effetti che la volatilità produce come *asset class* nei portafogli durante le crisi finanziarie; Tale tema è stato a lungo dibattuto in letteratura. Szado, nel suo studio di un portafoglio con posizione VIX durante la crisi del 2008, ha verificato gli effetti derivanti da assumere una posizione lunga di volatilità dimostrando l'efficacia nell'utilizzo di tale asset come strumento per diversificare il portafoglio. L'analisi di Szado, tuttavia, risulta limitata ad un campione ristretto. Alexander & Korovillas, nei loro studi, estesero il campione ad un periodo più ampio e rappresentativo ed i risultati ottenuti hanno dimostrato che la volatilità non contribuisce a diversificare il portafoglio a meno che gli operatori non siano in grado di prevedere i crolli del mercato. Le analisi effettuate in letteratura mostrano come l'indice VIX incorpora tutte le caratteristiche desiderabili dagli investitori per diversificare il portafoglio con questo asset. Tuttavia, non è possibile utilizzare il VIX come asset nei portafogli poiché non è negoziabile. Successivamente all'introduzione dei derivati sul VIX nel 2004, gli investitori possono creare delle posizioni VIX-like nei loro portafogli tramite l'utilizzo di tali strumenti. Ciononostante, i risultati derivanti dall'utilizzo degli strumenti derivati sul VIX nei portafogli hanno evidenziato come tali strumenti non registrano le stesse performance del VIX stesso. I prezzi dei derivati sul VIX, infatti, anticipano determinate caratteristiche dell'indice e tali deviazioni non possono essere corrette tramite delle tecniche di arbitraggio. È stata effettuata una verifica di un portafoglio durante la crisi Covid-19 del 2020. I risultati dello studio hanno confermato quanto scritto. Il portafoglio con all'interno il VIX presenta significativi benefici in termini di rendimento e di riduzione del rischio rispetto al portafoglio iniziale. Il portafoglio composto dall'*equity* e dai derivati sul VIX (VIX futures), invece, presenta dei benefici in termini di diversificazione del rischio ma allo stesso tempo presenta un costo in termini di rendimento. È possibile, dunque, concludere che il VIX consente di diversificare il portafoglio senza costi significativi a differenza dei derivati sul VIX che implicano un aggravio dei costi in termini di rendimento.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahoniemi K., (2006). Modeling and Forecasting Implied Volatility- Econometric Analysis of the VIX Index, *Helsinki School of Economics*.
- Andersen, T. G., O. Bondarenko, and M. T. Gonzalez-Perez. (2015). Exploring return dynamics via corridor implied volatility. *Review of Financial Studies*. 28:2902–45.
- Becker, G. (1968). Crime and punishment: An economic approach. *Journal of Political Economy*, 76:169–217.
- Black, F. (1976). Studies of Stock Price Volatility Changes. *Proceedings of the 1976 Meetings of the American Statistical Association, Business and Economical Statistics Section*, 177-181
- Berkowitz, J. P., & DeLisle, R. J. (2018). Volatility as an asset class: Holding VIX in a portfolio. *The Journal of Alternative Investments*, 21(2), 52-64.
- Blitz, D., Vliet, P., Baltussen, G., (2019), The volatility effect revisited, *The Journal of Portfolio Management*, pp 45-63.
- Bodie, Z., Kane, A., Marcus, A., (2019). Essential of investments, 11th Edizione, *McGraw-Hill Education*, New York
- Briere, M., A. Burgues, and O. Signora. (2010). Volatility Exposure for Strategic Asset Allocation, *The Journal of Portfolio Management* 36 (3): 105–116.
- Chi-chen, H., Lin Chung, San., Yu Ho, K., (2011), The diversification effects of volatility-related assets. *Journal of Banking and Finance*, Vol. 35, pp. 1179-1189.
- Chow, V., Jiang, W., Li, J., (2018), Does VIX truly measure return volatility?
- The Chicago Board Options Exchange (2003). “Vix white paper”.  
URL: <http://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite>



- Daigler, R., Rossi, L., (2006). “A Portfolio of Stocks and Volatility”. *The Journal of Investing*, Vol. 15, pp 99-106.
- Darbyshire, M., (2020), Vix “fear gauge” in recovery from Covid-19 shock, *Financial Times*
- De Cambre, M., (2020), “Chart of Wall Street’s fear index in 2020 illustrates how unhinged stock markets have been over coronavirus compared to the 2008 crisis”, *Market Watch*
- Edwards, T., Preston. H., (2017), “A Practitioner’s Guide to Reading VIX”, *Education Strategy 201*
- Grant, M., Gregory, K., Lui, J., (2007), “Volatility as an asset”, *Goldman Sachs*
- Griffin, J. M., & Shams, A. (2017). “Manipulation in the VIX?”. *The Review of Financial Studies*, Vol. 31, No. 4, pp. 1377-1417
- Griffin, J. M. (2018). “Does the VIX Need Fixing? Sure Looks That Way”. *Bloomberg*
- Huang Poon, P., (2005), A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility, *John Wiley & Sons*, UK
- Hillier, D., Ross, S., Westerfield, R., Jaffe, J., Jordan, B., (2016). Corporate Finance, Terza Edizione, *McGraw-Hill Education*, Berkshire.
- Kaissar, N., (2020), Stock Market has almost always ignored the Economy, *Bloomberg Opinion*
- Kawa, L., (2020), “Stock Market Volatility Tops Financial Crisis with VIX at Record”, *Bloomberg*
- Leduc S., Liu, Z., (2020), The Uncertainty Channel of the Coronavirus, *FRBSF Economic Letter*
- Lops, V., (2020), “Balza il Vix, l’indice della paura torna ai livelli Lehman”, *Sole 24 Ore*

- Liu, F., Tang, X., Zhou, G., (2019) “Volatility- Managed Portfolio: Does it really work?”, *The Journal of Portfolio Management*, pp. 38-51.
- Merton, R. C. (1973). Theory of Rational Option Pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*. Vol. 4, pp. 141–183.
- Mishkin, F., Eakins, S., Beccalli, E., (2019), Istituzioni e mercati finanziari, Nona Edizione, *Pearson*, Milano
- Moran, M., Liu, B., (2020), “The VIX index and volatility-based global indexes and trading instruments”, *CFA Institute Research Foundation*
- Poon, S. H. (2005). A Practical guide to Forecasting financial market volatility, *John Wiley & Sons*.
- Rhoads, R., (2011), Trading VIX derivatives, *John Wiley & Sons*, New Jersey.
- Ritholz B., (2020), “As Bad as 2008? The market’s Fear Index is Starting to Think So”, *Bloomberg Opinion*
- Sepp, A., (2008), VIX Option Pricing in a Jump-Diffusion Model, *Risk Magazine*, pp. 84-89
- Simon, D., Campasano, J., (2014), The VIX Futures Basis: Evidence and Trading Strategy, *Journal of Derivatives*, 21(3), 54-69.
- Szado, E. (2009). VIX Futures and Options: A Case Study of Portfolio Diversification. *The Journal of Alternative Investments*, Vol.12, pp. 68-85.
- Whaley, R. E. (2008). “Understanding VIX”. *The Journal of Portfolio Management*, 35(3), 98-105
- Whaley, R., (2013), Trading volatility: At What Cost?, *The Journal of Portfolio Management*, 40 (1) 95-108

## SITOGRAFIA

- [www.cboe.com](http://www.cboe.com)
- [www.investopedia.com](http://www.investopedia.com)
- [www.borsaitaliana.com](http://www.borsaitaliana.com)
- [www.tradingview.com](http://www.tradingview.com)
- [www.yahoofinance.com](http://www.yahoofinance.com)