



FACOLTÀ DI SCIENZE ECONOMICHE E GIURIDICHE

**CORSO DI LAUREA IN GESTIONE D'IMPRESA - INDIRIZZO
ECONOMIA DIGITALE**

***Prova Finale in*
METODI QUANTITATIVI E APPLICAZIONI PER I BIG DATA**

Analisi quantitativa per lo sviluppo e validazione di una strategia di investimento
basata sulla correlazione tra tassi di interesse ed indici azionari

RELATORE
Chiar.ma
Prof.ssa Roberta Melis

CANDIDATO
NICOLA CHIMENTI
MATR. 0182202502

Anno Accademico 2024/2025

Indice

Introduzione.....	2
Capitolo I.....	4
I.I Teorie economiche sulla correlazione tra tassi di interesse e rendimenti azionari.....	4
I.I.I Modello IS-LM e la Trasmissione Monetaria.....	4
La Curva IS ed il Mercato dei Beni.....	5
Curva LM e il Mercato della Moneta.....	6
La Trasmissione Monetaria nel Modello IS-LM e l'Impatto sui Mercati Azionari.....	7
Impatto di una Politica Monetaria Restrittiva sui Rendimenti Azionari secondo il modello IS-LM.....	8
I.I.II Relazione tra Rischio e Rendimento secondo il CAPM.....	9
I.I.III L'Effetto di Sostituzione e di Reddito.....	11
I.II Studi sull'impatto delle politiche monetarie sui mercati finanziari.....	13
I.III Impatti delle politiche monetarie sui mercati finanziari.....	15
I.III.I Effetti di Aumenti dei Tassi di Interesse.....	15
I.III.II Effetti di Riduzioni dei Tassi di Interesse.....	15
Capitolo II.....	17
II.I Risultati del primo test sulla correlazione.....	18
II.I.I Spiegazione degli strumenti utilizzati.....	18
P-value dei Test di Correlazione.....	20
II.I.II Inizio dei test sulla correlazione.....	21
II.II Test di strategie di investimento.....	23
Capitolo III.....	26
Conclusione.....	33
Appendice.....	35
Bibliografia.....	49

INTRODUZIONE

Tra le variabili macroeconomiche più studiate, i tassi di interesse occupano un ruolo cruciale per la loro capacità di influenzare direttamente il comportamento degli investitori, i costi di finanziamento delle imprese e, in ultima analisi, l'andamento degli indici azionari.

La presente tesi si propone di analizzare quantitativamente la relazione tra le variazioni dei tassi di interesse — in particolare quelli fissati dalla Federal Reserve — e i rendimenti dell'indice S&P 500, con l'obiettivo di sviluppare e testare strategie di investimento basate su tali correlazioni.

Attraverso l'analisi dei dati storici tramite il linguaggio di programmazione R e l'impiego di strumenti statistici, lo studio esplora non solo la solidità delle relazioni ipotizzate dalla teoria economica classica, ma anche la loro effettiva rilevanza empirica.

I risultati di questa ricerca, pur evidenziando le sfide legate alla presenza di rumore statistico e alla complessità dei meccanismi di trasmissione monetaria, offrono spunti utili sia per l'analisi teorica sia per l'applicazione pratica nel campo degli investimenti.

Il lavoro si articola in tre capitoli principali:

Capitolo I “Relazione tra i tassi d'interesse e i mercati azionari”

Analizza le teorie economiche e finanziarie che spiegano la correlazione tra tassi e mercati azionari, rifacendosi alla teoria classica tramite il modello IS-LM, il CAPM e l'effetto di Sostituzione e di Reddito, considerando poi i moderni studi sull'influenza delle politiche relative ai tassi della FED sui rendimenti dell'SP500.

Capitolo II “Test sul legame tra tassi d'interesse e rendimenti azionari”

Presenta i risultati dei test empirici condotti su dati storici, con l'obiettivo di verificare l'esistenza di una correlazione inversa tra i tassi di interesse, misurati attraverso l'EFFR (Effective Federal Funds Rate), e i rendimenti dell'S&P 500.

Capitolo III “Creazione e test di strategie d’investimento”

Sviluppa e valuta strategie di investimento basate sui risultati ottenuti, considerando le metriche utili all’approfondimento dell’analisi delle performance sotto vari punti di vista.

Questa tesi si inserisce nel dibattito attuale sull’efficacia delle strategie basate su indicatori macroeconomici e mette in luce le potenzialità e i limiti legati all’applicazione delle teorie economiche classiche per la ricerca di un vantaggio statistico sui mercati finanziari, avvalendosi degli approcci quantitativi come strumento cardine per l’analisi e la validazione delle ipotesi.

CAPITOLO I

RELAZIONE TRA TASSI DI INTERESSE E MERCATI AZIONARI

I.I Teorie economiche sulla correlazione tra tassi di interesse e rendimenti azionari

La relazione tra tassi d'interesse e rendimenti azionari è centrale nello studio dei mercati finanziari. Secondo i fondamenti di macroeconomia, questa relazione può essere analizzata attraverso diversi approcci teorici che mettono in evidenza l'interazione tra il costo del capitale, le aspettative degli investitori e il comportamento delle imprese.

Secondo l'approccio classico, il tasso di interesse rappresenta il prezzo del denaro e funge da variabile chiave per l'allocazione delle risorse. Un aumento del tasso di interesse riduce l'investimento produttivo e aumenta il costo opportunità del capitale, determinando un impatto negativo sui rendimenti azionari. Gli investitori, infatti, tendono a spostare le loro risorse verso strumenti meno rischiosi, come obbligazioni e titoli di Stato, quando i tassi di interesse sono elevati.

Nello specifico le teorie che citerò in seguito a tal proposito sono:

- *Modello IS-LM.*
- *CAPM.*
- *Effetto di Sostituzione e di Reddito*, accompagnato anche da un accenno in merito alla *Teoria dei Mercati Efficienti*.

I.I.I Modello IS-LM e la Trasmissione Monetaria

Il modello IS-LM, sviluppato da Hicks e Hansen (1937), formalizza il pensiero **keynesiano** sull'equilibrio macroeconomico.

Tutto si basa sulla relazione tra il Mercato dei Beni (riassunto dalla Curva IS) ed il Mercato della Moneta (Curva LM): di seguito andrò prima a spiegare separatamente le due rappresentazioni, per poi parlare della loro interazione e delle conclusioni che si possono trarre da essa.

La Curva IS ed il Mercato dei Beni

La curva IS rappresenta l'equilibrio nel mercato dei beni e deriva dalla relazione tra il reddito nazionale e il tasso di interesse. Essa ha pendenza negativa perché un aumento del tasso di interesse riduce gli investimenti, causando una diminuzione della domanda aggregata e del prodotto nazionale. Nel contesto del mercato azionario, un calo della domanda aggregata implica minori profitti aziendali attesi, riducendo l'attrattività delle azioni per gli investitori.

Il grafico in Figura 1, ottenuto tramite codice R (vedi Appendice A), rappresenta la curva IS in funzione del reddito e del tasso di interesse tenendo conto di parametri macroeconomici come consumo autonomo (a), propensione marginale al consumo (b), imposte (T), ecc.

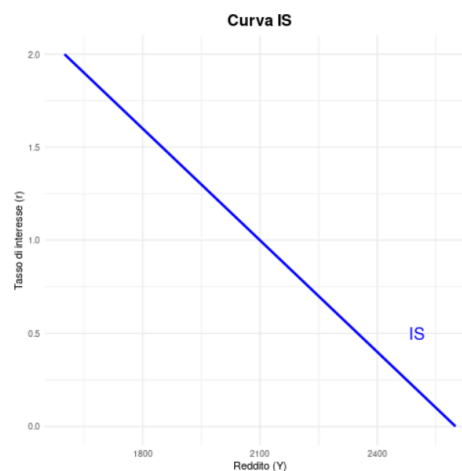


Figura 1 “Rappresentazione grafica della curva IS”

La pendenza negativa della curva IS riflette il fatto che un aumento del tasso di interesse riduce gli investimenti, portando a una diminuzione del reddito di equilibrio.

Curva LM e il Mercato della Moneta

La curva LM (liquidity-money), invece, rappresenta l'equilibrio nel mercato della moneta e ha pendenza positiva. Essa rappresenta le combinazioni di tasso di interesse (r) e reddito (Y) che mantengono in equilibrio il mercato monetario e mostra che un aumento del reddito comporta una maggiore domanda di moneta, facendo aumentare il tasso di interesse per mantenere l'equilibrio. Una politica monetaria espansiva, caratterizzata da un aumento dell'offerta di moneta, sposta la curva LM verso destra, riducendo i tassi di interesse e stimolando gli investimenti, con effetti positivi sui mercati azionari.

La Figura 2 mostra un esempio grafico della curva LM, ottenuto tramite codice riportato in Appendice C, che rappresenta la relazione tra reddito e tasso di interesse nel mercato monetario.

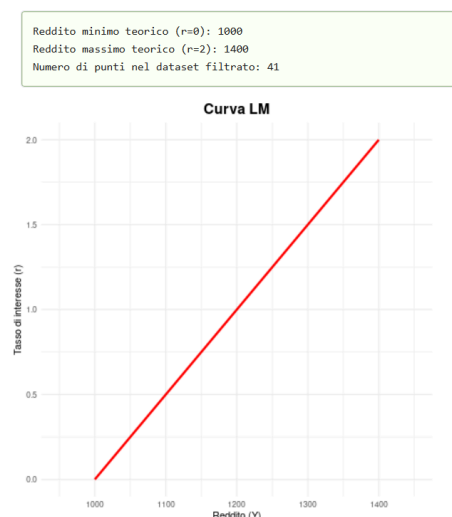


Figura 2 “Rappresentazione grafica della curva LM”

La pendenza positiva della curva LM riflette il fatto che un aumento del reddito aumenta la domanda di moneta, che a parità di offerta monetaria, richiede un aumento del tasso di interesse per mantenere l'equilibrio nel mercato monetario.

La Trasmissione Monetaria nel Modello IS-LM e l'Impatto sui Mercati Azionari

Il modello IS-LM descrive gli effetti dei tassi d'interesse su economia e finanza nel breve periodo.

Può dunque essere preso in considerazione per capire l'interazione tra politica monetaria, tassi di interesse e rendimenti azionari.

Per farlo è necessario considerare simultaneamente la Curva IS e la Curva LM, inserendo le due sullo stesso grafico: nel punto di intersezione tra le due curve, si ha simultaneamente una condizione in cui:

- Il mercato dei beni (rappresentato dalla curva IS) è in equilibrio, ovvero la domanda aggregata è uguale all'offerta aggregata.
- Il mercato monetario (rappresentato dalla curva LM) è in equilibrio: la domanda di moneta è uguale all'offerta di moneta.

Di seguito, nella figura 3, un esempio dell'utilizzo del modello IS-LM. Il grafico in questione è ricavabile tramite il codice presente in "Appendice C":

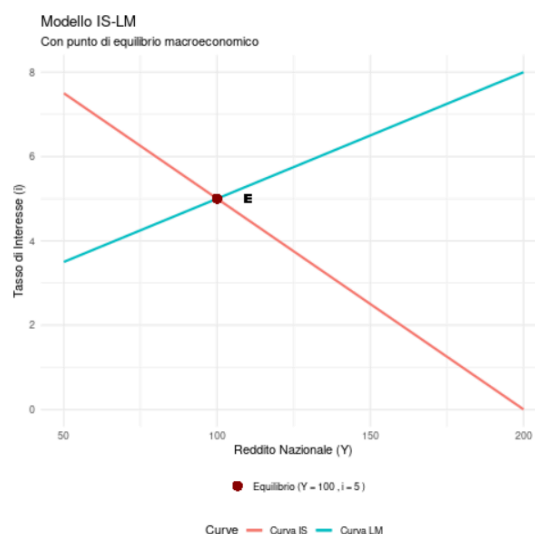


Figura 3 "Esempio grafico di applicazione del modello IS-LM"

L'intersezione rappresenta l'equilibrio macroeconomico nel modello IS-LM, ovvero il punto in cui il livello del Reddito Nazionale (Y) e del Tasso di Interesse (i) fanno in modo che sia il mercato dei beni (curva IS) che il mercato monetario (curva LM) siano simultaneamente in equilibrio.

Impatto di una Politica Monetaria Restrittiva sui Rendimenti Azionari secondo il modello IS-LM

Se la banca centrale decide di aumentare i tassi di interesse per contenere l'inflazione, ciò provoca un movimento lungo la curva LM verso l'alto, aumentando il costo del credito. Questo porta a:

- Riduzione degli investimenti produttivi, incidendo negativamente sulla crescita economica.
- Minore domanda di azioni, poiché gli investitori preferiscono strumenti a reddito fisso più remunerativi.
- Maggiore onerosità del finanziamento per le imprese, con impatti sui flussi di cassa futuri e quindi sui prezzi azionari.

Viceversa, una politica monetaria espansiva riduce i tassi di interesse, aumentando la domanda di titoli azionari e stimolando la crescita economica.

Per comprendere meglio questi effetti, possiamo generare un grafico in *R* (il cui codice sorgente è presente in “Appendice D”) che illustra una relazione negativa tra tassi di interesse e rendimenti azionari, coerente con il modello IS-LM. L'inclinazione della retta di regressione evidenzia come l'aumento del costo del denaro abbia un impatto depressivo sui prezzi delle azioni.

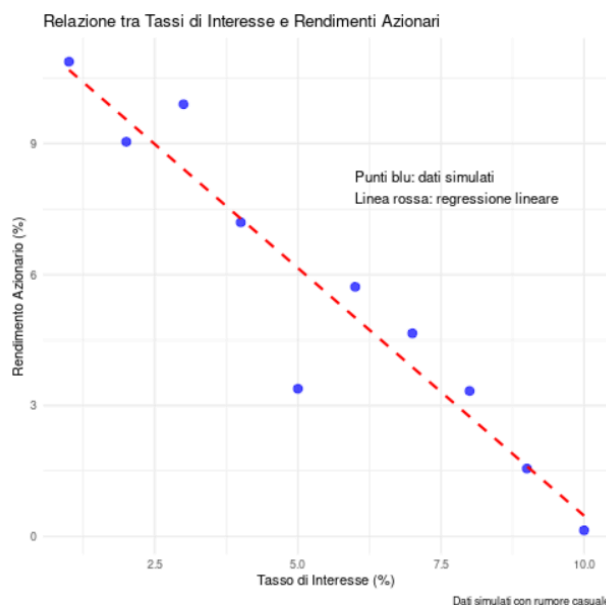


Figura 4 “Simulazione con rumore casuale della relazione tra Tassi di Interesse e Rendimenti Azionari”

Nelle figura 4, i punti blu rappresentano osservazioni individuali della relazione tra tassi di interesse e rendimenti azionari simulati, mentre la linea rossa tratteggiata rappresenta la regressione lineare: tramite l'osservazione di essa si può notare la correlazione inversa tra le due variabili.

In sintesi, l'analisi attraverso il modello IS-LM mostra chiaramente come le decisioni di politica monetaria influenzino i mercati azionari: un aumento dei tassi di interesse, ovvero l'aumento del costo del denaro, tende a ridurre i rendimenti azionari a causa della contrazione della domanda aggregata e dell'incremento del costo opportunità per gli investitori; al contrario, una riduzione dei tassi stimola gli investimenti e favorisce la crescita del mercato azionario. Il modello IS-LM rimane quindi un riferimento essenziale per comprendere la trasmissione monetaria e le sue implicazioni finanziarie.

I.I.II Relazione tra Rischio e Rendimento secondo il CAPM

Un altro modello di equilibrio dei mercati finanziari che può essere preso in considerazione per analizzare la decorrelazione tra tassi di interessi e rendimenti azionari è il CAPM (Capital Asset Pricing Model), proposto da William Sharpe nel 1964: esso si basa sull'idea che gli investitori richiedano un premio per detenere attività rischiose rispetto a un asset privo di rischio, come i titoli di Stato.

La formula principale del CAPM è la seguente:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i(E(R_m) - R_f)$$

dove:

- $E(R_i)$ è il rendimento atteso dell'attività i ;
- R_f è il tasso di interesse privo di rischio;
- β_i è il coefficiente di rischio sistematico dell'attività i ;
- $E(R_m)$ è il rendimento atteso del mercato nel suo complesso;
- $(E(R_m) - R_f)$ rappresenta il premio per il rischio del mercato.

Secondo il CAPM, il **rendimento atteso di un'azione** è quindi determinato dalla combinazione di due fattori:

1. **Il tasso privo di rischio:** riflette il rendimento garantito dagli investimenti privi di rischio, come i titoli di Stato emessi da economie solide.
2. **Il premio per il rischio sistematico:** dipende dalla sensibilità dell'azione alle variazioni del mercato, misurata dal coefficiente beta (β). Se un'azione ha un beta elevato, il suo prezzo sarà più volatile rispetto all'andamento del mercato.

Un elemento chiave in questo modello è quindi la relazione tra i **tassi di interesse** e il **rendimento delle azioni**. Quando i tassi di interesse aumentano:

- Il **tasso privo di rischio R_f** cresce, riducendo l'attrattiva degli investimenti azionari rispetto agli strumenti meno rischiosi come le obbligazioni.
- Gli **investitori richiedono rendimenti più elevati** per compensare l'aumento del tasso privo di rischio e il maggiore costo opportunità di investire in azioni.
- Questo porta a una **riduzione dei prezzi delle azioni**, poiché gli attuali flussi di cassa attualizzati valgono meno con tassi più alti.

Come conseguenza di queste variazioni, possiamo arrivare alla conclusione che il modello CAPM, esattamente come il modello IS-LM, propone una **correlazione negativa tra i tassi di interesse e i rendimenti azionari**.

Questo perché all'aumentare dei tassi, i rendimenti azionari attesi devono aumentare affinché gli investitori siano disposti a detenere le azioni, il che implica una diminuzione dei prezzi di mercato.

D'altra parte, quando i tassi di interesse diminuiscono, il costo del capitale si riduce, rendendo gli investimenti azionari più attraenti. Questo può portare a un aumento dei prezzi delle azioni e, in generale, a una maggiore propensione al rischio da parte degli investitori.

Di seguito, nella Figura 5, è presente una raffigurazione del modello CAPM ottenibile tramite il codice sorgente in *R* presente in “Appendice E”:

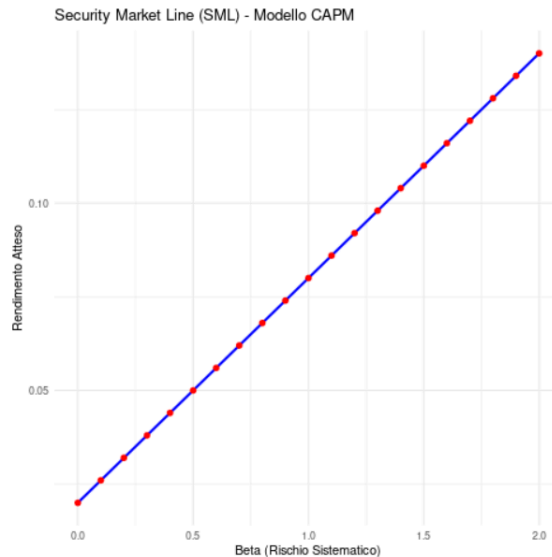


Figura 5 “Rappresentazione della Security Market Line nel modello CAPM”

La figura 5 mostra la relazione tra il rendimento atteso e il rischio sistematico (beta) secondo il modello CAPM, in cui si evince la proporzionalità tra rischio e rendimento.

I.I III L'Effetto di Sostituzione e di Reddito

Anche da un punto di vista microeconomico, la variazione dei tassi di interesse genera due effetti principali: il primo, ovvero l'*Effetto di sostituzione*, analogamente al modello CAPM illustrato poco fa, prevede che all'aumentare dei tassi di interesse gli investitori preferiscono strumenti obbligazionari rispetto alle azioni, riducendo la domanda e i prezzi azionari.

Si ha invece l'introduzione di un nuovo concetto analizzando l'*Effetto di reddito*, ovvero la variazione del valore degli asset, in particolare delle azioni, causata da un cambiamento nei tassi di interesse. Quando i tassi di interesse aumentano, il valore attuale dei flussi di cassa futuri delle imprese diminuisce, e di conseguenza le valutazioni azionarie vengono penalizzate; il valore di un'azienda è infatti determinato in parte dai flussi di cassa che essa è in grado di generare nel futuro, e dunque ogni flusso di cassa futuro deve essere scontato al valore attuale

utilizzando un tasso di interesse (il tasso di sconto). Quando i tassi di interesse aumentano, il tasso di sconto cresce, e ciò comporta una riduzione del valore attuale dei flussi di cassa futuri.

Ecco un grafico con una dimostrazione grafica dell'*Effetto di Reddito* andando a rappresentare nello specifico il *Valore Attuale* al variare del tasso di interesse, utilizzando come formula del *Valore Attuale*.

Dove CF è il flusso di cassa futuro (ad esempio \$100), r è il tasso di interesse, t è il numero di periodi (ad esempio 5 anni).

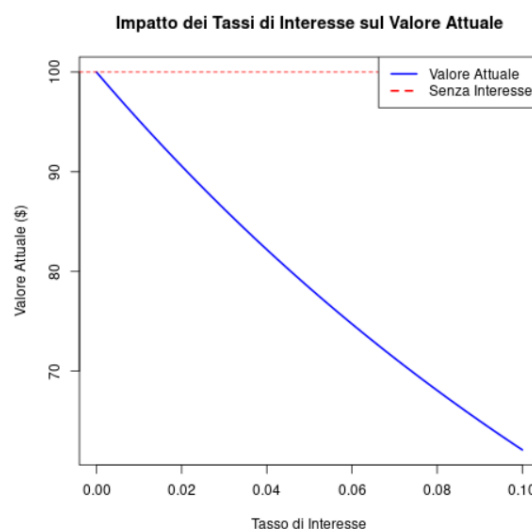


Figura 6 “Esempio di impatto dei Tassi di Interesse sul Valore Attuale”

Esempio (figura 6, il cui codice sorgente è presente in “Appendice F”) in cui sono andato ad analizzare il variare del Valore Attuale a seconda del tasso di interesse, partendo da \$100 in un periodo di 5 anni: tramite l’immagine è possibile osservare graficamente la tendenza alla correlazione inversa tra Valore Attuale ed il Tasso di Interesse.

Come evince dal grafico, l’aumento dei tassi di interesse rende più costoso il denaro nel tempo, riducendo il valore dei guadagni futuri rispetto a quelli immediati.

Questo effetto, noto anche come "*sconto finanziario*", penalizza in modo particolare le aziende che dipendono da una forte crescita futura, poiché i loro

flussi di cassa attesi nel lungo periodo vedono una diminuzione più marcata rispetto a quelli a breve termine.

Questo fenomeno impatta negativamente le valutazioni azionarie perché gli investitori tendono a rivalutare i titoli azionari tenendo conto di questi tassi di interesse più alti, riducendo il ritorno atteso sugli investimenti a lungo termine e facendo sì che le azioni, che rappresentano una forma di investimento a lungo termine, diventino meno attraenti rispetto ad altri asset che potrebbero beneficiare di tassi di interesse più elevati, come obbligazioni o depositi bancari.

Inoltre, l'aumento dei tassi di interesse può anche influire negativamente sulla redditività delle imprese, poiché aumenta i costi del debito: le aziende potrebbero dunque trovarsi a dover pagare interessi più alti sui loro prestiti, riducendo ulteriormente i loro profitti e, di conseguenza, i flussi di cassa futuri. Questo porta a una revisione verso il basso delle aspettative di guadagno, con un impatto diretto sulle valutazioni azionarie.

Anche nella *Teoria dei Mercati Efficienti* si ha l'ipotesi secondo cui i tassi di interesse e i rendimenti azionari si muovono in base alle aspettative degli investitori sulle politiche economiche future: infatti se gli operatori di mercato prevedono aumenti nei tassi di interesse, potrebbero anticipare la riduzione dei rendimenti azionari, influenzando i prezzi già nel presente.

I.II Studi sull'impatto delle politiche monetarie sui mercati finanziari

La Federal Reserve (Fed) negli Stati Uniti adotta vari strumenti di politica monetaria per stimolare la crescita economica e garantire la stabilità dei mercati.

I principali che possiamo identificare sono:

- **Tasso dei Fondi Federali**, ovvero il principale strumento attraverso cui la Fed influenza il costo del denaro nel sistema economico.
- **Operazioni di mercato aperto**, cioè acquisto e vendita di titoli di Stato per regolare la liquidità.
- **Requisiti di riserva**, che corrispondono ad una percentuale di depositi che le banche devono mantenere come riserva.

- **Forward guidance**, andando a comunicare le intenzioni future per influenzare le aspettative dei mercati.

Tra questi strumenti, il principale oggetto di analisi in questa tesi sarà il tasso di interesse, le cui variazioni verranno confrontate con i rendimenti dell'indice azionario S&P 500 per valutarne l'impatto sui mercati finanziari nel corso della tesi.

Per quantificare l'impatto della politica monetaria sugli indici azionari, diversi studi hanno analizzato la correlazione tra i movimenti dei tassi di interesse e i rendimenti azionari.

Di seguito alcuni esempi:

- **Studio sulla "Pre-FOMC Announcement Drift"**: Una ricerca condotta da David O. Lucca ed Emanuel Moench della Federal Reserve Bank di New York ha evidenziato che, dal 1994, l'S&P 500 tende ad aumentare in media dello 0,49% nelle 24 ore precedenti agli annunci programmati del Federal Open Market Committee (FOMC). Questo fenomeno suggerisce che le aspettative del mercato riguardo alle decisioni sui tassi di interesse influenzano significativamente i rendimenti azionari prima degli annunci ufficiali.¹
- **Tagli dei Tassi rispetto con SP500 vicino ai massimi storici**: Citando un articolo della rivista *Wall Street Italia*: “Gli analisti di JPMorgan, analizzando i dati degli ultimi 40 anni, hanno evidenziato che la Fed ha tagliato i tassi 12 volte con l'S&P 500 a meno dell'1% dai massimi storici. Un anno dopo, il mercato si attestava su valori più alti in tutte e 12 le occasioni con un rendimento medio di circa il 15%.”²

Questo indica che, storicamente, i tagli dei tassi hanno avuto un impatto positivo sui rendimenti dell'S&P 500 nel medio termine.

- **"Stagnazione secolare: R.I.P."**: in questo studio pubblicato da Morgan Stanley gli autori esaminano come le variazioni dei tassi di interesse reali influenzino i rendimenti dell'S&P 500, evidenziando una relazione inversa significativa tra i due. In particolare, osservano che un aumento dei tassi di interesse reali tende a ridurre i rendimenti dell'S&P 500, mentre una diminuzione dei tassi favorisce un incremento dei rendimenti dell'indice.³

¹ D. O. Lucca, E. Moench, 2013

² M. Tessa, 2024

³ A. Harmstone, 2018

Come osservabile dagli studi, ci sono varie regolarità che emergono quando si studia la decorrelazione che generalmente possiamo notare tra tassi di interesse ed indici azionari.

I.III Impatti delle politiche monetarie sui mercati finanziari

Potremmo andare a riassumere quanto detto fino ad adesso portando dei casi studio specifici approcci attuati dalla FED in merito alla variazione dei tassi di interesse che hanno portato esattamente al risultato che ci si sarebbe aspettati secondo la teoria classica.

I.III.I Effetti di Aumenti dei Tassi di Interesse

Ricapitolando e completando quanto detto prima, quando la Fed aumenta i tassi di interesse il costo del capitale per le imprese cresce, riducendo il valore attuale dei loro flussi di cassa futuri. Questo tende a:

- Ridurre la valutazione delle azioni, in particolare nei settori ad alta crescita come la tecnologia.
- Spingere gli investitori a spostare capitali verso asset meno rischiosi, come i titoli di Stato.
- Indebolire la crescita economica complessiva, con possibili effetti negativi sugli utili aziendali.

Un esempio storico potrebbe essere quanto accaduto nel periodo 2015-2018, quando la Fed ha progressivamente aumentato i tassi, portando a una volatilità maggiore sui mercati azionari con correzioni significative nei momenti di inasprimento più marcato.

I.III.II Effetti di Riduzioni dei Tassi di Interesse

Al contrario, quando la Fed abbassa i tassi:

- Il costo del finanziamento si riduce, favorendo gli investimenti e la crescita aziendale.
- Gli investitori tendono a spostare capitali su asset più rischiosi, come le azioni, facendo salire i prezzi dell'S&P 500.

- Settori ciclici e ad alta crescita beneficiano maggiormente di queste politiche espansive.

Ciò rappresenta quanto accaduto a partire dal 2008, anno in cui la FED prese i primi provvedimenti per contrastare la crisi finanziaria globale iniziata nel Luglio 2007, quando la Fed ha mantenuto i tassi prossimi allo zero per stimolare l'economia post-crisi finanziaria, portando a un lungo periodo di crescita dell'S&P 500 ed al progressivo miglioramento dell'economia statunitense.

CAPITOLO II

TEST SUL LEGAME TRA TASSI DI INTERESSE E RENDIMENTI AZIONARI

Per approfondire il concetto di correlazione inversa tra Tassi di Interesse ed Indici Azionari è possibile confrontare le variazioni avvenute storicamente e confrontarle; sono stati dunque utilizzati tre distinti coefficienti di correlazione per lo studio: Pearson, Spearman e Kendall. Per rafforzare l'analisi, è stato inoltre condotto un test di significatività statistica sui risultati ottenuti, utile a valutare la robustezza delle correlazioni individuate.

Ai fini dell'analisi storica condotta in questa tesi, è stato fondamentale disporre di dati mensili sui tassi di interesse; è stato utilizzato il database **FRED** (Federal Reserve Economic Data), una piattaforma gratuita e pubblicamente accessibile gestita dalla Federal Reserve Bank di St. Louis, attraverso cui è stato possibile scaricare i dati sui **Funds Effective Rate**, i quali rappresentano il tasso d'interesse al quale le istituzioni depositarie si prestano fondi in eccesso detenuti presso la Federal Reserve su base overnight. Il **Federal Funds Effective Rate (EFFR)** è calcolato come la mediana ponderata per volume delle transazioni overnight riportate nel *FR 2420 Report of Selected Money Market Rates*.

Questo tasso riflette le condizioni effettive del mercato monetario e può differire dal tasso obiettivo stabilito dal Federal Open Market Committee (**FOMC**). Tuttavia, l'utilizzo dell'Effective Federal Funds Rate (EFFR) è preferibile per diverse ragioni:

- **Rilevanza pratica:** L'EFFR rappresenta il tasso effettivamente applicato nelle transazioni interbancarie overnight, offrendo una misura concreta delle condizioni di liquidità e delle dinamiche di mercato.
- **Disponibilità storica:** I dati sull'EFFR sono disponibili con frequenza mensile a partire da luglio 1954, mentre i dati sul tasso obiettivo del FOMC sono disponibili solo da dicembre 1994 ed inoltre non con cadenza mensile. L'ampia copertura temporale della serie storica utilizzata consente dunque analisi di lungo periodo più approfondite.

- **Precisione dei dati:** L'EFFR è espresso come valore puntuale, calcolato come mediana ponderata per volume delle transazioni, mentre il tasso obiettivo del FOMC è spesso fornito come intervallo (range), rendendo l'EFFR più adatto per analisi quantitative precise.

Per quanto riguarda la seconda serie storica considerata, ovvero le performance dell'indice S&P 500, utilizzato in questo studio per analizzarne la relazione con i tassi di interesse della Federal Reserve, sono stati impiegati i prezzi rilevati il secondo giorno di ciascun mese, anziché il primo. Questa scelta è stata fatta per garantire che i dati riflettano già l'effetto dell'annuncio del tasso di interesse, che viene pubblicato il primo del mese. Nei casi in cui il dato del giorno 2 non fosse disponibile, è stato selezionato il giorno più vicino a tale riferimento temporale escludendo quelli in cui i mercati erano chiusi.

II.I Risultati del primo test sulla correlazione

Per andare a verificare empiricamente la correlazione tra i tassi di interesse calcolati tramite l'EFFR ed i rendimenti dell'SP500 di seguito verranno utilizzati strumenti per la misurazione dell'associazione statistica e della sua significatività: il coefficiente di correlazione di Pearson (r), il coefficiente di correlazione di Spearman (ρ) e il coefficiente di correlazione di Kendall (τ), unitamente ai rispettivi p-value.

II.I.I Spiegazione degli strumenti utilizzati

Gli indici di correlazione misurano la forza e la direzione di una relazione lineare o monotonica tra due variabili. Un valore vicino a 1 indica una forte relazione positiva, un valore vicino a -1 indica una forte relazione negativa, e un valore vicino a 0 indica l'assenza di una relazione lineare (o monotonica).

- **Correlazione di Pearson (r)**
È la correlazione più comune e misura la forza e la direzione di una relazione lineare tra due variabili continue ed assume che le variabili siano distribuite normalmente e che la relazione sia lineare: è dunque sensibile agli outlier, ovvero a valori anomali all'interno del campione preso in considerazione.

La formula per il calcolo di esso è:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

In questa equazione:

- n è il numero di coppie di osservazioni.
- x_i ed y_i sono i singoli valori delle variabili X e Y.
- $\bar{x}$ ed $\bar{y}$ sono le medie campionarie delle variabili X e Y.

- **Correlazione di Spearman (ρ)**

È un test di correlazione non parametrico che misura la forza e la direzione di una relazione monotonica tra due variabili (cioè, all'aumentare di una variabile, l'altra tende ad aumentare o diminuire, ma non necessariamente in modo lineare). Si basa dunque sui ranghi delle osservazioni piuttosto che sui valori grezzi: questo la rende meno sensibile agli outlier rispetto a Pearson e non richiede la normalità dei dati.

Formula per il calcolo:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Dove:

- n è il numero di coppie di osservazioni.
- δ_i è la differenza tra i ranghi di x_i e y_i per ogni coppia di osservazioni.

- **Correlazione di Kendall (τ)**

Anche questa è una misura di correlazione non parametrica che valuta la forza di una relazione monotonica tra due variabili, basandosi sulla probabilità che le osservazioni siano nello stesso ordine relativo ed è

spesso considerata più robusta di Spearman per piccoli campioni e in presenza di molti legami (valori uguali).

Formula per il calcolo:

$$\tau = \frac{C-D}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

Dove:

- n è il numero di osservazioni.
- C è il numero di coppie concordanti.
- D è il numero di coppie discordanti.
- $\frac{n(n-1)}{2}$ è il numero totale di coppie uniche che si possono formare da n osservazioni.

P-value dei Test di Correlazione

Il p-value (valore di probabilità) associato a ciascun test di correlazione è utile per determinare se la correlazione osservata nel campione è statisticamente significativa, ovvero se è improbabile che sia dovuta al caso.

L'interpretazione del p-value è la seguente:

- Se il p-value è basso (tipicamente < 0.05): Si rifiuta l'ipotesi nulla. Ciò significa che la correlazione osservata è statisticamente significativa e che è improbabile che sia dovuta al caso. C'è evidenza che esista una correlazione nella popolazione.
- Se il p-value è alto (tipicamente ≥ 0.05): Non si rifiuta l'ipotesi nulla. Ciò significa che la correlazione osservata non è statisticamente significativa. Non c'è sufficiente evidenza per affermare che esista una correlazione nella popolazione; la correlazione osservata nel campione potrebbe essere semplicemente dovuta al caso.

II.I.II Inizio dei test sulla correlazione

Andando ad effettuare un confronto tra le variazioni dei tassi di interesse (utilizzando come riferimento l'EFFR) su base mensile ed i rendimenti dell'SP500 da Luglio 1954 a Marzo 2025 si evince che in realtà non si manifesta la forte correlazione inversa che ci saremmo aspettati di trovare secondo le premesse del capitolo 1.

Ecco nello specifico i risultati ottenuti dall'output del codice visibile in "Appendice G":

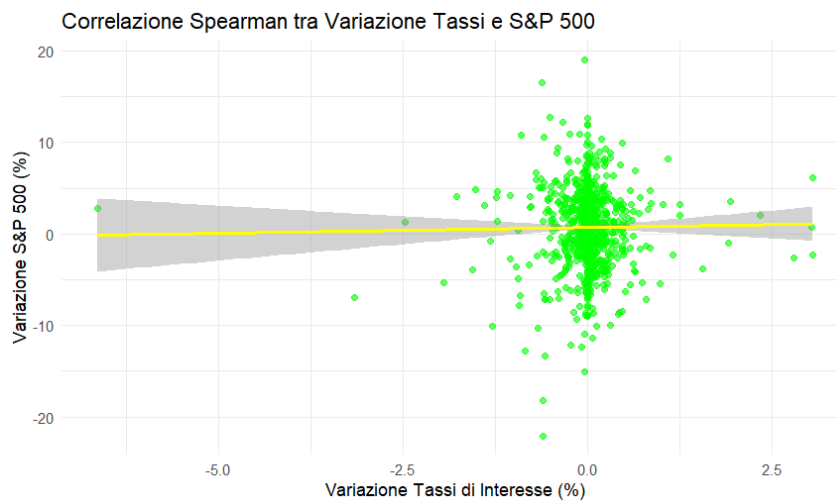


Figura 7 “Correlazione Spearman tra Variazione dei tassi e SP500”

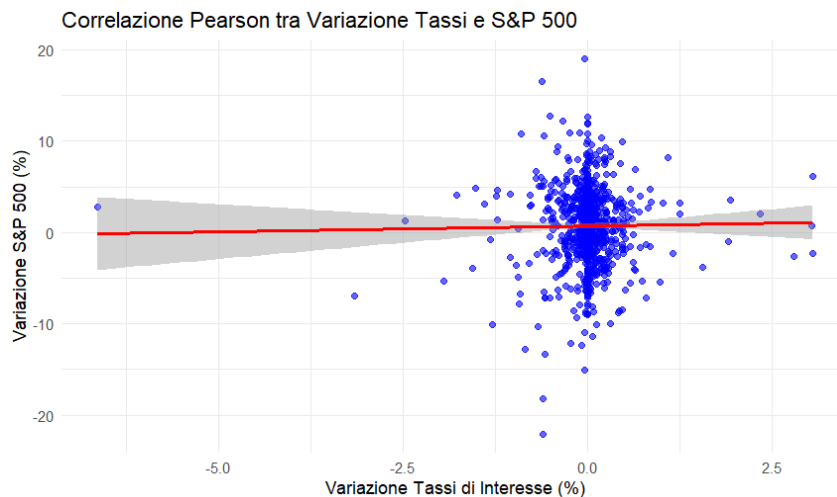


Figura 8 “Correlazione Pearson tra Variazione dei tassi e SP500”

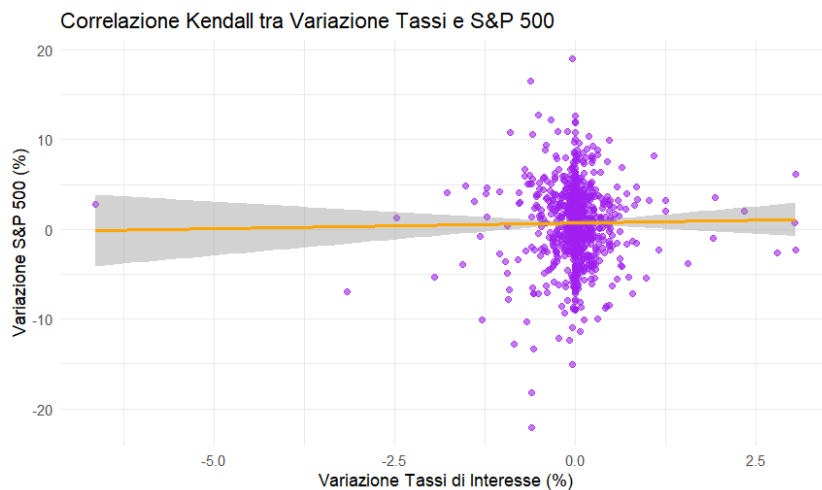


Figura 9 “Correlazione Kendall tra Variazione dei tassi e SP500”

Output di testo

Correlazione Pearson: 0.0143
 Correlazione Spearman: -0.0485
 Correlazione Kendall: -0.0334

Test Pearson: p-value = 0.6783
 Test Spearman: p-value = 0.1587
 Test Kendall: p-value = 0.1485

Come anticipato poco fa, tutti e tre i coefficienti di correlazione (Pearson: 0.0143, Spearman: -0.0485, Kendall: -0.0334) sono vicini allo zero, suggerendo una relazione molto debole o assente tra le variabili. Inoltre, i p-value associati ai test di significatività (tutti ben superiori alla soglia convenzionale di 0.05) confermano che le correlazioni osservate non sono statisticamente significative. In sintesi, non emergono evidenze sufficienti per sostenere l'esistenza di una relazione lineare o monotona tra le due grandezze oggetto di studio nel periodo analizzato.

Andando ad analizzare periodi più recenti, ad esempio gli ultimi 25 anni, oppure analizzando la correlazione con dati su base semestrale o annuale anziché mensile non evincono grosse differenze nei risultati ottenuti.

II.II Test di strategie di investimento

Nonostante la teoria economica classica suggerisca l'esistenza di una relazione tra le variazioni del tasso di interesse, individuati tramite l'EFFR, e l'andamento dell'indice S&P 500, i risultati dei test di correlazione mostrano valori molto bassi e statisticamente non significativi. Questa apparente incoerenza può essere spiegata considerando la natura delle variazioni nei tassi di interesse e il modo in cui il mercato reagisce a esse. In particolare, quando si includono nel calcolo della correlazione anche variazioni minime o marginali dell'EFFR, spesso percepite dagli operatori di mercato come prive di impatto reale, si introduce un forte rumore statistico. Questo rumore finisce per diluire la componente informativa contenuta nei movimenti più rilevanti, rendendo difficile la rilevazione di una relazione lineare.

A ciò si aggiunge il fatto che i mercati finanziari non rispondono in modo proporzionale a ogni cambiamento nei tassi. Possono essere individuate delle soglie oltre le quali le variazioni dei tassi hanno una maggiore probabilità di generare una reazione significativa, mentre movimenti più contenuti possono essere ignorati o già prezzati. La presenza di questi scaglioni, unita alla non linearità intrinseca delle reazioni di mercato, contribuisce ulteriormente alla debolezza dei coefficienti di correlazione lineare. Inoltre, la risposta del mercato può essere condizionata dalla volatilità complessiva, nei periodi di alta incertezza anche variazioni moderate nei tassi possono avere un impatto marcato, mentre in contesti di stabilità tali cambiamenti vengono assorbiti senza effetti evidenti.

Bernanke e Kuttner nel 2005 hanno evidenziato che tagli inattesi di 25 punti base nel tasso dei federal funds possono portare a un aumento dell'1% nei prezzi delle azioni, mentre variazioni anticipate o di minore entità tendono ad avere effetti trascurabili.⁴

Alla luce di queste considerazioni, appare chiaro che, in assenza di un filtro che isoli le variazioni realmente significative dei tassi o che tenga conto della volatilità di contesto, la correlazione lineare tra EFFR e S&P500 risulta non solo debole, ma anche metodologicamente inadeguata a cogliere la complessità della relazione. È per questo motivo che, pur in presenza di un'evidenza visiva e teorica di un legame tra le due variabili, i test di correlazione lineare condotti sull'intera serie, senza alcuna distinzione in termini di rilevanza o intensità delle variazioni, restituiscono risultati negativi o ambigui.

⁴ M. Ampudia, S. J. Van den Heuvel, 2022

Ecco di seguito un esempio di applicazione di un filtro di volatilità dei tassi: il test ora verrà ripetuto dal 1959 ad oggi, andando ad osservare soltanto il comportamento dei mercati il mese seguente rispetto ad una variazione dello 0.25% dell'EFFR.

Il codice sorgente utilizzato per ottenere i seguenti output è dato dal codice sorgente in “Appendice H”.

Output di testo

Periodo analizzato:

Prima data tassi (giorno 1): 1959-02-01

Prima data S&P 500: 1959-02-02

Ultima data tassi (giorno 1): 2025-02-01

Ultima data S&P 500: 2025-02-03

Numero totale di osservazioni abbinate: 793

Numero di mesi con variazioni sostanziose dei tassi (≥ 0.25): 226

Correlazioni per variazioni sostanziose dei tassi (≥ 0.25):

Correlazione Pearson: 0.0126

Correlazione Spearman: -0.0388

Test Pearson: p-value = 0.8507

Test Spearman: p-value = 0.5616

Correlazioni per tutte le variazioni (per confronto):

Correlazione Pearson (totale): 0.0126

Correlazione Spearman (totale): -0.0581

Analisi per direzione della variazione dei tassi:

Numero variazioni sostanziose positive: 106

Numero variazioni sostanziose negative: 120

Correlazione per aumenti sostanziosi dei tassi: 0.0626

Variazione media S&P 500 dopo aumenti sostanziosi dei tassi: 0.04 %

Correlazione per riduzioni sostanziose dei tassi: 0.0563

Variazione media S&P 500 dopo riduzioni sostanziose dei tassi: 0.46 %

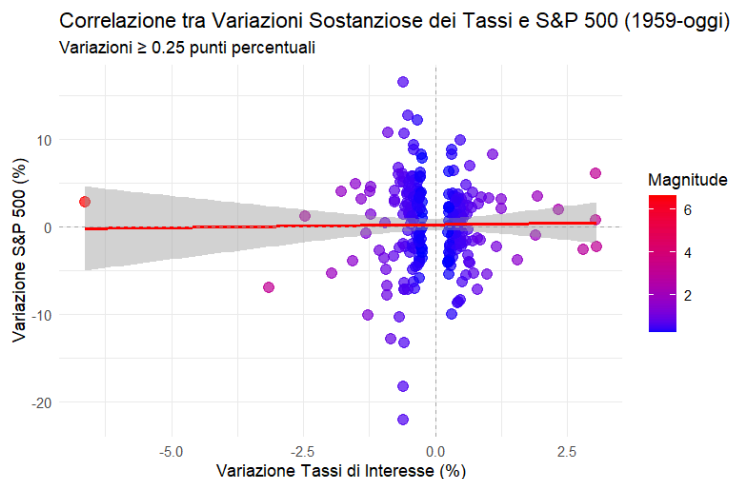


Figura 10 “Correlazione tra Tassi di Interesse ed SP500 con un filtro di volatilità”

Come si può evincere dagli output testuali e dal grafico sovrastante, purtroppo anche con un filtro di volatilità applicato alle variazioni dei tassi non abbiamo la possibilità di identificare la forte correlazione inversa che ci aspettavamo di trovare; ciò nonostante dal 1959 al 2025 è stato possibile osservare che, mediamente, una riduzione sostanziosa dei tassi di interesse provoca una variazione media del $+0.46\%$ nell'SP500 nel mese seguente alla rilevazione del taglio dei tassi nell'EFFP.

CAPITOLO III

CREAZIONE E TEST DI STRATEGIE DI INVESTIMENTO

Per essere sicuri che le conclusioni a cui si è giunti nel capitolo precedente non si trattino di un caso e che la relazione tra tassi di interesse e rendimenti azionari sia effettivamente capace di condurre alla creazione di una strategia di investimento storicamente profittevole sui mercati, è possibile andare a creare un test di due strategie con diversi parametri da confrontare.

Di seguito la descrizione delle strategie, dove Δi indica la variazione dei tassi di interesse rilevata tramite l'EFFP ed X è una variabile che andrà ad assumere valori tra 0.1 e 0.5.

La strategia 1 prevede l'acquisto di SP500 se $\Delta i < -X\%$, mentre la strategia 2 prevede la vendita di SP500 se $\Delta i > X\%$.

In ognuno di questi casi, alla fine del mese in cui si è aperta l'operazione su SP500, si chiude l'operazione.

Il codice sorgente utilizzato per l'analisi ed il confronto di queste strategie è presente in "Appendice I" mentre in basso sono riportati gli output ottenuti dai test effettuati.

Le strategie sono state testate da Gennaio 1959 alla fine del 2024.

Per valutare l'efficacia delle strategie sviluppate, sono state impiegate diverse metriche quantitative che consentono di analizzare sia la redditività sia il profilo di rischio associato.

Di seguito si presentano le principali metriche utilizzate, accompagnate dalle relative formule e da una discussione sul loro significato nel contesto dell'analisi.

1. Rendimento

Il rendimento fornisce una misura sintetica della performance complessiva della strategia nel periodo analizzato in termini di profitto conseguito: in particolare è il rendimento percentuale ottenuto tramite l'uso della strategia dall'inizio alla fine del periodo di riferimento.

2. Win Rate

$$\text{Win rate} = \frac{\text{Numero di operazioni vincenti}}{\text{Numero totale di operazioni}} \times 100$$

Il Win Rate indica la percentuale di operazioni chiuse in profitto rispetto al totale delle operazioni effettuate.

3. Mesi Operativi

Numero totale di mesi in cui la strategia ha generato un'operazione: nel caso specifico di queste due strategie, i mesi operativi corrispondono al numero di operazioni che sono state aperte e chiuse durante il periodo di riferimento.

Questa metrica misura dunque la frequenza operativa della strategia. Una strategia con un numero elevato di mesi operativi è più attiva e maggiormente validata, ma può anche comportare costi operativi più elevati. Al contrario, una strategia con pochi mesi operativi può essere più selettiva, ma rischia di essere meno reattiva ai cambiamenti di mercato.

Dal punto di vista della validità statistica, invece, un numero maggiore di operazioni testate riduce il rischio che i risultati siano frutto del caso. Maggiore è il campione su cui viene verificata la strategia, maggiore è la robustezza delle conclusioni: si riduce l'impatto di eventi anomali o periodi fortuitamente favorevoli, aumentando così la significatività statistica delle performance osservate. In altre parole, testare la strategia su un numero elevato di operazioni aiuta a garantire che i risultati non siano distorti da singole osservazioni estreme o da contingenze di breve periodo.

4. Max Drawdown

Per definire il Massimo Drawdown raggiunto è necessario prima descrivere il calcolo del Drawdown al tempo t , ovvero la perdita percentuale dal massimo storico precedente raggiunto.

$$D(t) = \frac{M(t) - P(t)}{M(t)}$$

dove

- $P(t)$ = valore del portafoglio al tempo t
- $M(t)$ = massimo storico fino al tempo t

Il Max Drawdown, ovvero la massima perdita percentuale subita dal portafoglio rispetto al suo valore massimo precedente, è dunque identificabile come il massimo tra i Drawdown che si sono verificati nella serie storica ed è una misura cruciale del rischio di una strategia, poiché indica la potenziale perdita massima che un investitore potrebbe subire.

È importante notare che, in linea generale, esiste una correlazione tra drawdown e rendimento: strategie che puntano a rendimenti più elevati tendono ad assumere rischi maggiori e quindi a mostrare anche drawdown più marcati. Per questo motivo, quando si valutano strategie con rendimenti molto alti, è fondamentale verificare se il livello di drawdown sia coerente con il profilo di rischio accettabile e se il rapporto rischio/rendimento resti favorevole.

Possiamo dunque dire che, tendenzialmente, il drawdown massimo di una strategia e la sostenibilità nel lungo periodo sono inversamente proporzionali.

5. Sharpe Ratio

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

dove:

- R_p è il rendimento medio del portafoglio.
- R_f è il tasso di rendimento privo di rischio, ipotizzato come 2% nei test effettuati.
- σ_p è la deviazione standard dei rendimenti del portafoglio.

Il Sharpe Ratio misura il rendimento in eccesso per unità di rischio totale assunta ed è una metrica ampiamente utilizzata per confrontare l'efficienza di diverse strategie di investimento.

Un valore più elevato indica una strategia che offre rendimenti superiori rispetto al rischio assunto, e nello specifico vengono comunemente applicati dei range di valutazione per andare ad analizzare l'efficacia della strategia sulla base del valore dello Sharpe Ratio riscontrato:

- Minore di 0: Performance peggiore dell'asset privo di rischio.
- Tra 0 e 1: Rendimento positivo, ma la compensazione per il rischio non è ottimale. Accettabile, ma spesso migliorabile.
- Tra 1 e 2: Buona performance aggiustata per il rischio. Indica che l'investimento sta generando un buon rendimento in relazione al rischio.
- Maggiore di 2: Molto buona performance aggiustata per il rischio.
- Maggiore di 3: Eccellente performance aggiustata per il rischio.

6. Calmar Ratio

$$\text{Calmar Ratio} = \frac{R_a}{\text{Max Drawdown}}$$

Dove R_a è il rendimento annualizzato del portafoglio.

Il Calmar Ratio valuta la performance di una strategia in relazione al rischio di perdita massima. A differenza dello Sharpe Ratio, che considera la volatilità complessiva, il Calmar Ratio si concentra sulle perdite massime, rendendolo particolarmente utile per valutare strategie che mirano a minimizzare le perdite significative.

Nello specifico, è possibile valutare le performance della strategia utilizzando il Calmar Ratio andando ad applicare, come per lo Sharpe Ratio, dei range valutativi:

- Minore di 0: Performance negativa con drawdown. Indica una strategia in perdita.
- Tra 0 e 1: Rendimento positivo, ma con un drawdown significativo. La strategia genera profitto, ma con un rischio elevato rispetto al guadagno.
- Tra 1 e 3: Buona performance aggiustata per il rischio. La strategia offre un rendimento apprezzabile rispetto al drawdown massimo.

III.I Risultati

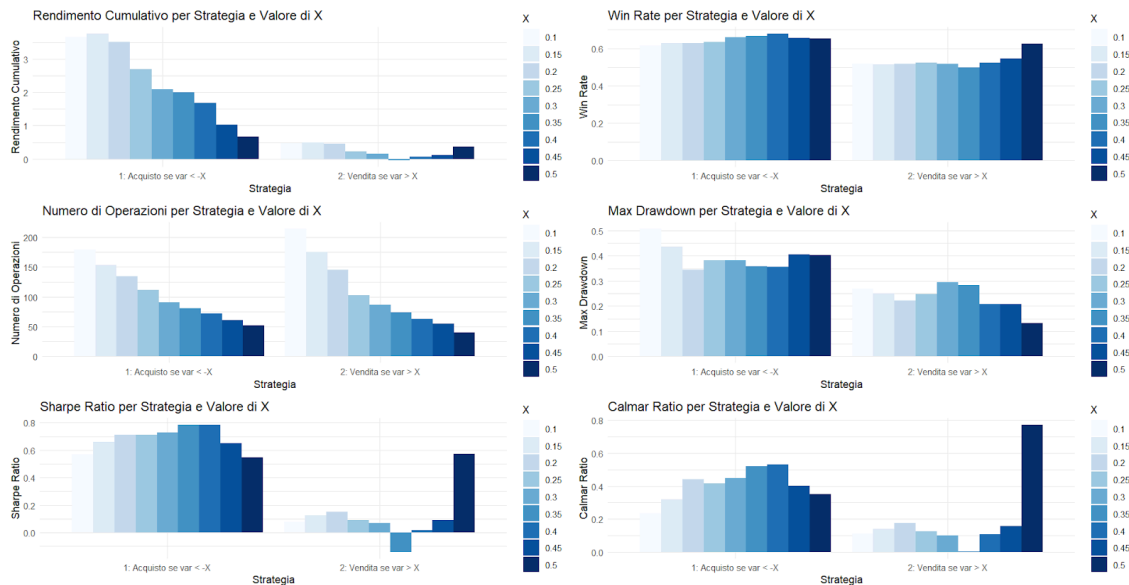


Figura 11 “Risultati delle strategie di investimento a confronto”

Tramite l’immagine sovrastante e la tabella riepilogativa sottostante, nella quale sono elencate le performance delle 10 strategie che hanno prodotto il miglior Sharpe Ratio (in ordine discendente), si evince che storicamente seguendo il principio del legame inverso tra tassi di interesse e rendimenti dei titoli azionari si sarebbero ottenuti dei rendimenti positivi sull’SP500.

Specialmente sulle strategie di acquisto, complice anche il fatto che SP500 è storicamente un asset che tende ad andare al rialzo, i risultati sembrano essere in linea con quanto ci si potrebbe aspettare dalle tesi delle teorie economiche classiche.

Di conseguenza, le strategie long hanno beneficiato di un contesto strutturalmente favorevole, mentre le strategie short hanno trovato meno spazio per generare profitti consistenti: infatti per quasi tutti i valori di X si hanno rendimenti positivi sulla seconda strategia, ma con un andamento piuttosto singolare dato che nell’intervallo tra 0.1 e 0.25 si ha un calo delle performance al crescere di X , poi arrivare ad un rendimento negativo toccando $X = 0.3$ per poi andare a crescere regolarmente da 0.35 in poi.

Questo fa sospettare che la strategia di vendita possa avere una funzione principalmente di “copertura”, in modo da ridurre la volatilità e coprire il rischio in momenti difficili piuttosto che come una vera e propria strategia speculativa.

X	Strategia	Rendimento (%)	Win Rate (%)	Mesi Operativi	Max Drawdown (%)	Sharpe Ratio	Calmar Ratio
0,35	Acquisto se var < -X	2,0095	0,6667	81	0,3599	0,7851	0,5191
0,4	Acquisto se var < -X	1,6863	0,6806	72	0,3557	0,7849	0,5309
0,3	Acquisto se var < -X	2,0941	0,6593	91	0,3822	0,7267	0,4486
0,25	Acquisto se var < -X	2,6928	0,6339	112	0,3833	0,7116	0,4176
0,2	Acquisto se var < -X	3,5173	0,6296	135	0,3451	0,711	0,4402
0,15	Acquisto se var < -X	3,7676	0,6275	153	0,4074	0,7669	0,3198
0,45	Acquisto se var < -X	1,0181	0,6557	61	0,4048	0,6502	0,4022
0,5	Vendita se var > X	0,3608	0,625	40	0,1334	0,5726	0,7725
0,1	Acquisto se var < -X	3,6454	0,6145	179	0,5068	0,5698	0,2333
0,5	Acquisto se var < -X	0,6625	0,6538	52	0,4036	0,5487	0,3532

Tabella 1 “Le 10 migliori strategie”

Analizzando più nello specifico i rendimenti ottenuti dalle strategie di acquisto (“acquisto se var < -X”), possiamo notare che mostrano un andamento interessante al variare del parametro X. Analizzando nel dettaglio le dieci strategie con il miglior Sharpe Ratio, si osserva quanto segue:

Per valori di X tra 0.15 e 0.2, le performance risultano particolarmente solide:

- Rendimento medio superiore al 3.5%
- Sharpe Ratio superiore a 0.75
- Numero elevato di mesi operativi (in un caso 135 e nell’altro 153), che indica un’attivazione piuttosto frequente della strategia e una certa stabilità operativa; questo esclude a maggior ragione che queste performance possano trattarsi di un semplice caso.
- Max drawdown relativamente contenuti (tra lo 0.34% e lo 0.41%), in linea con l’andamento storico rialzista dell’SP500.

Quando si analizzano strategie con X più bassi, come 0.1, si nota un rendimento ancora molto alto (3.64%), ma accompagnato da un max drawdown sensibilmente più ampio (0.50%) e da un Sharpe Ratio più basso (0.57). Questo suggerisce che a soglie di attivazione troppo basse, la strategia rischia di entrare troppo spesso, esponendosi a maggiore volatilità e a fasi di mercato meno favorevoli, con un peggioramento dell'efficienza rischio-rendimento.

Per valori di X tra 0.25 e 0.35, si osservano rendimenti positivi (tra 2.0% e 2.7%), ma un calo progressivo dello Sharpe Ratio (0.71–0.78) e una riduzione dei mesi operativi (circa 80–110), segnalando che, pur mantenendo buone performance assolute, la strategia diventa meno efficiente dal punto di vista del rapporto rischio/rendimento e meno attiva.

Infine, con X elevati, come 0.4–0.45, i rendimenti si riducono sensibilmente (1.01–1.68%) e il numero di mesi operativi cala (61–72), mentre il max drawdown resta attorno a 0.35–0.40%. Qui la strategia sembra attivarsi troppo raramente per avere un impatto significativo, e le performance risultano inferiori sia in termini assoluti sia in termini relativi.

Nel complesso, emerge una sorta di “sweet spot” attorno a $X = 0.15–0.2$, dove la strategia riesce a bilanciare bene frequenza operativa, rendimento e rischio. Sotto questa soglia, cresce la volatilità senza un adeguato miglioramento delle metriche di rischio-rendimento; sopra questa soglia, cala la redditività e la strategia diventa meno incisiva.

Al contrario, le strategie di vendita hanno mostrato performance nettamente peggiori: in alcuni casi addirittura negative.

Prendendo come esempio l'unica strategia di vendita citata nella tabella, ovvero la migliore tra le strategie di vendita, essa ha un Calmar Ratio interessante (0.77 con $X = 0.5$), ma rendimenti molto più modesti rispetto alle strategie long (0.36%) e uno Sharpe Ratio più basso (0.57).

CONCLUSIONE

Attraverso un approccio basato su test empirici, analisi statistiche e simulazioni su dati storici, è emerso che, nonostante la teoria economica classica suggerisca una relazione inversa tra tassi di interesse e rendimenti azionari, i risultati mostrano una correlazione complessivamente debole e statisticamente non significativa. Tuttavia, applicando filtri per isolare variazioni rilevanti nei tassi, si osserva un effetto medio positivo in seguito a tagli consistenti, che ha permesso di sviluppare strategie long in grado di generare rendimenti storicamente positivi. Al contrario, le strategie short basate su aumenti dei tassi non hanno prodotto risultati rilevanti in modo autonomo, ma si sono dimostrate utili come strumenti di copertura, capaci di ridurre la volatilità e migliorare l'equilibrio complessivo del portafoglio.

Nonostante i risultati ottenuti, lo studio presenta alcuni limiti: i test si sono concentrati esclusivamente sul mercato statunitense e si sono basati su strategie semplici, definite da soglie fisse, senza esplorare l'interazione tra soglie diverse, la variazione degli orizzonti temporali o l'integrazione con altri indicatori di mercato, come la volatilità implicita, i volumi o le condizioni macroeconomiche.

Per il futuro, una direzione concreta e promettente potrebbe essere quella di utilizzare i concetti emersi — in particolare l'effetto asimmetrico tra tagli e rialzi dei tassi — come base per costruire strategie più efficaci, in cui componenti long e short non siano trattati come blocchi separati, ma integrati all'interno di un framework di allocazione dinamica del rischio. Ad esempio, i segnali derivanti dai rialzi dei tassi potrebbero non servire a generare vendite speculative, ma a calibrare l'esposizione delle posizioni long, riducendola nei periodi di restrizione monetaria e aumentandola nei cicli di allentamento.

Ulteriori sviluppi potrebbero riguardare l'ottimizzazione delle soglie di attivazione (valori di Δi) e la variazione degli orizzonti temporali di esecuzione (ad esempio settimanale o trimestrale), per valutare se questi aggiustamenti possano rafforzare la significatività statistica delle strategie. Un altro possibile approfondimento riguarda l'analisi dell'efficacia delle strategie su indici settoriali specifici, per verificare se settori come la tecnologia o la finanza mostrino una maggiore sensibilità ai movimenti dei tassi rispetto all'indice generale.

In conclusione, pur evidenziando i limiti nell'applicazione diretta delle teorie economiche classiche ai mercati attuali, questo lavoro conferma l'utilità degli

approcci quantitativi come strumenti fondamentali per testare e validare ipotesi di investimento. I risultati ottenuti non rappresentano soluzioni definitive, ma offrono una base solida da cui sviluppare modelli più avanzati, in grado di sfruttare in modo selettivo e mirato le dinamiche osservate, migliorando così il rapporto rischio-rendimento in un contesto di mercato sempre più complesso e competitivo.

APPENDICE

Di seguito sono riportati i codici sorgente scritti con il linguaggio di programmazione *R* relativi ai grafici riportati nel documento.

Appendice A. Codice sorgente della Figura 1 “Rappresentazione grafica della curva IS”.

```
# Carica il pacchetto ggplot2 per creare grafici
library(ggplot2)

# Definisci la funzione IS
#  $Y = C + I + G + NX$ 
# Dove  $C = a + b(Y - T)$ 
# Sostituendo e risolvendo per Y in funzione di r:
#  $Y = [a - b \cdot T + I(r) + G + NX] / (1 - b)$ 
# Dove  $I(r) = I_0 - d \cdot r$ , con  $d > 0$  (investimento dipende negativamente dal tasso di interesse)

# Parametri
a <- 200 # Consumo autonomo
b <- 0.8 # Propensione marginale al consumo
T <- 100 # Imposte
G <- 150 # Spesa pubblica
NX <- 50 # Esportazioni nette
I0 <- 200 # Investimento autonomo
d <- 100 # Sensibilità dell'investimento al tasso di interesse

# Funzione IS
IS <- function(r) {
  I_r <- I0 - d*r # Investimento come funzione del tasso di interesse
  Y <- (a - b*T + I_r + G + NX) / (1-b)
  return(Y)
}

# Crea un vettore di tassi di interesse
tassi <- seq(0, 2, by = 0.01)

# Calcola il reddito corrispondente a ciascun tasso
reddito <- sapply(tassi, IS)

# Crea il dataframe per il grafico
dati <- data.frame(r = tassi, Y = reddito)

# Crea il grafico
grafico <- ggplot(dati, aes(x = Y, y = r)) +
  geom_line(color = "blue", size = 1.2) +
  labs(title = "Curva IS",
       x = "Reddito (Y)",
       y = "Tasso di interesse (r)") +
  theme_minimal() +
  scale_y_continuous(limits = c(0, 2)) +
  annotate("text", x = max(dati$Y) - 100, y = 0.5,
         label = "IS", color = "blue", size = 6) +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 16))

# Mostra il grafico
print(grafico)
```

Appendice B. Codice sorgente della Figura 2 “Rappresentazione grafica della curva LM”.

```
# Carica il pacchetto ggplot2 per creare grafici
library(ggplot2)

# Parametri
k <- 0.5 # Sensibilità della domanda di moneta al reddito
h <- 100 # Sensibilità della domanda di moneta al tasso di interesse
M <- 1000 # Offerta di moneta nominale
P <- 2 # Livello dei prezzi

# Calcoliamo il valore minimo di Y che produce r = 0
min_Y_teorico <- M/(P*k) # = 1000/2/0.5 = 1000

# Calcoliamo il valore di Y che produce r = 2 (il nostro limite superiore)
# r = (kY - M/P)/h = 2
# kY - M/P = 2h
# kY = 2h + M/P
# Y = (2h + M/P)/k
max_Y_teorico <- (2*h + M/P)/k # = (2*100 + 1000/2)/0.5 = 400 + 1000 = 1400

# Creiamo un vettore di reddito all'interno di questi limiti
reddito <- seq(min_Y_teorico, max_Y_teorico, by = 10)

# Calcola il tasso di interesse corrispondente
tassi <- sapply(reddito, function(Y) {
  (k*Y - M/P) / h
})

# Filtriamo solo i valori validi (tra 0 e 2)
dati <- data.frame(Y = reddito, r = tassi)
dati_filtrati <- dati[dati$r >= 0 & dati$r <= 2, ]

# Verifica che ci siano effettivamente dati da visualizzare
if(nrow(dati_filtrati) > 0) {
  # Crea il grafico
  grafico <- ggplot(dati_filtrati, aes(x = Y, y = r)) +
    geom_line(color = "red", size = 1.2) +
    labs(title = "Curva LM",
         x = "Reddito (Y)",
         y = "Tasso di interesse (r)") +
    theme_minimal() +
    scale_y_continuous(limits = c(0, 2)) +
    scale_x_continuous(limits = c(min(dati_filtrati$Y) - 50, max(dati_filtrati$Y) + 50)) +
    theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5, face = "bold", size = 16))

  # Mostra il grafico
  print(grafico)
} else {
  cat("Nessun dato valido per il grafico con i parametri attuali.\n")
  cat("Prova a modificare i parametri k, h, M o P.\n")
}

# Stampa i valori per debugging
cat("Reddito minimo teorico (r=0):", min_Y_teorico, "\n")
cat("Reddito massimo teorico (r=2):", max_Y_teorico, "\n")
cat("Numero di punti nel dataset filtrato:", nrow(dati_filtrati), "\n")
```

Appendice C. Codice sorgente della Figura 3 "Esempio grafico di applicazione del modello IS-LM".

```
# Caricare le librerie necessarie
library(ggplot2)

# Creazione di un dataset simulato
data <- data.frame(
  Tasso_Interesse = seq(1, 10, by = 1),
  Rendimento_Azionario = seq(10, 1, by = -1) + rnorm(10, sd = 1)
)

# Creazione di un dataset per le curve IS e LM
dati_IS_LM <- data.frame(
  Reddito = seq(50, 200, by = 10)
)
dati_IS_LM$Tasso_Interesse_IS <- 10 - 0.05 * dati_IS_LM$Reddito # Curva IS decrescente
dati_IS_LM$Tasso_Interesse_LM <- 2 + 0.03 * dati_IS_LM$Reddito # Curva LM crescente

# Calcolo del punto di intersezione
# IS:  $i = 10 - 0.05 * Y$ 
# LM:  $i = 2 + 0.03 * Y$ 
# All'intersezione:  $10 - 0.05 * Y = 2 + 0.03 * Y$ 
# quindi:  $8 = 0.08 * Y$ 
#  $Y = 8 / 0.08 = 100$ 
Y_equilibrio <- 100
i_equilibrio <- 10 - 0.05 * Y_equilibrio # oppure 2 + 0.03 * Y_equilibrio

# Creazione del grafico IS-LM con punto di intersezione
ggplot(dati_IS_LM, aes(x = Reddito)) +
  geom_line(aes(y = Tasso_Interesse_IS, color = "Curva IS"), size = 1) +
  geom_line(aes(y = Tasso_Interesse_LM, color = "Curva LM"), size = 1) +
  geom_point(aes(x = Y_equilibrio, y = i_equilibrio, shape = "Equilibrio"), size = 4, color = "darkred") +
  labs(
    title = "Modello IS-LM",
    subtitle = "Con punto di equilibrio macroeconomico",
    x = "Reddito Nazionale (Y)",
    y = "Tasso di Interesse (i)",
    color = "Curve",
    shape = ""
  ) +
  scale_shape_manual(values = 16, labels = paste("Equilibrio (Y =", Y_equilibrio, ", i =", round(i_equilibrio, 2), ")")) +
  geom_text(aes(x = Y_equilibrio + 10, y = i_equilibrio), label = "E", fontface = "bold") +
  theme_minimal() +
  theme(legend.position = "bottom", legend.box = "vertical")
```

Appendice D. Codice sorgente della Figura 4 “Simulazione con rumore casuale della relazione tra Tassi di Interesse e Rendimenti Azionari”.

```
# Caricare le librerie necessarie
library(ggplot2)

# Creazione di un dataset simulato
data <- data.frame(
  Tasso_Interesse = seq(1, 10, by = 1),
  Rendimento_Azionario = seq(10, 1, by = -1) + rnorm(10, sd = 1)
)

# Creazione del grafico
ggplot(data, aes(x = Tasso_Interesse, y = Rendimento_Azionario)) +
  geom_point(color = "blue", size = 3, alpha = 0.7) +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, color = "red", linetype = "dashed") +
  labs(title = "Relazione tra Tassi di Interesse e Rendimenti Azionari",
```

```

x = "Tasso di Interesse (%)",
y = "Rendimento Azionario (%)",
caption = "Dati simulati con rumore casuale") +
theme_minimal() +
theme(legend.position = "bottom") +
annotate("text", x = 6, y = 8, label = "Punti blu: dati simulati\nLinea rossa: regressione lineare",
color = "black", size = 4, hjust = 0)

```

Appendice E. Codice sorgente della Figura 5 “Rappresentazione della Security Market Line nel modello CAPM”.

```

# Caricare le librerie necessarie
library(ggplot2)

# Definire i parametri del modello CAPM
Rf <- 0.02 # Tasso di interesse privo di rischio (2%)
Rm <- 0.08 # Rendimento atteso del mercato (8%)

# Creare una sequenza di beta
beta_values <- seq(0, 2, by = 0.1) # Da 0 a 2 con passo 0.1

# Calcolare i rendimenti attesi utilizzando la formula del CAPM
expected_returns <- Rf + beta_values * (Rm - Rf)

# Creare un data frame per ggplot
capm_data <- data.frame(Beta = beta_values, Expected_Return = expected_returns)

# Creare il grafico della Security Market Line (SML)
ggplot(capm_data, aes(x = Beta, y = Expected_Return)) +
  geom_line(color = "blue", size = 1) +
  geom_point(color = "red", size = 2) +
  labs(title = "Security Market Line (SML) - Modello CAPM",
       x = "Beta (Rischio Sistemático)",
       y = "Rendimento Atteso") +
  theme_minimal()

```

Appendice F. Codice sorgente della Figura 6 “Esempio di impatto dei Tassi di Interesse sul Valore Attuale”.

```

# Parametri
CF <- 100 # Flusso di cassa futuro
t <- 5 # Numero di anni
tassi_interesse <- seq(0, 0.1, by = 0.001) # Gamma di tassi di interesse da 0% a 10%

# Calcolo del valore attuale per ogni tasso di interesse
valore_attuale <- CF / (1 + tassi_interesse)^t

# Creazione del grafico
plot(tassi_interesse, valore_attuale, type = "l", col = "blue",
     xlab = "Tasso di Interesse", ylab = "Valore Attuale ($)"),
     main = "Impatto dei Tassi di Interesse sul Valore Attuale",
     lwd = 2)

# Aggiunta di una linea orizzontale per il valore attuale senza interesse
abline(h = CF, col = "red", lty = 2)

# Aggiunta di una legenda
legend("topright", legend = c("Valore Attuale", "Senza Interesse"),
     col = c("blue", "red"), lty = c(1, 2), lwd = 2)

```

Appendice G. Codice sorgente della figura 7, 8 e 9

```
# Carica i pacchetti
if (!require("readxl")) install.packages("readxl")
if (!require("quantmod")) install.packages("quantmod")
if (!require("dplyr")) install.packages("dplyr")
if (!require("ggplot2")) install.packages("ggplot2")

library(readxl)
library(quantmod)
library(dplyr)
library(ggplot2)

# Imposta intervallo temporale
data_inizio <- as.Date("1954-08-01")
data_fine <- as.Date("2025-03-01")

# Carica il file Excel con i tassi di interesse
tassi <- read_excel("Tassi mese per mese FORMATTATO.xlsx")

# Prepara i dati dei tassi
tassi$Data <- as.Date(paste(tassi$Anno, tassi$Mese, tassi$Giorno, sep = "-"))

# Scarica i dati S&P 500 da Yahoo Finance
getSymbols("^GSPC", from = data_inizio, to = data_fine, src = "yahoo")

# Prepara i dati S&P 500
sp500 <- data.frame(
  Data = index(GSPC),
  Prezzo = as.numeric(C1(GSPC))
)

# Estrai il giorno 2 (o il più vicino) di ogni mese
sp500$Mese <- format(sp500$Data, "%Y-%m")

sp500_mensile <- sp500 %>%
  group_by(Mese) %>%
  arrange(Data) %>%
  filter(row_number() >= 1) %>%
  slice(which.min(abs(as.numeric(format(Data, "%d")) - 2))) %>%
  ungroup()

# Calcola la variazione percentuale mensile dell'S&P 500
sp500_mensile <- sp500_mensile %>%
  arrange(Data) %>%
  mutate(Variazione_SP500 = (Prezzo / lag(Prezzo) - 1) * 100)

# Prepara il dataframe dei tassi per il merge
tassi_mensili <- tassi %>%
  select(Data, Tasso_di_interesse, Variazione)

# Aggiungi anno-mese per il join
tassi_mensili$AnnoMese <- format(tassi_mensili$Data, "%Y-%m")
sp500_mensile$AnnoMese <- format(sp500_mensile$Data, "%Y-%m")

# Unisci i dati
dati_combinati <- merge(tassi_mensili, sp500_mensile, by = "AnnoMese", all = FALSE)

# Rimuovi i NA
dati_completi <- dati_combinati %>%
  filter(!is.na(Variazione) & !is.na(Variazione_SP500))

# Grafico per Pearson (linea di tendenza)
ggplot(dati_completi, aes(x = Variazione, y = Variazione_SP500)) +
  geom_point(alpha = 0.6, color = "blue") +
  geom_smooth(method = "lm", se = TRUE, color = "red") +
  labs(title = "Correlazione Pearson tra Variazione Tassi e S&P 500",
       x = "Variazione Tassi di Interesse (%)",
```



```

    y = "Variazione S&P 500 (%)" +
    theme_minimal()

# Grafico per Spearman (linea di tendenza)
ggplot(dati_completi, aes(x = Variazione, y = Variazione_SP500)) +
  geom_point(alpha = 0.6, color = "green") +
  geom_smooth(method = "lm", se = TRUE, color = "yellow") +
  labs(title = "Correlazione Spearman tra Variazione Tassi e S&P 500",
        x = "Variazione Tassi di Interesse (%)",
        y = "Variazione S&P 500 (%)") +
  theme_minimal()

# Grafico per Kendall (linea di tendenza)
ggplot(dati_completi, aes(x = Variazione, y = Variazione_SP500)) +
  geom_point(alpha = 0.6, color = "purple") +
  geom_smooth(method = "lm", se = TRUE, color = "orange") +
  labs(title = "Correlazione Kendall tra Variazione Tassi e S&P 500",
        x = "Variazione Tassi di Interesse (%)",
        y = "Variazione S&P 500 (%)") +
  theme_minimal()

# Calcola le correlazioni
cor_pearson <- cor(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "pearson")
cor_spearman <- cor(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "spearman")
cor_kendall <- cor(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "kendall")

# Visualizza i risultati numerici delle correlazioni
cat("Correlazione Pearson: ", round(cor_pearson, 4), "\n")
cat("Correlazione Spearman: ", round(cor_spearman, 4), "\n")
cat("Correlazione Kendall: ", round(cor_kendall, 4), "\n")

# Test di significatività della correlazione
test_pearson <- cor.test(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "pearson")
test_spearman <- cor.test(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "spearman")
test_kendall <- cor.test(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "kendall")

# Risultati dei test di significatività
cat("Test Pearson: p-value = ", round(test_pearson$p.value, 4), "\n")
cat("Test Spearman: p-value = ", round(test_spearman$p.value, 4), "\n")
cat("Test Kendall: p-value = ", round(test_kendall$p.value, 4), "\n")

```

Appendice H. Codice sorgente della figura 10 “Correlazione tra Tassi di Interesse ed SP500 con un filtro di volatilità”

```

# Carica i pacchetti
if (!require("readxl")) install.packages("readxl")
if (!require("quantmod")) install.packages("quantmod")
if (!require("dplyr")) install.packages("dplyr")
if (!require("ggplot2")) install.packages("ggplot2")

library(readxl)
library(quantmod)
library(dplyr)
library(ggplot2)

# Imposta intervallo temporale - dal 1959 ad oggi
data_inizio <- as.Date("1959-01-01")
data_fine <- as.Date("2025-03-01")

# Carica il file Excel con i tassi di interesse
tassi <- read_excel("Tassi mese per mese FORMATTATO.xlsx")

# Prepara i dati dei tassi e FILTRA solo dal 1959 in poi
tassi$Data <- as.Date(paste(tassi$Anno, tassi$Mese, tassi$Giorno, sep = "-"))
tassi <- tassi %>%
  filter(Anno >= 1959)

```

```

# Stampa i primi record del dataframe dei tassi per verifica
cat("\nPrimi 5 record del dataframe tassi originale (dal 1959):\n")
print(head(tassi[, c("Anno", "Mese", "Giorno", "Data", "Tasso_di_interesse", "Variazione")], 5))

# Scarica i dati S&P 500 da Yahoo Finance
getSymbols("^GSPC", from = data_inizio, to = data_fine, src = "yahoo")

# Prepara i dati S&P 500
sp500 <- data.frame(
  Data = index(GSPC),
  Prezzo = as.numeric(C1(GSPC))
)

# Estrai il giorno 2 (o il più vicino) di ogni mese
sp500$Mese <- format(sp500$Data, "%Y-%m")

sp500_mensile <- sp500 %>%
  group_by(Mese) %>%
  arrange(Data) %>%
  filter(row_number() >= 1) %>%
  slice(which.min(abs(as.numeric(format(Data, "%d")) - 2))) %>%
  ungroup()

# Stampa i primi record dell'S&P 500 per verifica
cat("\nPrimi 5 record del dataframe S&P 500 mensile:\n")
print(head(sp500_mensile[, c("Data", "Mese", "Prezzo")], 5))

# Calcola la variazione percentuale mensile dell'S&P 500
sp500_mensile <- sp500_mensile %>%
  arrange(Data) %>%
  mutate(Variazione_SP500 = (Prezzo / lag(Prezzo) - 1) * 100)

# Prepara il dataframe dei tassi per il merge - seleziona i dati del giorno 1
tassi_mensili <- tassi %>%
  filter(Giorno == 1) %>%
  select(Data, Tasso_di_interesse, Variazione)

# Aggiungi anno-mese per il join
tassi_mensili$AnnoMese <- format(tassi_mensili$Data, "%Y-%m")
sp500_mensile$AnnoMese <- format(sp500_mensile$Data, "%Y-%m")

# Unisci i dati
dati_combinati <- merge(tassi_mensili, sp500_mensile, by = "AnnoMese", all = FALSE)

# Rimuovi i NA
dati_completi <- dati_combinati %>%
  filter(!is.na(Variazione) & !is.na(Variazione_SP500))

# Funzione per formattare date in modo leggibile
format_date <- function(date) {
  if(inherits(date, "Date")) {
    return(format(date, "%Y-%m-%d"))
  } else {
    return(as.character(date))
  }
}

# Verifica allineamento temporale
cat("\nVerifica allineamento temporale dei primi 10 record dopo il merge:\n")
print(head(dati_completi[, c("Data.x", "Data.y", "Tasso_di_interesse", "Prezzo", "Variazione",
"Variazione_SP500")], 10))

# Stampa informazioni sui dati analizzati
cat("\nPeriodo analizzato:\n")
cat("Prima data tassi (giorno 1): ", format_date(min(dati_completi$Data.x)), "\n")
cat("Prima data S&P 500: ", format_date(min(dati_completi$Data.y)), "\n")
cat("Ultima data tassi (giorno 1): ", format_date(max(dati_completi$Data.x)), "\n")
cat("Ultima data S&P 500: ", format_date(max(dati_completi$Data.y)), "\n")
cat("Numero totale di osservazioni abbinate: ", nrow(dati_completi), "\n")

```

```

# NUOVA PARTE: Filtrare solo le variazioni sostanziose dei tassi
# Definiamo una variazione sostanziosa come superiore o inferiore a una certa soglia
soglia_variazione <- 0.25 # ±0.25 punti percentuali - puoi modificare questo valore

dati_variazioni_sostanziose <- dati_completi %>%
  filter(abs(Variazione) >= soglia_variazione)

cat("\nNumero di mesi con variazioni sostanziose dei tassi (≥", soglia_variazione, "): ",
    nrow(dati_variazioni_sostanziose), "\n")

# Stampa le prime 15 variazioni sostanziose
cat("\nPrime 15 variazioni sostanziose dei tassi:\n")
dati_variazioni_sostanziose %>%
  arrange(desc(abs(Variazione))) %>%
  select(Data.x, Tasso_di_interesse, Variazione, Data.y, Prezzo, Variazione_SP500) %>%
  head(15) %>%
  print()

# Grafico di dispersione per le variazioni sostanziose
ggplot(dati_variazioni_sostanziose, aes(x = Variazione, y = Variazione_SP500)) +
  geom_point(aes(color = abs(Variazione)), size = 3, alpha = 0.7) +
  geom_smooth(method = "lm", se = TRUE, color = "red") +
  scale_color_gradient(low = "blue", high = "red") +
  labs(title = "Correlazione tra Variazioni Sostanziose dei Tassi e S&P 500 (1959-oggi)",
       subtitle = paste("Variazioni ≥", soglia_variazione, "punti percentuali"),
       x = "Variazione Tassi di Interesse (%)",
       y = "Variazione S&P 500 (%)",
       color = "Magnitudine") +
  theme_minimal() +
  geom_hline(yintercept = 0, linetype = "dashed", color = "darkgray") +
  geom_vline(xintercept = 0, linetype = "dashed", color = "darkgray")

# Calcola le correlazioni solo per variazioni sostanziose
cor_pearson_sost <- cor(dati_variazioni_sostanziose$Variazione,
                      dati_variazioni_sostanziose$Variazione_SP500,
                      method = "pearson")
cor_spearman_sost <- cor(dati_variazioni_sostanziose$Variazione,
                      dati_variazioni_sostanziose$Variazione_SP500,
                      method = "spearman")

# Visualizza i risultati numerici delle correlazioni per variazioni sostanziose
cat("\nCorrelazioni per variazioni sostanziose dei tassi (≥", soglia_variazione, "):\n")
cat("Correlazione Pearson: ", round(cor_pearson_sost, 4), "\n")
cat("Correlazione Spearman: ", round(cor_spearman_sost, 4), "\n")

# Test di significatività della correlazione per variazioni sostanziose
test_pearson_sost <- cor.test(dati_variazioni_sostanziose$Variazione,
                             dati_variazioni_sostanziose$Variazione_SP500,
                             method = "pearson")
test_spearman_sost <- cor.test(dati_variazioni_sostanziose$Variazione,
                              dati_variazioni_sostanziose$Variazione_SP500,
                              method = "spearman")

# Risultati dei test di significatività per variazioni sostanziose
cat("Test Pearson: p-value = ", round(test_pearson_sost$p.value, 4), "\n")
cat("Test Spearman: p-value = ", round(test_spearman_sost$p.value, 4), "\n")

# Confronto con le correlazioni totali (tutte le variazioni)
cat("\nCorrelazioni per tutte le variazioni (per confronto):\n")
cor_pearson_totale <- cor(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "pearson")
cor_spearman_totale <- cor(dati_completi$Variazione, dati_completi$Variazione_SP500, method = "spearman")
cat("Correlazione Pearson (totale): ", round(cor_pearson_totale, 4), "\n")
cat("Correlazione Spearman (totale): ", round(cor_spearman_totale, 4), "\n")

# Analisi separata per variazioni positive e negative sostanziose
dati_var_positivo <- dati_variazioni_sostanziose %>% filter(Variazione > 0)
dati_var_negativo <- dati_variazioni_sostanziose %>% filter(Variazione < 0)

cat("\nAnalisi per direzione della variazione dei tassi:\n")

```

```

cat("Numero variazioni sostanziose positive: ", nrow(dati_var_positive), "\n")
cat("Numero variazioni sostanziose negative: ", nrow(dati_var_negative), "\n")

# Correlazioni per variazioni positive
if(nrow(dati_var_positive) > 5) {
  cor_pos <- cor(dati_var_positive$Variazione, dati_var_positive$Variazione_SP500, method = "pearson")
  cat("Correlazione per aumenti sostanziosi dei tassi: ", round(cor_pos, 4), "\n")

  # Media variazione S&P500 dopo aumenti sostanziosi dei tassi
  cat("Variazione media S&P 500 dopo aumenti sostanziosi dei tassi: ",
      round(mean(dati_var_positive$Variazione_SP500), 2), "%\n")
}

# Correlazioni per variazioni negative
if(nrow(dati_var_negative) > 5) {
  cor_neg <- cor(dati_var_negative$Variazione, dati_var_negative$Variazione_SP500, method = "pearson")
  cat("Correlazione per riduzioni sostanziose dei tassi: ", round(cor_neg, 4), "\n")

  # Media variazione S&P500 dopo riduzioni sostanziose dei tassi
  cat("Variazione media S&P 500 dopo riduzioni sostanziose dei tassi: ",
      round(mean(dati_var_negative$Variazione_SP500), 2), "%\n")
}

```

Appendice I. Codice sorgente della figura 11 “Risultati delle strategie di investimento a confronto”

```

# Impostazione della data di inizio e fine per l'analisi
data_inizio <- "1959-01-01" # Modifica questa data secondo necessità
data_fine <- "2024-12-31" # Modifica questa data secondo necessità

# Caricamento dei pacchetti necessari
if (!require("readxl")) install.packages("readxl")
if (!require("quantmod")) install.packages("quantmod")
if (!require("PerformanceAnalytics")) install.packages("PerformanceAnalytics")
if (!require("ggplot2")) install.packages("ggplot2")
if (!require("dplyr")) install.packages("dplyr")
if (!require("lubridate")) install.packages("lubridate")
if (!require("gridExtra")) install.packages("gridExtra")
if (!require("reshape2")) install.packages("reshape2")

library(readxl)
library(quantmod)
library(PerformanceAnalytics)
library(ggplot2)
library(dplyr)
library(lubridate)
library(gridExtra)
library(reshape2)

# Lettura del file Excel con i dati dei tassi di interesse
tassi_data <- read_excel("Tassi mese per mese FORMATTATO.xlsx")

# Convertiamo i dati in un formato più utilizzabile
# Assumiamo che il file Excel abbia colonne per Anno, Mese, Giorno (controllo)
if ("Anno" %in% colnames(tassi_data) && "Mese" %in% colnames(tassi_data) && "Giorno" %in%
    colnames(tassi_data)) {
  tassi_data <- tassi_data %>%
    mutate(Data = as.Date(paste(Anno, Mese, Giorno, sep = "-"))) %>%
    select(Data, Tasso_di_interesse, Variazione)
} else {
  # Se invece il file Excel ha già una colonna Data
  if ("Data" %in% colnames(tassi_data)) {
    tassi_data <- tassi_data %>%
      mutate(Data = as.Date(Data)) %>% # Assicuriamoci che sia in formato Date
      select(Data, Tasso_di_interesse, Variazione)
  }
}

```

```

    } else {
      # Se non ha né Data né Anno/Mese/Giorno, stampiamo l'errore e le colonne disponibili
      print("Errore: struttura del file Excel non riconosciuta!")
      print("Colonne disponibili:")
      print(colnames(tassi_data))
      stop("Impossibile continuare: manca la colonna Data o le colonne Anno/Mese/Giorno")
    }
  }

# Scaricamento dei dati dell'S&P 500
getSymbols("^GSPC", from = as.Date(data_inizio) - 31, to = as.Date(data_fine), src = "yahoo")
sp500 <- GSPC
colnames(sp500) <- c("Open", "High", "Low", "Close", "Volume", "Adjusted")

# Calcolo rendimenti mensili dell'S&P 500 per benchmark
sp500_monthly_returns <- monthlyReturn(sp500$Adjusted)

# Funzione per calcolare l'indice di Sharpe
calculate_sharpe <- function(returns, risk_free_rate = 0.02/12) { # assumo tasso risk-free annuo del 2%
  if (length(returns) < 2) return(NA)
  mean_return <- mean(returns, na.rm = TRUE)
  std_dev <- sd(returns, na.rm = TRUE)
  if (std_dev == 0) return(NA)

  # Sharpe ratio annualizzato (moltiplicato per sqrt(12) per mensile)
  sharpe <- (mean_return - risk_free_rate) / std_dev * sqrt(12)
  return(sharpe)
}

# Funzione per calcolare il Calmar Ratio
calculate_calmar <- function(returns, period = 36) {
  if (length(returns) < 2) return(NA)

  # Crea un oggetto xts se non lo è già
  if (!is.xts(returns)) {
    returns_xts <- xts(returns, order.by = Sys.Date() - (length(returns):1))
  } else {
    returns_xts <- returns
  }

  # Calcola il rendimento annualizzato
  annual_return <- mean(returns, na.rm = TRUE) * 12

  # Calcola il Max Drawdown
  max_dd <- abs(maxDrawdown(returns_xts))

  # Gestione del caso in cui max_dd sia zero o NA
  if (is.na(max_dd) || max_dd == 0) return(NA)

  # Calcola il Calmar Ratio
  calmar <- annual_return / max_dd

  return(calmar)
}

# Funzione per applicare le strategie e calcolare le performance
apply_strategies <- function(rates_data, sp500_data, x_value) {

  # Preparazione dati
  rates_data <- rates_data %>%
    filter(Data >= as.Date(data_inizio) & Data <= as.Date(data_fine))

  # Inizializzazione dei vettori per le strategie
  strategy1_returns <- numeric(0)
  strategy2_returns <- numeric(0)

  strategy1_dates <- character(0)
  strategy2_dates <- character(0)

  # Ciclo per ogni mese nei dati

```

```

for (i in 1:(nrow(rates_data) - 1)) {
  current_date <- rates_data$Data[i]
  next_date <- rates_data$Data[i + 1]

  # Calcola il giorno 2 del mese corrente (entry)
  entry_date <- current_date + 1
  if (day(entry_date) != 2) {
    entry_date <- floor_date(entry_date, "month") + days(1)
  }

  # Calcola l'ultimo giorno del mese (exit)
  exit_date <- ceiling_date(current_date, "month") - days(1)

  # Controlla che le date siano valide e nei dati di SP500
  if (entry_date >= next_date || !any(index(sp500_data) >= entry_date) || !any(index(sp500_data) <=
exit_date)) {
    next
  }

  # Trova i prezzi di entrata e uscita
  entry_price <- as.numeric(sp500_data[index(sp500_data) >= entry_date][1, "Close"])
  exit_price <- as.numeric(sp500_data[index(sp500_data) <= exit_date][nrow(sp500_data[index(sp500_data)
<= exit_date]), "Close"])

  if (is.na(entry_price) || is.na(exit_price)) {
    next
  }

  variation <- rates_data$Variazione[i]

  # Strategia 1 (ex Strategia 2): Acquisto se variazione < -X
  if (variation < -x_value) {
    return_strat1 <- (exit_price - entry_price) / entry_price
    strategy1_returns <- c(strategy1_returns, return_strat1)
    strategy1_dates <- c(strategy1_dates, as.character(current_date))
  }

  # Strategia 2 (ex Strategia 3): Vendita se variazione > X
  if (variation > x_value) {
    return_strat2 <- (entry_price - exit_price) / entry_price
    strategy2_returns <- c(strategy2_returns, return_strat2)
    strategy2_dates <- c(strategy2_dates, as.character(current_date))
  }
}

# Creare serie temporali di rendimenti
strategy1_xts <- xts(strategy1_returns, as.Date(strategy1_dates))
strategy2_xts <- xts(strategy2_returns, as.Date(strategy2_dates))

# Calcolo delle statistiche per ogni strategia
stats <- list()

if (length(strategy1_returns) > 0) {
  # Calcolare lo Sharpe Ratio
  sharpe_ratio1 <- calculate_sharpe(strategy1_returns)

  # Calcolare il Calmar Ratio
  calmar_ratio1 <- calculate_calmar(strategy1_xts)

  stats$strategy1 <- c(
    media = mean(strategy1_returns),
    mediana = median(strategy1_returns),
    dev_std = sd(strategy1_returns),
    num_operazioni = length(strategy1_returns),
    win_rate = sum(strategy1_returns > 0) / length(strategy1_returns),
    max_drawdown = ifelse(length(strategy1_returns) > 1, maxDrawdown(strategy1_xts), NA),
    rendimento_cumulativo = prod(1 + strategy1_returns) - 1,
    sharpe_ratio = sharpe_ratio1,
    calmar_ratio = calmar_ratio1
  )
}

```

```

} else {
  stats$strategy1 <- c(media = NA, mediana = NA, dev_std = NA, num_operazioni = 0, win_rate = NA,
    max_drawdown = NA, rendimento_cumulativo = NA, sharpe_ratio = NA, calmar_ratio = NA)
}

if (length(strategy2_returns) > 0) {
  # Calcolare lo Sharpe Ratio
  sharpe_ratio2 <- calculate_sharpe(strategy2_returns)

  # Calcolare il Calmar Ratio
  calmar_ratio2 <- calculate_calmar(strategy2_xts)

  stats$strategy2 <- c(
    media = mean(strategy2_returns),
    mediana = median(strategy2_returns),
    dev_std = sd(strategy2_returns),
    num_operazioni = length(strategy2_returns),
    win_rate = sum(strategy2_returns > 0) / length(strategy2_returns),
    max_drawdown = ifelse(length(strategy2_returns) > 1, maxDrawdown(strategy2_xts), NA),
    rendimento_cumulativo = prod(1 + strategy2_returns) - 1,
    sharpe_ratio = sharpe_ratio2,
    calmar_ratio = calmar_ratio2
  )
} else {
  stats$strategy2 <- c(media = NA, mediana = NA, dev_std = NA, num_operazioni = 0, win_rate = NA,
    max_drawdown = NA, rendimento_cumulativo = NA, sharpe_ratio = NA, calmar_ratio = NA)
}

return(list(
  stats = stats,
  returns = list(
    strategy1 = strategy1_returns,
    strategy2 = strategy2_returns
  ),
  dates = list(
    strategy1 = strategy1_dates,
    strategy2 = strategy2_dates
  )
))
}

# Applicazione delle strategie per diversi valori di X
x_values <- c(0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50)
results <- list()

for (x in x_values) {
  results[[as.character(x)]] <- apply_strategies(tassi_data, sp500, x)
}

# Creazione dei grafici di confronto
create_comparison_plots <- function(results, x_values) {
  # Plot per confrontare le performance di ogni strategia tra diversi valori di X
  performance_data <- data.frame(
    X = character(),
    Strategy = character(),
    Rendimento = numeric(),
    WinRate = numeric(),
    NumOperazioni = numeric(),
    MaxDrawdown = numeric(),
    SharpeRatio = numeric(),
    CalmarRatio = numeric()
  )

  for (x in x_values) {
    x_str <- as.character(x)
    result <- results[[x_str]]

    # Strategia 1 (ex Strategia 2)
    performance_data <- rbind(performance_data, data.frame(
      X = x_str,

```

```

    Strategy = "1: Acquisto se var < -X",
    Rendimento = result$stats$strategy1["rendimento_cumulativo"],
    WinRate = result$stats$strategy1["win_rate"],
    NumOperazioni = result$stats$strategy1["num_operazioni"],
    MaxDrawdown = result$stats$strategy1["max_drawdown"],
    SharpeRatio = result$stats$strategy1["sharpe_ratio"],
    CalmarRatio = result$stats$strategy1["calmar_ratio"]
  ))

# Strategia 2 (ex Strategia 3)
performance_data <- rbind(performance_data, data.frame(
  X = x_str,
  Strategy = "2: Vendita se var > X",
  Rendimento = result$stats$strategy2["rendimento_cumulativo"],
  WinRate = result$stats$strategy2["win_rate"],
  NumOperazioni = result$stats$strategy2["num_operazioni"],
  MaxDrawdown = result$stats$strategy2["max_drawdown"],
  SharpeRatio = result$stats$strategy2["sharpe_ratio"],
  CalmarRatio = result$stats$strategy2["calmar_ratio"]
))
}

# Converti X in fattore con livelli specifici per mantenere l'ordine corretto
performance_data$X <- factor(performance_data$X,
                             levels = sapply(x_values, as.character))

# Grafico dei rendimenti cumulativi
p_returns <- ggplot(performance_data, aes(x = Strategy, y = Rendimento, fill = X)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Rendimento Cumulativo per Strategia e Valore di X",
       y = "Rendimento Cumulativo",
       x = "Strategia") +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Blues")

# Grafico del win rate
p_winrate <- ggplot(performance_data, aes(x = Strategy, y = WinRate, fill = X)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Win Rate per Strategia e Valore di X",
       y = "Win Rate",
       x = "Strategia") +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Blues")

# Grafico del numero di operazioni
p_operations <- ggplot(performance_data, aes(x = Strategy, y = NumOperazioni, fill = X)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Numero di Operazioni per Strategia e Valore di X",
       y = "Numero di Operazioni",
       x = "Strategia") +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Blues")

# Grafico del Max Drawdown
p_drawdown <- ggplot(performance_data, aes(x = Strategy, y = MaxDrawdown, fill = X)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Max Drawdown per Strategia e Valore di X",
       y = "Max Drawdown",
       x = "Strategia") +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Blues")

# Grafico dello Sharpe Ratio
p_sharpe <- ggplot(performance_data, aes(x = Strategy, y = SharpeRatio, fill = X)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Sharpe Ratio per Strategia e Valore di X",
       y = "Sharpe Ratio",
       x = "Strategia") +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Blues")

```



```

# Grafico del Calmar Ratio
p_calmar <- ggplot(performance_data, aes(x = Strategy, y = CalmarRatio, fill = X)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  labs(title = "Calmar Ratio per Strategia e Valore di X",
        y = "Calmar Ratio",
        x = "Strategia") +
  theme_minimal() +
  scale_fill_brewer(palette = "Blues")

return(list(p_returns = p_returns, p_winrate = p_winrate, p_operations = p_operations,
           p_drawdown = p_drawdown, p_sharpe = p_sharpe, p_calmar = p_calmar))
}

# Esecuzione dell'analisi
plots <- create_comparison_plots(results, x_values)

# Visualizzazione dei grafici principali
grid.arrange(plots$p_returns, plots$p_winrate, plots$p_operations,
             plots$p_drawdown, plots$p_sharpe, plots$p_calmar, ncol = 2)

# Individuazione della migliore strategia complessiva
best_strategies <- data.frame(
  X = character(),
  Strategia = character(),
  Rendimento = numeric(),
  WinRate = numeric(),
  NumOperazioni = numeric(),
  MaxDrawdown = numeric(),
  SharpeRatio = numeric(),
  CalmarRatio = numeric()
)

for (x in x_values) {
  x_str <- as.character(x)
  result <- results[[x_str]]

  # Strategia 1
  if (result$stats$strategy1["num_operazioni"] > 0) {
    best_strategies <- rbind(best_strategies, data.frame(
      X = x_str,
      Strategia = "1: Acquisto se var < -X",
      Rendimento = result$stats$strategy1["rendimento_cumulativo"],
      WinRate = result$stats$strategy1["win_rate"],
      NumOperazioni = result$stats$strategy1["num_operazioni"],
      MaxDrawdown = result$stats$strategy1["max_drawdown"],
      SharpeRatio = result$stats$strategy1["sharpe_ratio"],
      CalmarRatio = result$stats$strategy1["calmar_ratio"]
    ))
  }

  # Strategia 2
  if (result$stats$strategy2["num_operazioni"] > 0) {
    best_strategies <- rbind(best_strategies, data.frame(
      X = x_str,
      Strategia = "2: Vendita se var > X",
      Rendimento = result$stats$strategy2["rendimento_cumulativo"],
      WinRate = result$stats$strategy2["win_rate"],
      NumOperazioni = result$stats$strategy2["num_operazioni"],
      MaxDrawdown = result$stats$strategy2["max_drawdown"],
      SharpeRatio = result$stats$strategy2["sharpe_ratio"],
      CalmarRatio = result$stats$strategy2["calmar_ratio"]
    ))
  }
}

# Ordina per Rendimento o Sharpe Ratio per ottenere le migliori strategie
best_strategies <- best_strategies[order(-best_strategies$SharpeRatio), ]
print(head(best_strategies, 10))

```

BIBLIOGRAFIA

Ampudia, M., & Van den Heuvel, S. J. *Monetary Policy and Bank Equity Values in a Time of Low and Negative Interest Rates*. Journal of Monetary Economics, 130 (2022): 49–67

Boyarchenko, Nina, Anna Kovner, e Or Shachar. *It's What You Say and What You Buy: A Holistic Evaluation of the Corporate Credit Facilities*. Journal of Financial Economics 144, n. 3 (2022): 695–731

Harmstone, Andrew. *Stagnazione secolare: R.I.P.* Morgan Stanley Investment Management, 2018

Israel, Karl-Friedrich. *Income and Substitution Effects: A Rejoinder to Professor Joseph Salerno*, 2019

Lucca, David O., e Emanuel Moench. *The Pre-FOMC Announcement Drift*. Staff Report No. 512. New York: Federal Reserve Bank of New York, settembre 2011. Rivisto ad agosto 2013

Mankiw, N. Gregory. *Macroeconomics*, 7th Edition 2009

Rich, Robert. *The Great Recession*, 22 Novembre 2013.
<https://www.federalreservehistory.org/essays/great-recession-of-200709>

Sen, Jaydip. *A Comparative Study on the Sharpe Ratio, Sortino Ratio, and Calmar Ratio in Portfolio Optimization*, 2022

Tessa, Mariangela. *Wall Street: Fed spinge S&P500 e DJ su nuovi record, cosa aspettarsi nei prossimi mesi*. Wall Street Italia, 20 settembre 2024
<https://www.wallstreetitalia.com/wall-street-fed-spinge-sp500-e-dj-su-nuovi-record-cos-a-aspettarsi-nei-prossimi-mesi/>

University of Virginia Library. *Correlation: Pearson, Spearman, and Kendall's tau*, Lauren, Brideau, StatLab Associate, 27 Maggio 2025

Xu, Tianyang. *Study on the Capital Asset Pricing Model(CAPM): literature review and possible improvements*, 2021