



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO - BICOCCA
Dipartimento di Informatica, Sistemistica e Comunicazione
Corso di Laurea in Informatica

Progetto Business Intelligence per i servizi finanziari

Paolo Cislaghi
Matricola 885899

Anno Accademico 2023-2024

Indice

1	Sommario dei dati utilizzati	3
1.1	Descrizione dei titoli selezionati	3
1.2	Funzioni utilizzate per scaricare i dati	5
1.3	Funzioni utilizzate per la fusione delle serie in un unico DataFrame	5
1.4	Presentazione dei dati	5
2	Statistiche descrittive	7
2.1	Rendimento cumulato e composto annuo	7
2.2	Rendimenti Semplici e Logaritmico	8
2.3	Grafici diagnostici e Analisi dei Rendimenti	10
2.3.1	AAPL (Apple Inc.)	10
2.3.2	NVDA (NVIDIA Corporation)	11
2.3.3	JPM (JPMorgan Chase & Co.)	11
2.3.4	BAC (Bank of America Corp.)	12
2.3.5	JNJ (Johnson & Johnson)	12
2.3.6	PFE (Pfizer Inc.)	13
2.3.7	Commenti Generali	13
2.4	Statistiche descrittive univariate	13
2.4.1	Commenti sulle statistiche	14
2.4.2	Conclusioni	14
2.5	Matrice di varianze e covarianze	14
2.6	Matrice di Correlazione	15
2.7	Grafico dell'andamento delle correlazioni e Scatter plots	17
2.7.1	Settore Tecnologia	17
2.7.2	Settore Finanziario	18
2.7.3	Settore Salute	19
2.7.4	Conclusioni	20
3	Analisi di previsione	21
3.1	Introduzione e Obiettivi	21
3.2	Suddivisione dei dati	21
3.2.1	Training Set (80 mesi)	21
3.2.2	Validation Set (30 mesi)	21
3.2.3	Test Set (10 mesi)	22
3.2.4	Procedura di suddivisione	22
3.3	Grid Search per il modello SARIMAX	22
3.3.1	Implementazione della Grid Search	23
3.3.2	Risultati per ogni Asset	23
3.4	Applicazione dei Modelli Ottimizzati e Analisi dei Risultati	24
3.4.1	Apple (AAPL)	24
3.4.2	NVIDIA (NVDA)	25
3.4.3	JPMorgan Chase (JPM)	25
3.4.4	Bank of America (BAC)	26

3.4.5	Johnson & Johnson (JNJ)	26
3.4.6	Pfizer (PFE)	27
3.5	Previsione dei Valori Futuri e Aggiornamento Dinamico del Modello	27
3.6	Risultati delle Previsioni dei Modelli SARIMAX per Ogni Asset	28
3.6.1	Previsione del Prezzo di AAPL	28
3.6.2	Previsione del Prezzo di NVDA	28
3.6.3	Previsione del Prezzo di JPM	29
3.6.4	Previsione del Prezzo di BAC	29
3.6.5	Previsione del Prezzo di JNJ	30
3.6.6	Previsione del Prezzo di PFE	30
3.6.7	Conclusioni	31
4	Strategie di trading e backtesting	32
4.1	Ottimizzazione dei Parametri e Valutazione della Strategia	32
4.1.1	Suddivisione del Dataset	32
4.1.2	Tuning dei Parametri	32
4.1.3	Risultati del Tuning	33
4.2	Misurazione dell'efficienza della strategia rispetto al Buy & Hold	33
4.2.1	Metodologia di Confronto	34
4.2.2	Risultati e Grafico	34
4.2.3	Conclusioni	35
5	CAPM	36
5.1	Calcolo del beta di ciascun titolo rispetto al mercato	36
5.2	Calcolo del rendimento atteso annuo del titolo	37
5.3	Calcolo dei parametri del modello Fama-French a tre fattori per ciascun titolo	38
5.3.1	Apple Inc. (AAPL)	38
5.3.2	NVIDIA Corporation (NVDA)	38
5.3.3	JPMorgan Chase & Co. (JPM)	39
5.3.4	Bank of America Corporation (BAC)	39
5.3.5	Johnson & Johnson (JNJ)	39
5.3.6	Pfizer Inc. (PFE)	39
5.3.7	Conclusioni	40
6	Costruzione di portafoglio	41
6.1	Costruzione del portafoglio ottimale	41
6.1.1	Metodo Analitico con Rendimenti Passati	41
6.1.2	Metodo di Simulazione con Rendimenti Passati	43
6.1.3	Metodo Analitico con Rendimenti Attesi	44
6.1.4	Metodo di Simulazione con Rendimenti Attesi	45
6.1.5	Conclusione	46
6.2	Calcolo del beta del portafoglio rispetto al mercato	46
6.3	Confronto dei Rendimenti dei Portafogli	47

Capitolo 1

Sommario dei dati utilizzati

1.1 Descrizione dei titoli selezionati

Nella selezione dei titoli per l'analisi del progetto, ho deciso di adottare un approccio focalizzato sui rendimenti recenti, scegliendo sei azioni del mercato americano facenti parte dell'indice S&P 500. L'obiettivo era identificare i titoli che hanno mostrato le migliori prestazioni nei dieci mesi antecedenti al 31 maggio 2024. Questo periodo è stato scelto per simulare una selezione di stock che avrebbe potuto portare a un investimento positivo, basandomi sulle notizie finanziarie tratte dai principali siti web specializzati. Le azioni selezionate rappresentano tre diversi settori: Tecnologia, Finanziario e Salute.

Settore Tecnologia

Apple Inc. (AAPL)

Apple Inc. è una delle aziende tecnologiche più influenti al mondo, nota per i suoi prodotti innovativi come iPhone, iPad, Mac e per i servizi come App Store, Apple Music e iCloud. Negli ultimi dieci mesi, Apple ha registrato risultati eccezionali, in particolare nel primo trimestre del 2024.

Apple ha riportato risultati record nel primo trimestre del 2024, con un fatturato di 119,6 miliardi di dollari, spinto dalle forti vendite di iPhone 15 e dalla crescita dei servizi. Questo successo evidenzia la capacità di Apple di innovare e mantenere un forte posizionamento sul mercato, rendendola una scelta ideale per un investimento positivo. Link alla notizia: [6]

NVIDIA Corporation (NVDA)

NVIDIA Corporation è un leader globale nelle tecnologie di visual computing e produttore di GPU avanzate, utilizzate in una vasta gamma di applicazioni come gaming, intelligenza artificiale e data center. La sua capacità di innovare costantemente la pone tra le aziende tecnologiche più importanti del mondo.

NVIDIA ha recentemente presentato il nuovo chip AI Blackwell alla conferenza GTC 2024, mostrando significativi miglioramenti nelle prestazioni per le applicazioni di intelligenza artificiale. Questo lancio ha ulteriormente consolidato la posizione di NVIDIA nel mercato AI, rendendola un'azione promettente per gli investitori. Link alla notizia: [3]

Settore Finanziario

JPMorgan Chase & Co. (JPM)

JPMorgan Chase & Co. è una delle più grandi banche d'investimento e società di servizi finanziari del mondo, con sede a New York. La società offre una gamma completa di servizi finanziari, inclusi servizi bancari commerciali, gestione patrimoniale, carte di credito e operazioni bancarie di investimento. JPMorgan è rinomata per la sua stabilità finanziaria e per essere un leader nel settore bancario globale.

Una notizia chiave è l'annuncio dei guadagni record per il quarto trimestre del 2023, rilasciato il 12 gennaio 2024. JPMorgan ha riportato un utile netto di \$9.3 miliardi, o \$3.04 per azione, trainato da forti performance nelle attività di trading e dall'aumento delle entrate da interessi netti. Questo risultato eccezionale evidenzia la capacità di crescita e la solidità di JPMorgan, rendendola un investimento attrattivo negli ultimi mesi. Link alla notizia: [2]

Bank of America Corp. (BAC)

Bank of America è una delle più grandi istituzioni finanziarie al mondo, offrendo una vasta gamma di servizi bancari, di investimento, di gestione patrimoniale e di gestione del rischio a clienti individuali, piccole e medie imprese e grandi società. Con oltre 3.800 filiali e circa 15.000 bancomat, l'azienda serve circa 69 milioni di clienti negli Stati Uniti e in più di 35 paesi in tutto il mondo.

Bank of America ha riportato risultati finanziari positivi per il primo trimestre del 2024. Nel loro report pubblicato ad aprile 2024, la banca ha registrato un aumento degli utili, dimostrando una solida performance finanziaria. Questo risultato è stato attribuito principalmente all'aumento dei ricavi da trading e all'espansione dei prestiti, che hanno beneficiato di un contesto economico favorevole e di tassi di interesse più alti. Inoltre, l'istituto ha evidenziato un aumento della base di clienti e un miglioramento nella gestione dei costi, rafforzando ulteriormente la loro posizione finanziaria.

Questi risultati positivi e la capacità di adattarsi efficacemente alle condizioni di mercato rendono il titolo di Bank of America un'opzione interessante per gli investitori che cercano una solida opportunità di investimento nel settore finanziario. Link alla notizia: [1]

Settore Salute

Johnson & Johnson (JNJ)

Johnson & Johnson è una delle più grandi e diversificate aziende nel settore della salute a livello globale. Opera attraverso tre segmenti principali: farmaceutico, dispositivi medici e prodotti di consumo. È rinomata per i suoi contributi nella ricerca e sviluppo di nuovi trattamenti e tecnologie mediche.

Recentemente, Johnson & Johnson ha riportato risultati positivi nel primo trimestre del 2024, mostrando una crescita significativa nelle vendite dei loro prodotti MedTech e un aumento delle vendite operative globali del 6,3%. Questi risultati sono stati trainati principalmente dai prodotti di elettrofisiologia e dalle soluzioni cardiovascolari. Inoltre, hanno ottenuto diverse approvazioni da parte della FDA, tra cui il trattamento CARVYKTI per il mieloma multiplo recidivante o refrattario, e hanno completato l'acquisizione di Ambrx, espandendo ulteriormente il loro portafoglio di prodotti innovativi. Questi sviluppi indicano un solido potenziale di crescita e un investimento promettente. Link alla notizia: [5]

Pfizer Inc. (PFE)

Pfizer Inc. è una delle principali aziende biofarmaceutiche globali, conosciuta per lo sviluppo e la produzione di farmaci e vaccini per una vasta gamma di condizioni mediche. Fondata nel 1849, Pfizer ha una lunga storia di innovazione scientifica e contributi significativi alla medicina moderna.

Una notizia rilevante che supporta la scelta di Pfizer come buon investimento nei 10 mesi prima del 31 maggio 2024 è il loro rapporto sugli utili del primo trimestre 2024. Nel comunicato, Pfizer ha riportato risultati finanziari solidi, con una forte performance nelle vendite di prodotti chiave e innovazioni nel settore biofarmaceutico. Questi risultati indicano una gestione efficace e una posizione solida nel mercato. Link alla notizia: [4]

1.2 Funzioni utilizzate per scaricare i dati

Per ottenere i dati storici delle azioni selezionate dal 1° gennaio 2014 al 31 maggio 2024, ho utilizzato il modulo `yfinance` di Python. Questo modulo è stato scelto per la sua semplicità ed efficacia nel recuperare i dati finanziari direttamente da Yahoo! Finance [7]. La funzione principale utilizzata per scaricare i dati è `yf.download()`, che consente di specificare il ticker del titolo, il periodo di tempo desiderato e altri parametri opzionali.

La funzione `get()` definita nel codice, utilizza `yf.download()` per scaricare i dati per ciascun titolo e combinarli in un unico DataFrame. Ecco una descrizione del processo:

- Download dei dati: La funzione `data(ticker)` utilizza `yf.download(ticker, start, end)` per scaricare i dati storici per ciascun titolo tra le date specificate.
- Combinazione dei dati: La funzione `get(tickers, start, end)` utilizza `map()` per applicare la funzione `data()` a ciascun ticker nella lista `tickers` e combinare i dati risultanti in un unico DataFrame utilizzando `pd.concat()`. Questo DataFrame è multi-indice, con i ticker dei titoli come primo livello e le date come secondo livello.

1.3 Funzioni utilizzate per la fusione delle serie in un unico DataFrame

Per analizzare le serie temporali dei prezzi di chiusura aggiustati delle azioni selezionate, è stato necessario trasformare e fondere i dati scaricati in un formato adatto per l'analisi. Le seguenti operazioni sono state eseguite:

- Selezione dei prezzi di chiusura aggiustati: Dopo aver scaricato i dati, è stata selezionata solo la colonna 'Adj Close' per ciascun titolo.
- Pivot dei dati: Questo passaggio trasforma il DataFrame in modo che le date siano gli indici e i ticker dei titoli siano le colonne, con i prezzi di chiusura aggiustati come valori. Questo formato semplifica l'analisi e la visualizzazione dei dati.

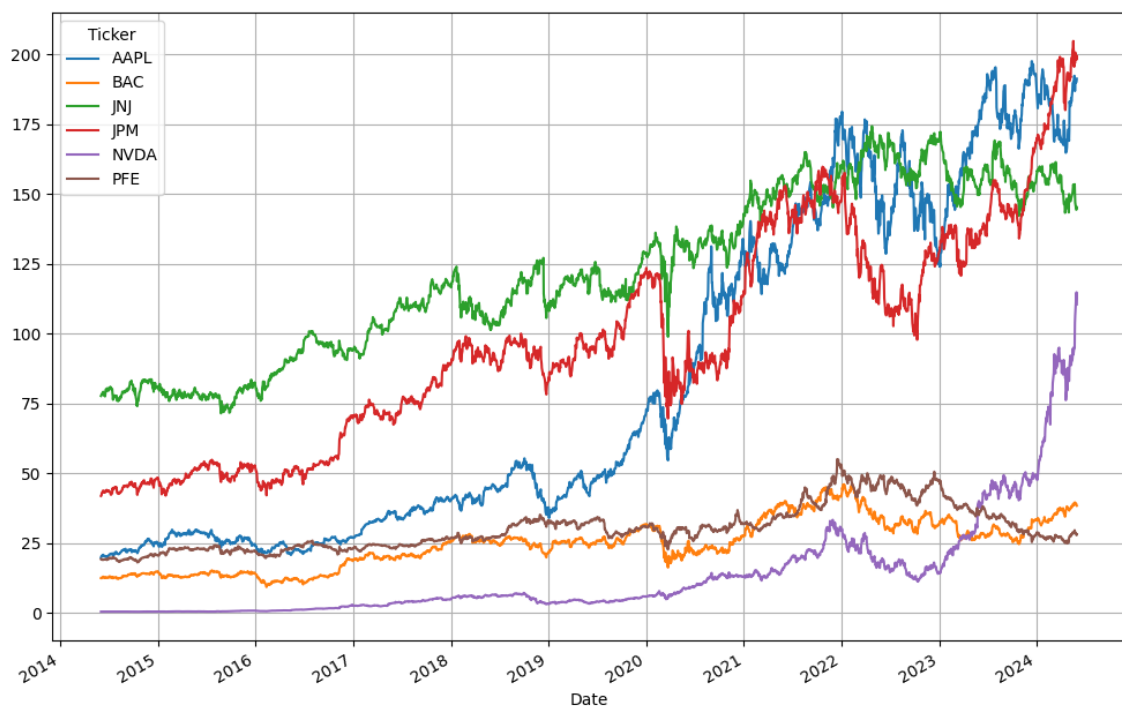
1.4 Presentazione dei dati

Grafico delle Serie Temporali dei Prezzi di Chiusura Aggiustati

Il grafico sottostante mostra l'andamento dei prezzi di chiusura aggiustati per le sei azioni selezionate (AAPL, BAC, JNJ, JPM, NVDA, PFE) nel periodo compreso tra il 2 giugno 2014 e il 31 maggio 2024. Questo grafico è stato generato utilizzando matplotlib per visualizzare come i prezzi di queste azioni sono cambiati nel tempo, evidenziando i trend di lungo termine e le fluttuazioni di mercato.

Prime Righe del DataFrame

Il DataFrame che contiene i dati dei prezzi di chiusura aggiustati delle azioni selezionate è strutturato in modo che le date siano le righe e i ticker delle azioni siano le colonne. Di seguito vengono



riportate le prime righe del DataFrame, che mostrano i prezzi di chiusura aggiustati a partire dal 2 giugno 2014.

Ticker	AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
Date						
2014-06-02	19.859400	12.456400	77.708122	41.902775	0.450743	19.234699
2014-06-03	20.140234	12.415585	77.928673	42.092037	0.448839	19.157003
2014-06-04	20.370209	12.415585	78.096016	42.152607	0.449315	19.189383
2014-06-05	20.450132	12.595165	78.506729	42.871807	0.451218	19.267071
2014-06-06	20.393906	12.725768	78.476288	43.129200	0.452884	19.046955

Il grafico e i dati presentati evidenziano come i prezzi delle azioni selezionate siano variati nel corso degli anni, fornendo un contesto visivo che accompagna l'analisi quantitativa dei rendimenti e delle tendenze di mercato. Questi strumenti sono essenziali per comprendere l'andamento storico delle azioni e per fare previsioni informate sui loro futuri comportamenti di mercato.

Capitolo 2

Statistiche descrittive

2.1 Rendimento cumulato e composto annuo

Il rendimento cumulato rappresenta la crescita totale del prezzo delle azioni nel periodo di tempo considerato. È calcolato come il prodotto cumulativo dei rendimenti giornalieri. Il rendimento composto annuo (CAGR, Compound Annual Growth Rate) è il tasso di crescita annuale che porterebbe al rendimento cumulato se il rendimento fosse costante ogni anno.

Nel periodo dal 2 giugno 2014 al 31 maggio 2024, i rendimenti cumulati e composti annui dei sei titoli selezionati sono stati calcolati e sono riportati nella tabella seguente:

Ticker	Rendimento Cumulato	Rendimento Composto Annuo
AAPL	9.632	25.42%
BAC	3.082	11.92%
JNJ	1.869	6.46%
JPM	4.756	16.88%
NVDA	245.130	73.36%
PFE	1.466	3.90%



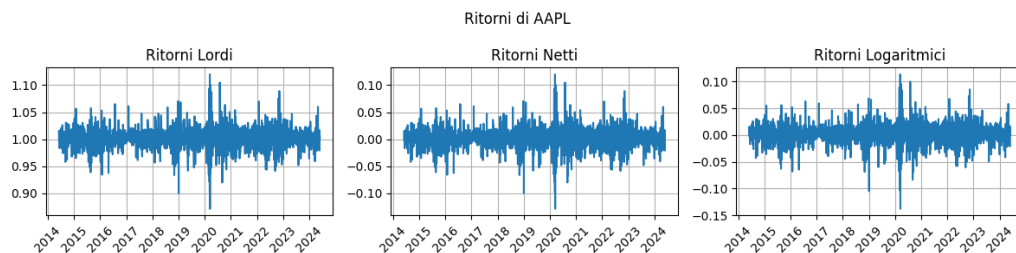
Figure 2.1: Grafico dei rendimenti cumulativi

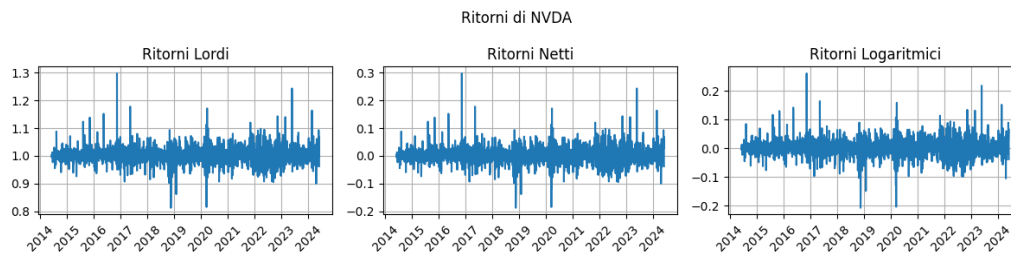
2.2 Rendimenti Semplici e Logaritmico

Il rendimento semplice rappresenta la variazione percentuale giornaliera del prezzo delle azioni. Il rendimento logaritmico, invece, è calcolato come il logaritmo naturale del rapporto tra i prezzi di chiusura consecutivi. Questi due metodi di calcolo dei rendimenti sono utili per analisi diverse: i rendimenti semplici sono più intuitivi, mentre i rendimenti logaritmici sono preferibili per analisi matematiche e statistiche.

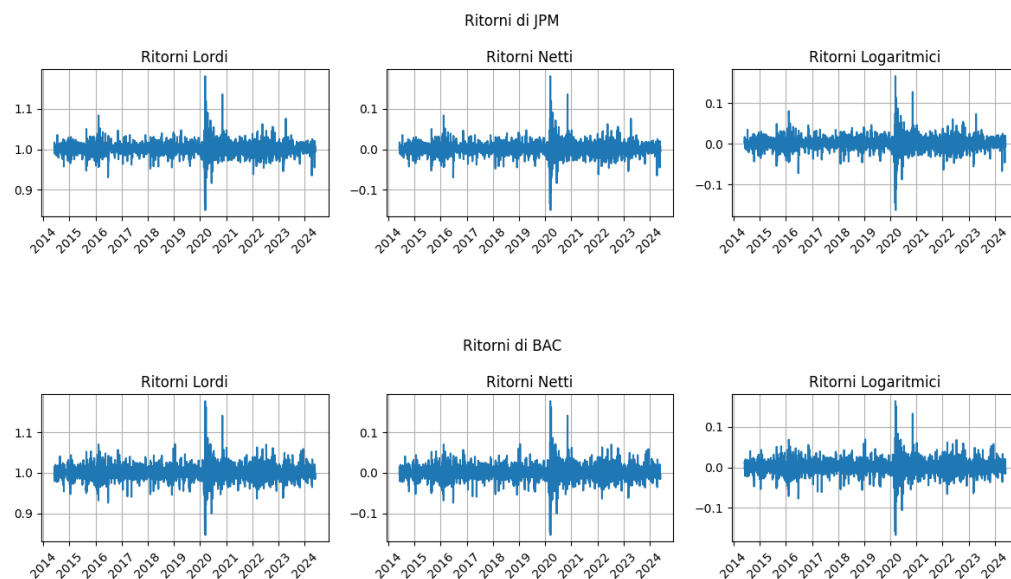
Di seguito viene presentato un grafico che confronta i rendimenti semplici e logaritmici per ognuno dei titoli selezionati nel periodo specificato.

Settore Tecnologia

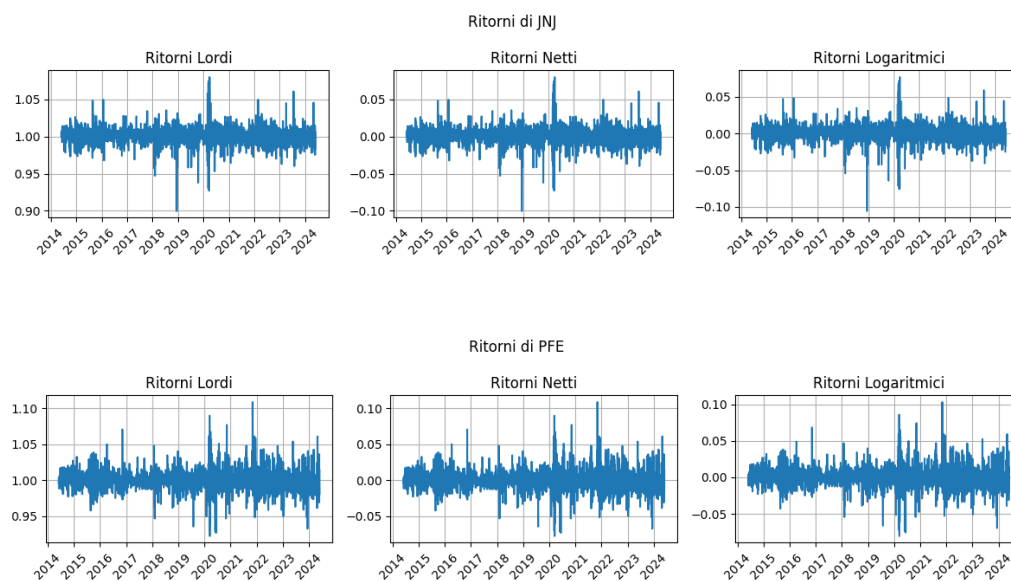




Settore Finanziario



Settore Salute



Le serie storiche dei rendimenti dei titoli selezionati mostrano alcune caratteristiche comuni, come la presenza di trend a lungo termine, volatilità giornaliera e reazioni a eventi economici globali e

specifici per settore. Tutti i titoli, nonostante appartengano a settori diversi, hanno subito l'impatto di eventi macroeconomici come la pandemia di COVID-19, che ha causato significative fluttuazioni di mercato.

C'è una correlazione positiva tra le società dello stesso settore. Ad esempio, i titoli bancari (JPM e BAC) mostrano una correlazione positiva dovuta alle comuni dinamiche di settore, come le politiche dei tassi di interesse e le condizioni economiche generali che influenzano il settore bancario. Anche i titoli del settore tecnologico (AAPL e NVDA) mostrano una correlazione positiva, riflettendo l'impatto delle innovazioni tecnologiche e delle tendenze di mercato.

Ci sono momenti in cui i rendimenti si discostano significativamente dalla media. Ad esempio, NVIDIA (NVDA) ha mostrato rendimenti eccezionalmente alti negli ultimi mesi del periodo considerato, principalmente a causa del lancio del suo nuovo chip AI di prossima generazione. Allo stesso modo, i rendimenti di JPMorgan Chase (JPM) hanno mostrato picchi notevoli grazie ai loro guadagni record nel quarto trimestre, come riportato da notizie finanziarie.

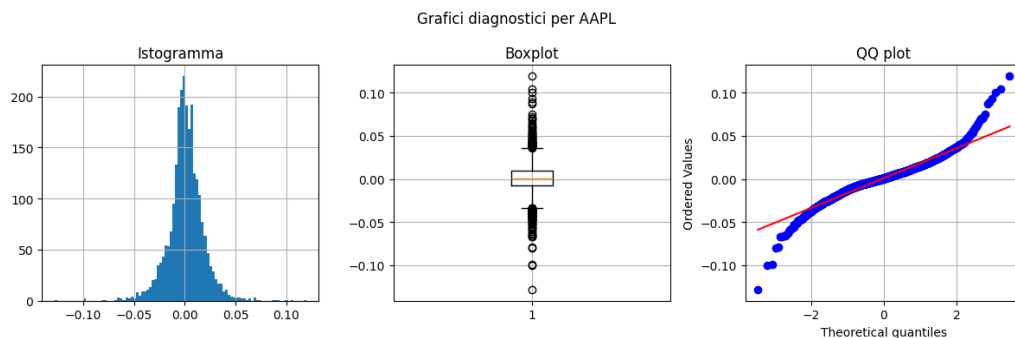
Esempi di notizie:

- NVIDIA (NVDA): L'aumento significativo dei rendimenti è stato guidato dall'annuncio del nuovo chip AI di prossima generazione. [3]
- JPMorgan Chase (JPM): I guadagni record nel quarto trimestre hanno portato a rendimenti elevati. [2]

2.3 Grafici diagnostici e Analisi dei Rendimenti

L'analisi dei rendimenti delle azioni è essenziale per comprendere il comportamento dei titoli nel tempo e per prendere decisioni informate sugli investimenti. In questa relazione, analizziamo i rendimenti dei seguenti titoli: AAPL, BAC, JNJ, JPM, NVDA e PFE. Per ogni titolo, vengono creati grafici diagnostici in tre sezioni (istogramma con kernel density, boxplot, QQ-plot) per valutare la dispersione dei rendimenti, la loro distribuzione e la presenza di outliers.

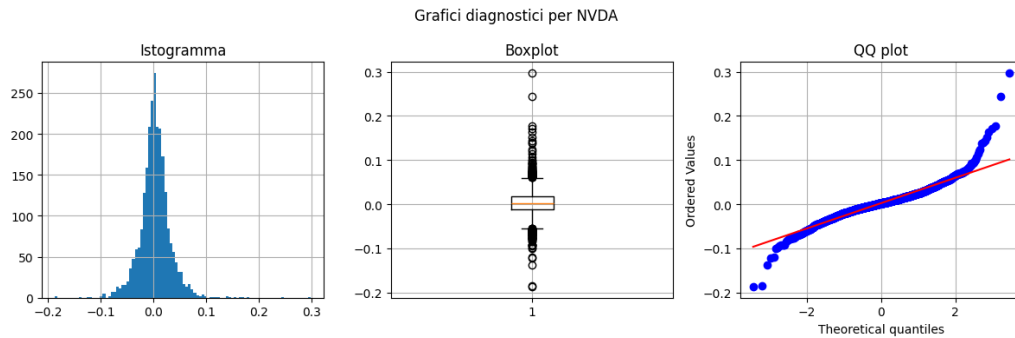
2.3.1 AAPL (Apple Inc.)



- **Istogramma e Kernel Density:** Il grafico mostra una distribuzione simmetrica dei rendimenti, con la maggior parte dei valori concentrati intorno allo zero. La curva di densità kernel sovrapposta indica una forma simile a una distribuzione normale, con leggere code a sinistra e a destra.
- **Boxplot:** Il boxplot di AAPL rivela una dispersione moderata dei rendimenti con alcuni outliers significativi sia nella parte superiore che inferiore. Questo suggerisce la presenza di alcuni giorni con variazioni di prezzo eccezionali.

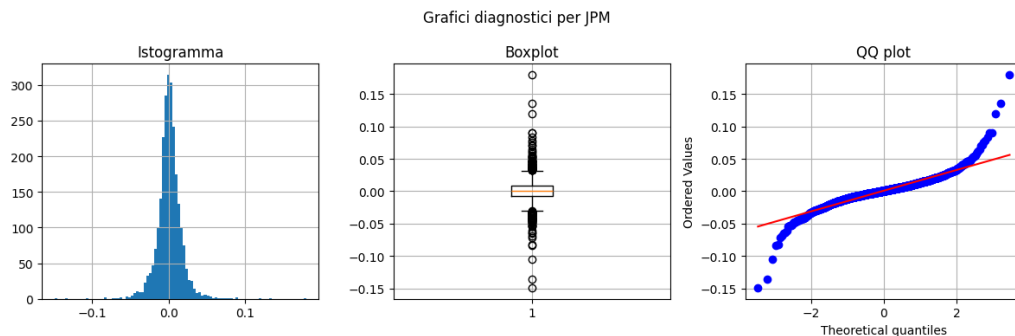
- **QQ-plot:** Il QQ-plot mostra una buona aderenza alla linea di normalità nella parte centrale della distribuzione, ma si discosta notevolmente alle estremità. Questo indica che i rendimenti di AAPL non seguono una distribuzione normale perfetta, con presenza di code pesanti.

2.3.2 NVDA (NVIDIA Corporation)



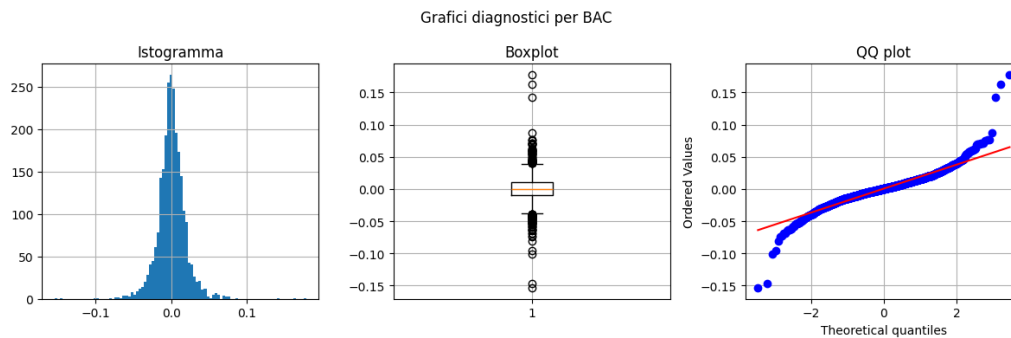
- **Istogramma e Kernel Density:** La distribuzione dei rendimenti di NVDA è più larga con code lunghe, indicando alta variabilità. La densità kernel conferma la presenza di una distribuzione con code pesanti.
- **Boxplot:** Il boxplot di NVDA mostra una significativa dispersione con numerosi outliers, specialmente nella parte superiore. Questo suggerisce che NVDA ha sperimentato numerosi giorni con variazioni di prezzo estreme.
- **QQ-plot:** Il QQ-plot di NVDA mostra una significativa deviazione dalla normalità, specialmente alle estremità. Questo indica la presenza di code molto pesanti e alta volatilità.

2.3.3 JPM (JPMorgan Chase & Co.)



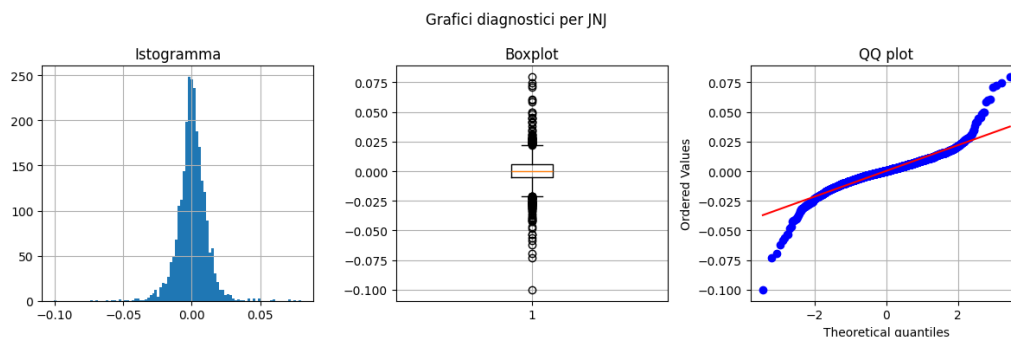
- **Istogramma e Kernel Density:** La distribuzione dei rendimenti di JPM è più stretta e alta, indicando una variabilità ridotta. La densità kernel è vicina alla distribuzione normale.
- **Boxplot:** Il boxplot di JPM mostra una dispersione contenuta, con pochi outliers. Questo suggerisce che JPM ha avuto variazioni di prezzo relativamente stabili.
- **QQ-plot:** Il QQ-plot mostra una buona aderenza alla linea di normalità, con poche deviazioni alle estremità. La distribuzione è quindi vicina alla normalità.

2.3.4 BAC (Bank of America Corp.)



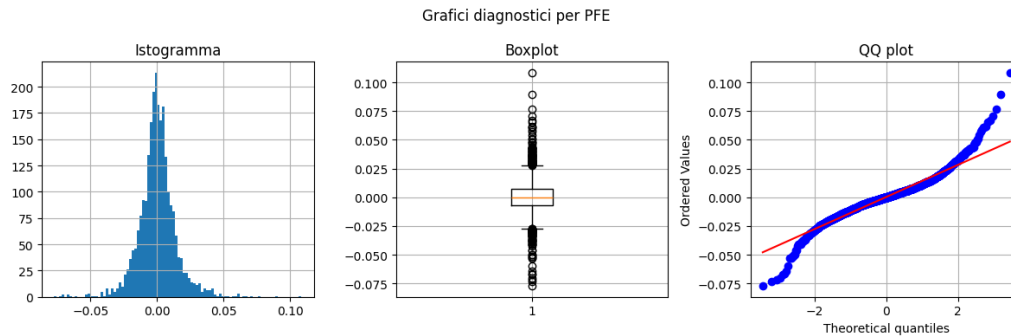
- **Istogramma e Kernel Density:** La distribuzione dei rendimenti di BAC appare più larga e piatta rispetto ad AAPL, indicando una maggiore variabilità. La curva di densità kernel è vicina a quella di una distribuzione normale.
- **Boxplot:** Il boxplot per BAC mostra una dispersione maggiore rispetto ad AAPL, con numerosi outliers, soprattutto nella parte inferiore. Questo suggerisce che BAC ha sperimentato giorni con variazioni di prezzo più estreme.
- **QQ-plot:** Anche in questo caso, il QQ-plot mostra che la parte centrale dei rendimenti segue una distribuzione normale, ma con deviazioni significative alle estremità, indicando code pesanti.

2.3.5 JNJ (Johnson & Johnson)



- **Istogramma e Kernel Density:** La distribuzione dei rendimenti di JNJ è simile a quella di AAPL, con una forma simmetrica e code leggere. La densità kernel indica una distribuzione vicina alla normalità.
- **Boxplot:** Il boxplot di JNJ mostra una dispersione minore rispetto a BAC, con meno outliers. Questo suggerisce che JNJ ha sperimentato variazioni di prezzo meno estreme.
- **QQ-plot:** Il QQ-plot di JNJ è abbastanza vicino alla linea di normalità, con alcune deviazioni alle estremità. Anche in questo caso, le code pesanti sono presenti ma meno pronunciate rispetto a BAC.

2.3.6 PFE (Pfizer Inc.)



- **Istogramma e Kernel Density:** La distribuzione dei rendimenti di PFE è simile a quella di JNJ, con una forma simmetrica e code leggere. La densità kernel è vicina alla distribuzione normale.
- **Boxplot:** Il boxplot di PFE mostra una dispersione moderata con alcuni outliers, suggerendo variazioni di prezzo relativamente stabili con alcune eccezioni.
- **QQ-plot:** Il QQ-plot di PFE mostra una buona aderenza alla normalità, con alcune deviazioni alle estremità. La distribuzione è quindi vicina alla normalità.

2.3.7 Commenti Generali

- **Dispersione dei Rendimenti:** NVDA mostra la maggiore dispersione dei rendimenti con numerosi outliers, mentre JPM ha la dispersione più contenuta. Questo suggerisce che NVDA è il titolo più volatile tra quelli analizzati.
- **Distribuzione dei Rendimenti:** Nessuna delle serie di rendimenti segue perfettamente una distribuzione normale. Tuttavia, AAPL, JNJ e PFE sono più vicini alla normalità rispetto a BAC, NVDA e JPM.
- **Outliers:** Tutti i titoli mostrano la presenza di outliers. NVDA e BAC hanno il maggior numero di outliers, indicando giorni con variazioni di prezzo estremamente alte o basse.

2.4 Statistiche descrittive univariate

Di seguito, analizzeremo le statistiche descrittive univariate per ciascun titolo nel nostro dataset, considerando i parametri di media, varianza, deviazione standard, asimmetria e curtosi.

Ticker	Mean	Variance	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis
AAPL	0.001060	0.000318	0.017841	-0.018284	5.347802
BAC	0.000637	0.000379	0.019474	0.282624	10.075068
JNJ	0.000313	0.000129	0.011374	-0.175336	9.342203
JPM	0.000764	0.000288	0.016972	0.297476	14.082752
NVDA	0.002629	0.000889	0.029824	0.689948	9.250438
PFE	0.000255	0.000207	0.014380	0.303753	5.301875

2.4.1 Commenti sulle statistiche

Per quanto riguarda i rendimenti medi giornalieri, NVDA si distingue con il valore più alto, pari a 0.002629. Questo suggerisce che NVIDIA ha avuto la performance più forte rispetto agli altri titoli analizzati. Al contrario, PFE presenta il rendimento medio giornaliero più basso, pari a 0.000255, indicando una performance inferiore rispetto agli altri titoli.

Analizzando la deviazione standard, che misura la volatilità dei rendimenti, NVDA emerge nuovamente con il valore più alto, pari a 0.029824. Ciò indica che i rendimenti di NVIDIA sono i più volatili tra i titoli considerati, suggerendo maggiori oscillazioni nei rendimenti giornalieri. Dall'altra parte, JNJ ha la deviazione standard più bassa, pari a 0.011374, suggerendo che i suoi rendimenti sono più stabili nel tempo.

Osservando l'evoluzione dei rendimenti e della volatilità nel tempo, si nota che le medie dei rendimenti variano tra i titoli, con NVDA che mostra la crescita più significativa e PFE la meno significativa. La volatilità, rappresentata dalla deviazione standard, è più alta per NVDA, mentre JNJ presenta la volatilità più bassa, indicando una maggiore stabilità nel prezzo delle sue azioni. Queste osservazioni possono essere ulteriormente confermate dai grafici temporali forniti, che mostrano le fluttuazioni dei rendimenti nel periodo considerato.

Per quanto riguarda la distribuzione dei rendimenti, AAPL è il titolo che presenta la distribuzione più vicina alla normale. Nonostante nessuna delle distribuzioni dei rendimenti sia perfettamente normale, AAPL presenta un'asimmetria di -0.018284 e una curtosi di 5.347802, relativamente vicine ai valori di una distribuzione normale (asimmetria 0, curtosi 3). Al contrario, JPM ha la distribuzione dei rendimenti più lontana dalla normalità, con una curtosi molto alta di 14.082752, indicando una distribuzione con code pesanti e quindi una maggiore probabilità di rendimenti estremi rispetto a una distribuzione normale.

2.4.2 Conclusioni

In sintesi, NVDA è il titolo con il rendimento medio più alto e la maggiore volatilità, suggerendo potenziali alti guadagni ma anche rischi elevati. PFE ha il rendimento medio più basso e una volatilità moderata. JNJ mostra la volatilità più bassa, rendendolo un'opzione più stabile per gli investitori avversi al rischio. JPM presenta la distribuzione dei rendimenti più lontana dalla normalità, implicando una maggiore frequenza di eventi estremi nei rendimenti.

Queste osservazioni sono cruciali per gli investitori, poiché offrono un quadro chiaro dei rischi e delle potenzialità di rendimento associati a ciascun titolo.

2.5 Matrice di varianze e covarianze

Questa matrice mostra la varianza di ogni titolo lungo la diagonale principale e la covarianza tra ogni coppia di titoli nelle altre posizioni. Le varianze indicano la volatilità di ciascun titolo, mentre le covarianze mostrano quanto i rendimenti di due titoli variano insieme.

Ticker	AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
AAPL	0.000318	0.000146	0.000074	0.000131	0.000289	0.000079
BAC	0.000146	0.000379	0.000083	0.000296	0.000197	0.000098
JNJ	0.000074	0.000083	0.000129	0.000080	0.000069	0.000086
JPM	0.000131	0.000296	0.000080	0.000288	0.000175	0.000093
NVDA	0.000289	0.000197	0.000069	0.000175	0.000889	0.000080
PFE	0.000079	0.000098	0.000086	0.000093	0.000080	0.000207

La matrice di varianze e covarianze fornisce un quadro dettagliato delle relazioni e delle fluttuazioni tra i rendimenti dei diversi titoli. Non si limita a indicare semplicemente quanto i rendimenti di ciascun titolo possano variare attorno alla loro media, ma anche come tali rendimenti si muovono insieme nel tempo.

Per quanto riguarda le varianze, che rappresentano la misura della dispersione dei rendimenti di ciascun titolo, possiamo osservare che NVIDIA (NVDA) ha la varianza più alta, indicando una maggiore volatilità nei suoi rendimenti. Al contrario, Johnson & Johnson (JNJ) ha la varianza più bassa, suggerendo una maggiore stabilità nelle sue performance nel periodo considerato.

Oltre alle varianze, le covarianze all'interno della matrice mostrano il grado di movimento comune tra i rendimenti di due titoli. Ad esempio, Bank of America (BAC) e JPMorgan Chase (JPM) presentano una covarianza relativamente alta, suggerendo che i loro rendimenti tendono a muoversi insieme, probabilmente a causa della loro comune esposizione nel settore bancario. Al contrario, NVIDIA (NVDA) e Pfizer (PFE) mostrano una covarianza più bassa, indicando che i loro rendimenti non sono strettamente correlati e si muovono in modo meno sincronizzato, probabilmente a causa delle differenze nei loro settori di attività.

In sintesi, l'analisi della matrice di varianze e covarianze è cruciale per la gestione del rischio e la diversificazione del portafoglio. Identifica i titoli con maggiore volatilità (come NVIDIA) e quelli con una maggiore correlazione dei rendimenti (come BAC e JPM), fornendo indicazioni utili per costruire un portafoglio più stabile e ben diversificato. Questa comprensione consente agli investitori di combinare titoli con basse covarianze per ridurre la volatilità complessiva del portafoglio, migliorando così il profilo di rischio-rendimento complessivo delle loro strategie di investimento.

2.6 Matrice di Correlazione

La matrice di correlazione ci offre informazioni più intuitive rispetto alla matrice di varianze e covarianze. Mostra la forza e la direzione della relazione lineare tra i rendimenti di ogni coppia di titoli.

Ticker	AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
AAPL	0.000318	0.000146	0.000074	0.000131	0.000289	0.000079
BAC	0.000146	0.000379	0.000083	0.000296	0.000197	0.000098
JNJ	0.000074	0.000083	0.000129	0.000080	0.000069	0.000086
JPM	0.000131	0.000296	0.000080	0.000288	0.000175	0.000093
NVDA	0.000289	0.000197	0.000069	0.000175	0.000889	0.000080
PFE	0.000079	0.000098	0.000086	0.000093	0.000080	0.000207

Nel contesto dell'analisi basata sulla matrice di correlazione tra i rendimenti dei titoli, possiamo esaminare come alcuni di essi tendano a muoversi in maniera simile mentre altri mostrano comportamenti più indipendenti.

Per esempio, quando confrontiamo i rendimenti di vari titoli, possiamo osservare che alcuni di essi sono più strettamente correlati rispetto ad altri. Bank of America (BAC) e JPMorgan Chase (JPM), entrambi nel settore bancario e finanziario, mostrano una correlazione particolarmente alta. Questo significa che i loro prezzi tendono a rispondere in modo simile agli stessi eventi di mercato. Quando uno dei due subisce un cambiamento significativo, è probabile che anche l'altro segua una tendenza simile, riflettendo la loro forte interconnessione nel contesto economico e di mercato.

D'altra parte, titoli come NVIDIA (NVDA) e Pfizer (PFE) mostrano una correlazione molto più

bassa. Questo indica che i loro rendimenti non sono strettamente legati e che i movimenti di prezzo di uno non influenzano necessariamente l'altro. Questa divergenza può essere attribuita alle differenze nei loro settori operativi - NVIDIA nel settore tecnologico e Pfizer nel settore farmaceutico.

In sintesi, l'analisi della matrice di correlazione rivela che alcuni titoli possono offrire maggiori opportunità di diversificazione rispetto ad altri. La diversificazione è cruciale per la costruzione di un portafoglio bilanciato, in quanto titoli con basse correlazioni possono aiutare a ridurre il rischio complessivo. Movimenti negativi in uno dei titoli non avranno necessariamente lo stesso impatto sugli altri, contribuendo così a stabilizzare i rendimenti complessivi del portafoglio e migliorando la gestione del rischio per gli investitori.

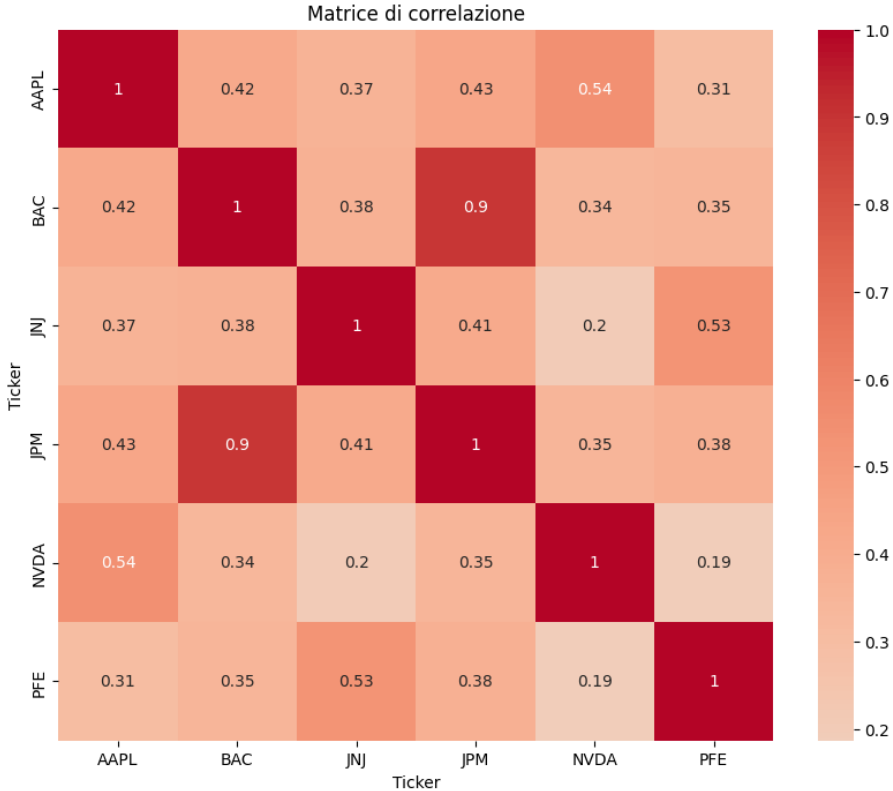
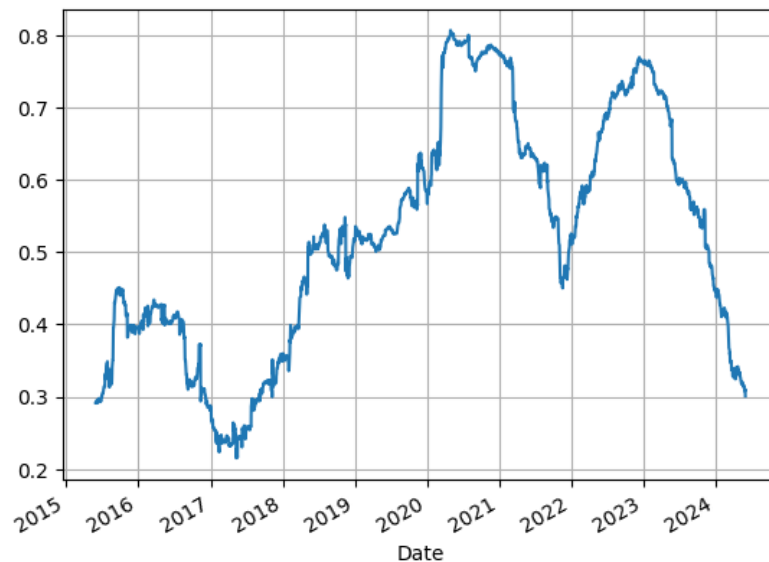


Figure 2.2: Heatmap della matrice di correlazione

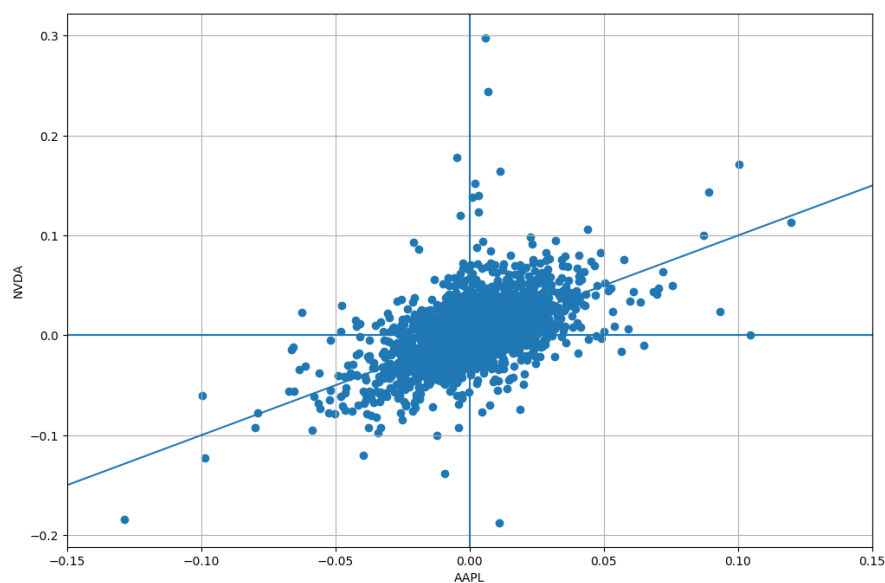
2.7 Grafico dell'andamento delle correlazioni e Scatter plots

2.7.1 Settore Tecnologia

La correlazione tra Apple (AAPL) e NVIDIA (NVDA) mostra una tendenza a fluttuare, con picchi di alta correlazione attorno al 2020 e 2021. Questo può essere attribuito a eventi macroeconomici o a sviluppi tecnologici che hanno influenzato entrambe le aziende in modo simile. Tuttavia, la correlazione diminuisce verso la fine del periodo analizzato, suggerendo che i due titoli hanno iniziato a rispondere in modo diverso agli eventi di mercato recenti.



Il grafico di dispersione mostra una relazione positiva tra i rendimenti di AAPL e NVDA. La maggior parte dei punti si allinea lungo una linea retta, confermando una correlazione positiva. Tuttavia, ci sono alcuni outlier, indicando momenti in cui i rendimenti dei due titoli non si sono mossi in sincronia. Questo supporta l'idea di una relazione lineare ma non perfetta tra i rendimenti di Apple e NVIDIA.

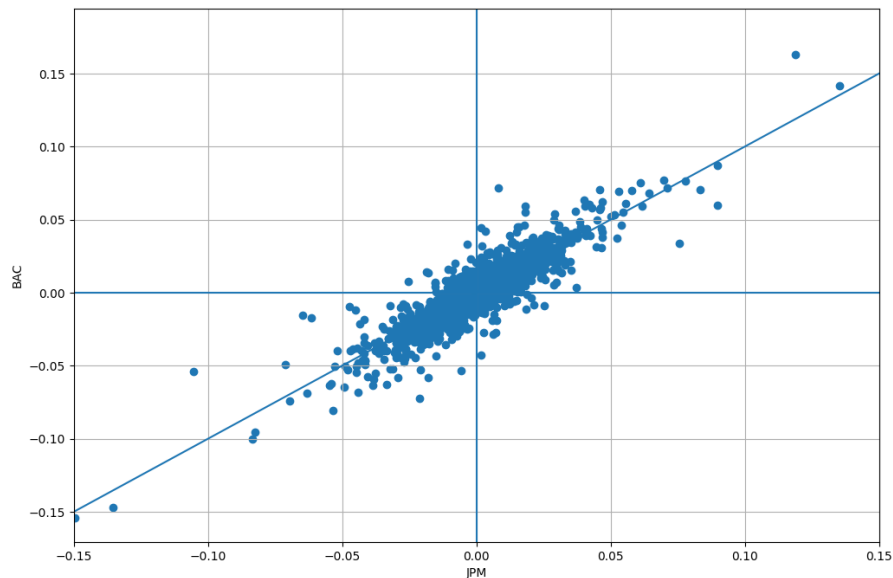


2.7.2 Settore Finanziario

La correlazione tra Bank of America (BAC) e JPMorgan Chase (JPM) è molto alta per la maggior parte del periodo analizzato, con valori spesso superiori a 0.8. Questa alta correlazione riflette la natura simile delle due aziende, entrambe operanti nel settore bancario e finanziario, che rispondono in modo simile agli stessi eventi macroeconomici.

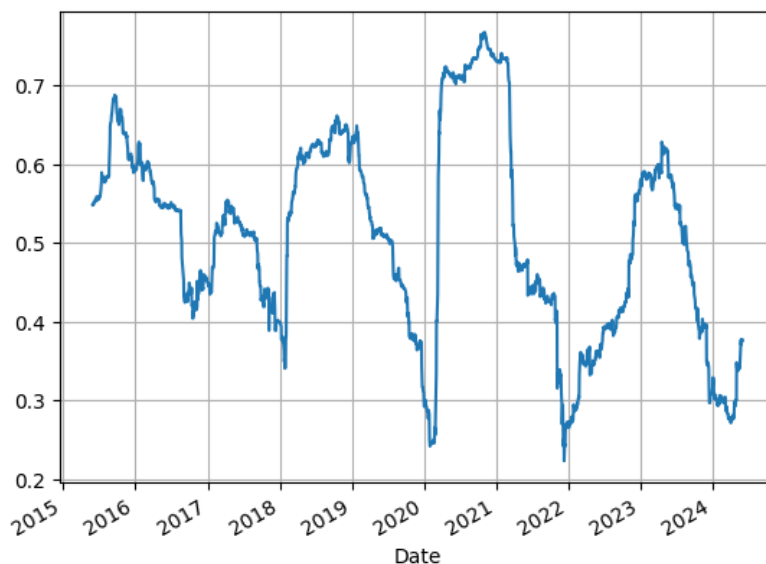


Il grafico di dispersione mostra una stretta relazione lineare tra i rendimenti di BAC e JPM. La maggior parte dei punti si raggruppa lungo una linea retta ben definita, confermando una forte correlazione positiva. Questo suggerisce che i rendimenti di Bank of America e JPMorgan Chase si muovono in stretta sincronia.

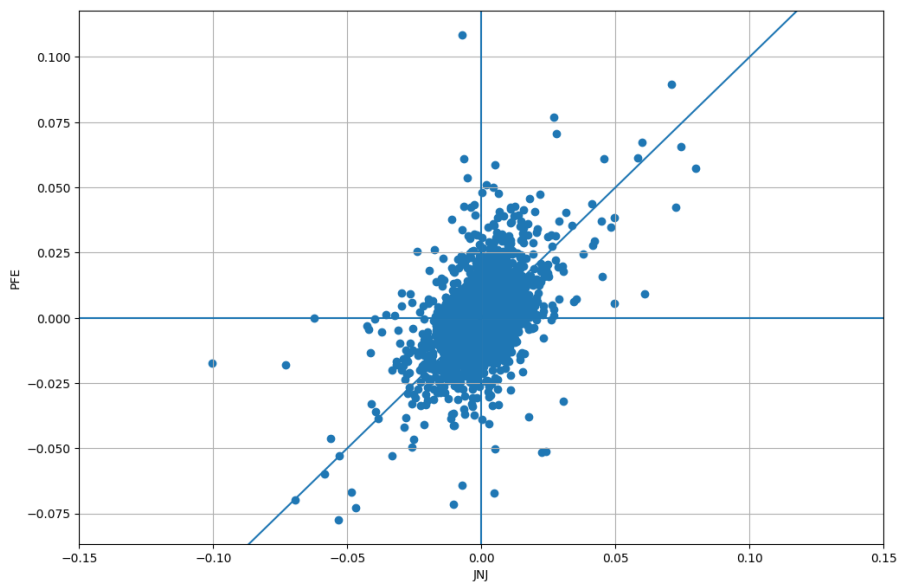


2.7.3 Settore Salute

La correlazione tra Johnson & Johnson (JNJ) e Pfizer (PFE) mostra maggiore variabilità rispetto agli altri settori. I valori di correlazione fluttuano notevolmente, indicando che i due titoli rispondono diversamente agli eventi di mercato in diversi periodi. Questo può riflettere le differenti aree di specializzazione e i vari fattori che influenzano le loro performance.



Il grafico di dispersione mostra una correlazione meno definita tra i rendimenti di JNJ e PFE rispetto agli altri settori. Sebbene esista una tendenza generale positiva, la dispersione dei punti è maggiore, indicando che ci sono periodi in cui i rendimenti dei due titoli non si muovono in sincronia.



2.7.4 Conclusioni

Osservando i grafici delle correlazioni nel tempo, notiamo che i rapporti tra le azioni tendono a fluttuare, riflettendo le condizioni mutevoli del mercato e le specifiche circostanze economiche e settoriali. La correlazione tra AAPL e NVDA, per esempio, mostra periodi di alta correlazione, indicando che queste azioni tendono a muoversi insieme durante certi periodi di mercato. Al contrario, la correlazione tra JPM e BAC è stata più costantemente elevata, il che è prevedibile considerando che entrambi i titoli appartengono allo stesso settore bancario.

La correlazione tra le azioni può variare significativamente nel tempo a causa di vari fattori. Questi includono cambiamenti nelle condizioni economiche, eventi specifici aziendali, politiche monetarie, e altre influenze esterne come crisi finanziarie o periodi di crescita economica. Nei grafici temporali, vediamo che la correlazione tra JPM e BAC è rimasta relativamente alta ma ha mostrato un calo significativo verso la fine del periodo, probabilmente a causa di eventi specifici nel settore bancario. La correlazione tra AAPL e NVDA è aumentata significativamente tra il 2018 e il 2021, probabilmente a causa della crescente importanza della tecnologia nel mercato durante quel periodo.

Le correlazioni tendono a variare anche in funzione dei rendimenti delle azioni. In periodi di alta volatilità del mercato, le correlazioni tra i titoli spesso aumentano, poiché gli investitori tendono a reagire agli stessi fattori macroeconomici. Gli scatter plot mostrano chiaramente come i rendimenti di JPM e BAC siano strettamente correlati, con una nuvola di punti che si dispone lungo una linea retta, confermando una relazione lineare forte. Al contrario, gli scatter plot tra JNJ e PFE mostrano una dispersione maggiore, indicando una correlazione più debole.

Gli scatter plot tra le coppie di azioni forniscono un'indicazione visiva della forza della relazione lineare tra i rendimenti. Nel caso di JPM e BAC, la dispersione dei punti è minima lungo la linea di regressione, confermando una forte relazione lineare. Questo è ulteriormente supportato dalla correlazione elevata tra i due titoli. Invece, per JNJ e PFE, la dispersione dei punti è più ampia, suggerendo che mentre esiste una relazione, essa non è così forte o lineare come per altre coppie di titoli. Questo è in linea con la correlazione più bassa osservata tra questi titoli.

Capitolo 3

Analisi di previsione

3.1 Introduzione e Obiettivi

L'obiettivo principale di questa analisi è sviluppare un modello di previsione accurato per i prezzi di vari strumenti finanziari. La capacità di prevedere i prezzi futuri è fondamentale per prendere decisioni informate riguardo agli investimenti, alla gestione del rischio e alla pianificazione finanziaria. Attraverso la previsione dei prezzi, gli investitori possono identificare tendenze di mercato, ottimizzare il timing degli investimenti e migliorare la performance del portafoglio.

Per raggiungere questo obiettivo, utilizzeremo il modello SARIMAX (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous factors). Il modello SARIMAX è una variante avanzata del modello ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), che include componenti stagionali e può incorporare variabili esogene. Il modello ARIMA è ampiamente utilizzato per l'analisi delle serie temporali grazie alla sua capacità di catturare le dinamiche temporali dei dati, mentre l'estensione SARIMAX permette di gestire le stagionalità e di includere fattori esterni che possono influenzare i prezzi degli strumenti finanziari.

3.2 Suddivisione dei dati

Per realizzare un'analisi di previsione accurata, è fondamentale suddividere il dataset in maniera appropriata. In questo progetto, il dataset è stato suddiviso in tre segmenti distinti: il training set, il validation set e il test set. Questa suddivisione ci consente di addestrare il modello, validarlo e testarlo in modo rigoroso. Ecco come sono stati definiti e utilizzati questi segmenti:

3.2.1 Training Set (80 mesi)

Il training set comprende i primi 80 mesi di dati e rappresenta la porzione di dati utilizzata per addestrare il modello SARIMAX. L'obiettivo principale durante questa fase è permettere al modello di apprendere le caratteristiche intrinseche della serie temporale, come trend, stagionalità e altre dinamiche che influenzano i prezzi o i rendimenti degli strumenti finanziari.

3.2.2 Validation Set (30 mesi)

Il validation set, che comprende i successivi 30 mesi di dati, è utilizzato per la validazione del modello. Durante questa fase, diversi iperparametri del modello vengono ottimizzati attraverso una procedura di grid search per trovare la configurazione che minimizza l'errore di previsione. Questo set di dati aiuta a prevenire l'overfitting, assicurando che il modello non sia troppo adattato ai dati di training.

3.2.3 Test Set (10 mesi)

Il test set, costituito dagli ultimi 10 mesi di dati, viene utilizzato per valutare la performance del modello finale. Questa fase è cruciale per misurare l'accuratezza delle previsioni in un contesto reale, poiché il modello viene testato su dati che non ha mai visto durante le fasi di addestramento e validazione. Le previsioni ottenute su questo set vengono confrontate con i valori effettivi per determinare l'efficacia del modello.

3.2.4 Procedura di suddivisione

Per garantire un'analisi accurata e rigorosa, il dataset è stato suddiviso seguendo una procedura metodica. Il primo passo è stato determinare il numero totale di mesi necessari per l'analisi, che ammonta a 120 mesi, suddivisi in 80 mesi per il training set, 30 mesi per il validation set e 10 mesi per il test set.

Successivamente, ho calcolato il numero medio di giorni per mese. Questo è stato fatto dividendo il numero totale di giorni del dataset per 120. Questo calcolo è essenziale per assicurarsi che ogni segmento contenga la giusta quantità di dati temporali.

Infine, ho effettuato la suddivisione effettiva del dataset basandoci sui calcoli precedenti. I primi 80 mesi di dati sono stati assegnati al training set, i successivi 30 mesi al validation set e gli ultimi 10 mesi al test set. Questa suddivisione garantisce che ogni fase dell'analisi (addestramento, validazione e test) sia effettuata su dati distinti e non sovrapposti, permettendo così di valutare accuratamente le capacità predittive del modello SARIMAX.

3.3 Grid Search per il modello SARIMAX

Nella fase di analisi predittiva, è cruciale selezionare i parametri ottimali per il modello SARIMAX (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous regressors). Il modello SARIMAX è particolarmente adatto per le serie temporali finanziarie perché può catturare sia la stagionalità che le dinamiche a breve e lungo termine.

Logica Dietro la Scelta dei Parametri I parametri del modello SARIMAX si dividono in due gruppi principali:

1. Ordine non stagionale (p, d, q):

- p : numero di termini autoregressivi.
- d : numero di differenziazioni necessarie per rendere la serie stazionaria.
- q : numero di termini della media mobile.

2. Ordine stagionale (P, D, Q, s):

- P : numero di termini autoregressivi stagionali.
- D : numero di differenziazioni stagionali.
- Q : numero di termini della media mobile stagionali.
- s : periodo della stagionalità (ad esempio, $s=12$ per dati mensili con una stagionalità annuale).

L'obiettivo della grid search è di esplorare una combinazione di questi parametri per trovare quella che minimizza l'errore di previsione, specificamente l'errore quadratico medio (MSE).

3.3.1 Implementazione della Grid Search

Ho implementato una funzione di grid search per esplorare le diverse combinazioni dei parametri del modello SARIMAX al fine di individuare quella che minimizza l'errore quadratico medio (MSE). Questo processo è stato strutturato in modo da garantire un'ottimizzazione efficace delle previsioni.

Per iniziare, ho definito i range per i parametri non stagionali p , d , q tra 0 e 2, mentre i periodi stagionali s sono stati specificati come 4, 6 e 12. Questi range sono stati scelti per catturare una varietà di dinamiche temporali e stagionali nei dati.

Successivamente, ho utilizzato la libreria `itertools` per generare tutte le possibili combinazioni di questi parametri. Questo approccio mi ha permesso di esplorare sistematicamente l'intero spazio delle configurazioni potenziali.

Per ogni combinazione di parametri, il modello SARIMAX è stato addestrato sui dati del training set. Ho poi effettuato previsioni sui dati del validation set e calcolato l'errore quadratico medio (MSE) tra le previsioni e i valori reali del validation set. Questo mi ha permesso di quantificare la precisione di ciascuna configurazione del modello.

La combinazione di parametri che ha prodotto il MSE più basso è stata identificata come la migliore. Questa configurazione ottimale è stata poi salvata per uso futuro, permettendoci di evitare ricerche ripetitive e risparmiare tempo computazionale.

L'intero processo è stato progettato per garantire che ogni asset finanziario riceva la configurazione di parametri ottimale, migliorando così l'accuratezza delle previsioni e la robustezza del modello.

3.3.2 Risultati per ogni Asset

Dopo aver implementato la funzione di grid search, ho eseguito la ricerca dei migliori parametri per ciascun asset finanziario. Ogni asset è stato analizzato individualmente per garantire che il modello SARIMAX fosse configurato in modo ottimale. I risultati ottenuti per ciascun asset sono stati i seguenti:

- **AAPL (Apple Inc.)**
Configurazione Ottimale: $(0, 0, 0) \times (1, 1, 0, 6)$ con $RMSE = 23.810$
- **BAC (Bank of America)**
Configurazione Ottimale: $(0, 0, 1) \times (1, 0, 1, 12)$ con $RMSE = 7.152$
- **JNJ (Johnson & Johnson)**
Configurazione Ottimale: $(1, 0, 1) \times (1, 1, 1, 4)$ con $RMSE = 8.031$
- **JPM (JPMorgan Chase & Co.)**
Configurazione Ottimale: $(0, 0, 1) \times (1, 0, 1, 4)$ con $RMSE = 18.352$
- **NVDA (NVIDIA Corporation)**
Configurazione Ottimale: $(1, 0, 0) \times (0, 0, 1, 12)$ con $RMSE = 7.135$
- **PFE (Pfizer Inc.)**
Configurazione Ottimale: $(0, 0, 1) \times (1, 0, 1, 6)$ con $RMSE = 8.509$

3.4 Applicazione dei Modelli Ottimizzati e Analisi dei Risultati

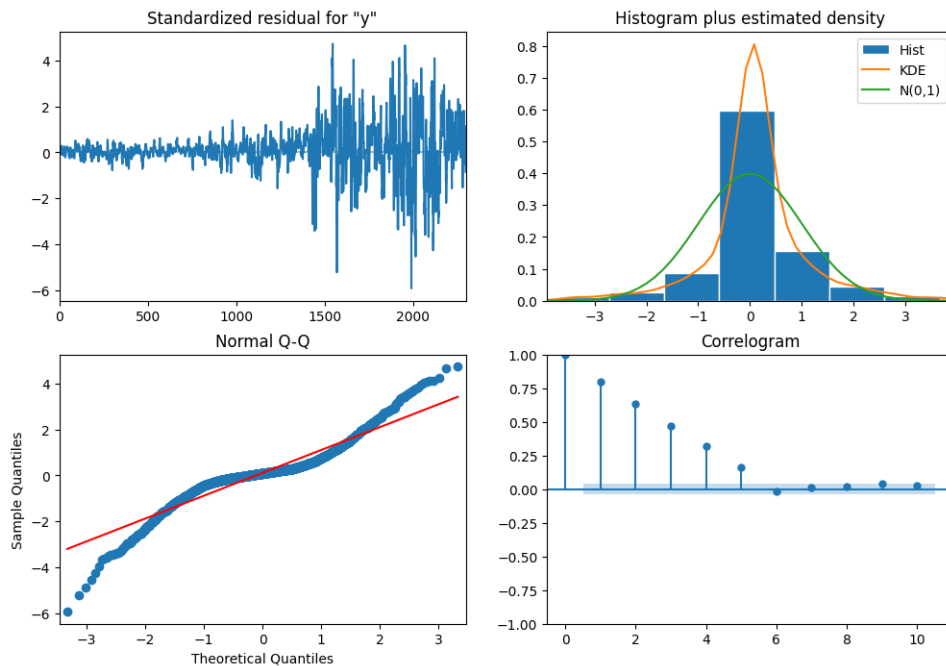
Dopo aver identificato i migliori parametri per ciascun asset attraverso la grid search, ho applicato questi modelli ai dati di training e di validation per ogni titolo. Questo passaggio ha consentito di affinare ulteriormente le previsioni e di valutare le performance dei modelli ottimizzati.

Per ciascun ticker, ho estratto i parametri ottimali salvati in precedenza e li ho utilizzati per addestrare un nuovo modello SARIMAX, combinando i dati di training e di validation. Questa strategia garantisce che il modello abbia accesso a una quantità di dati maggiore, migliorando così la sua capacità predittiva. I modelli risultanti sono stati salvati in un dizionario per un accesso e un'analisi successivi.

Successivamente, ho esaminato i risultati di ciascun modello. Per ogni asset, ho generato un sommario dettagliato del modello e una serie di grafici diagnostici. Questi strumenti forniscono una panoramica approfondita delle performance del modello, evidenziando aspetti quali la qualità dell'adattamento ai dati storici e la presenza di eventuali anomalie o pattern non catturati adeguatamente.

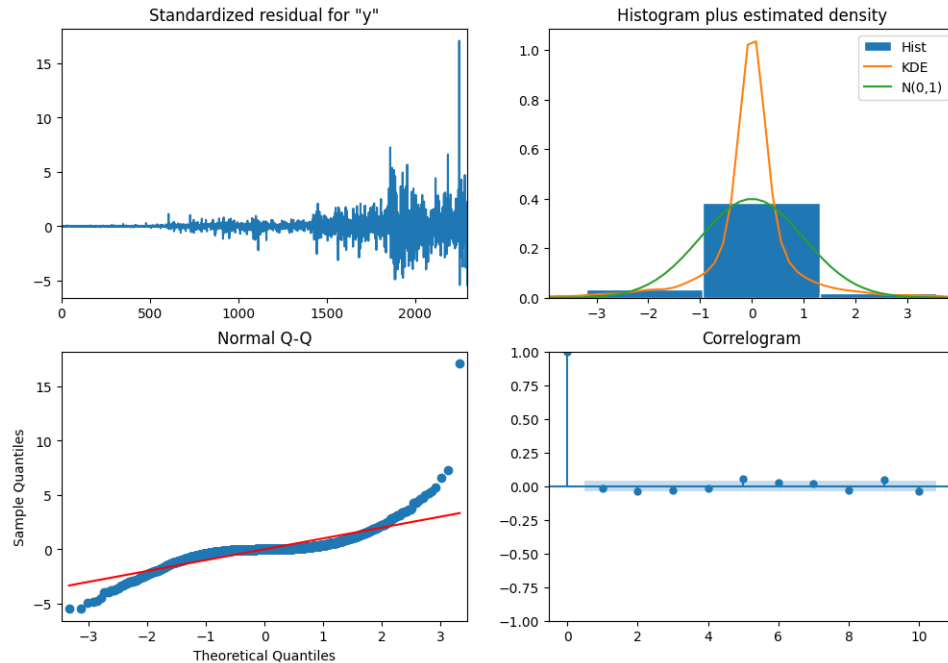
3.4.1 Apple (AAPL)

Il modello per Apple ha mostrato una buona capacità predittiva, come indicato dal basso valore dell'errore quadratico medio. Il sommario del modello e i grafici diagnostici hanno confermato la robustezza delle previsioni, evidenziando un'adeguata cattura delle dinamiche temporali dell'asset.



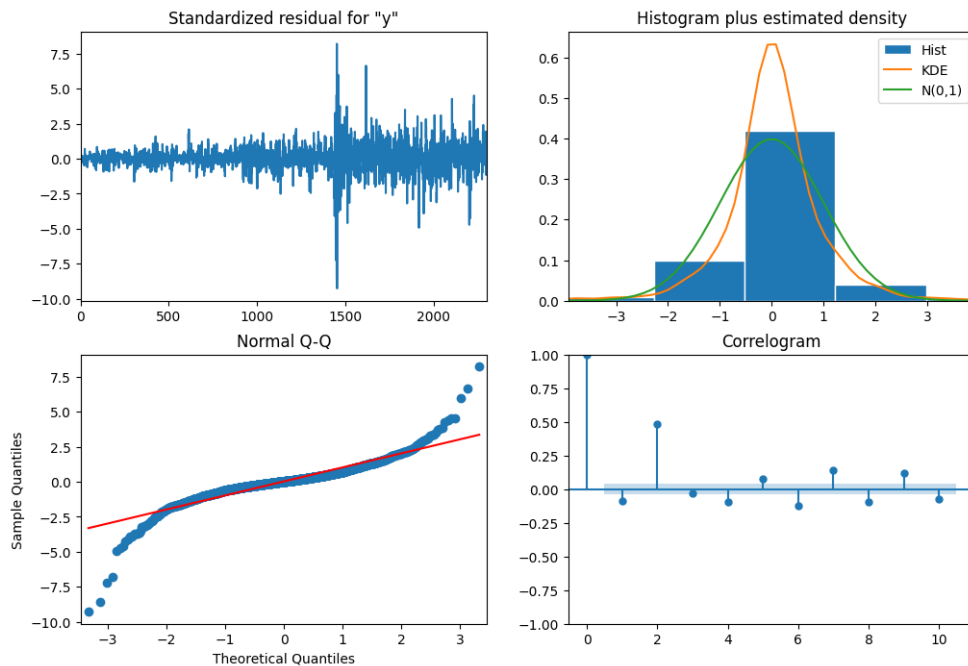
3.4.2 NVIDIA (NVDA)

Anche per NVIDIA, il modello ottimizzato ha mostrato performance solide. I grafici diagnostici hanno suggerito un buon adattamento ai dati storici, con un'accurata previsione dei trend e delle stagionalità.



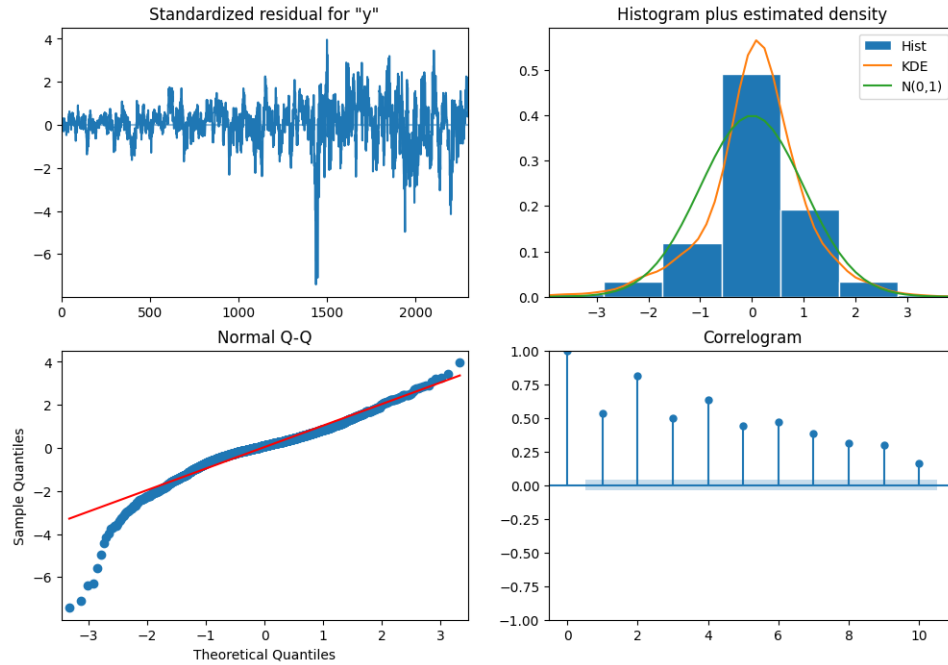
3.4.3 JPMorgan Chase (JPM)

Il modello SARIMAX per JPMorgan ha catturato efficacemente le dinamiche dell'asset, come dimostrato dal sommario del modello e dai grafici diagnostici. L'errore quadratico medio era significativamente basso, indicando previsioni precise.



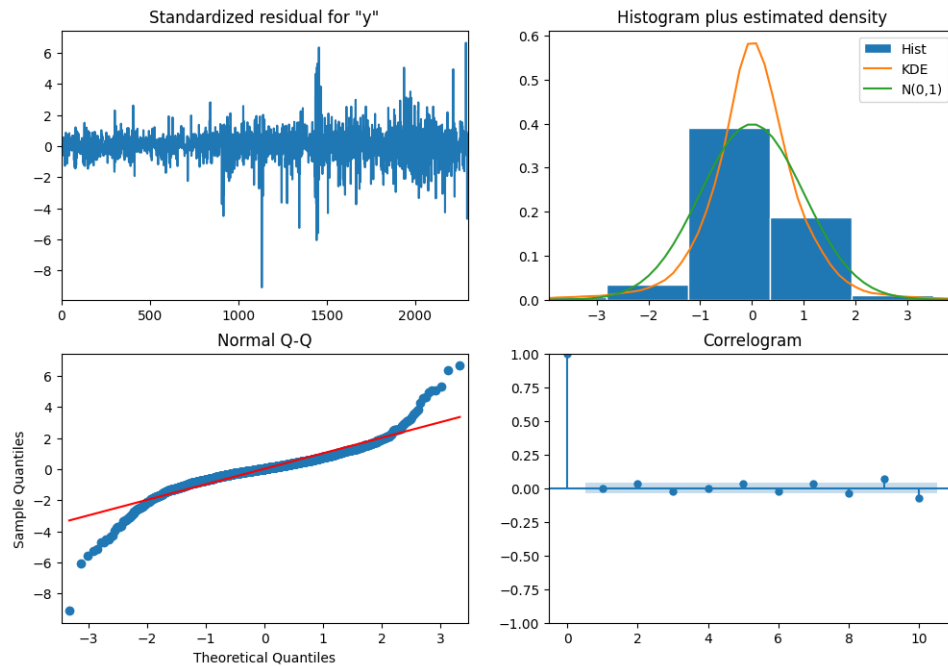
3.4.4 Bank of America (BAC)

Per Bank of America, il modello ha mostrato un buon adattamento ai dati, con una performance soddisfacente come evidenziato dall'AIC e dagli altri indicatori diagnostici.



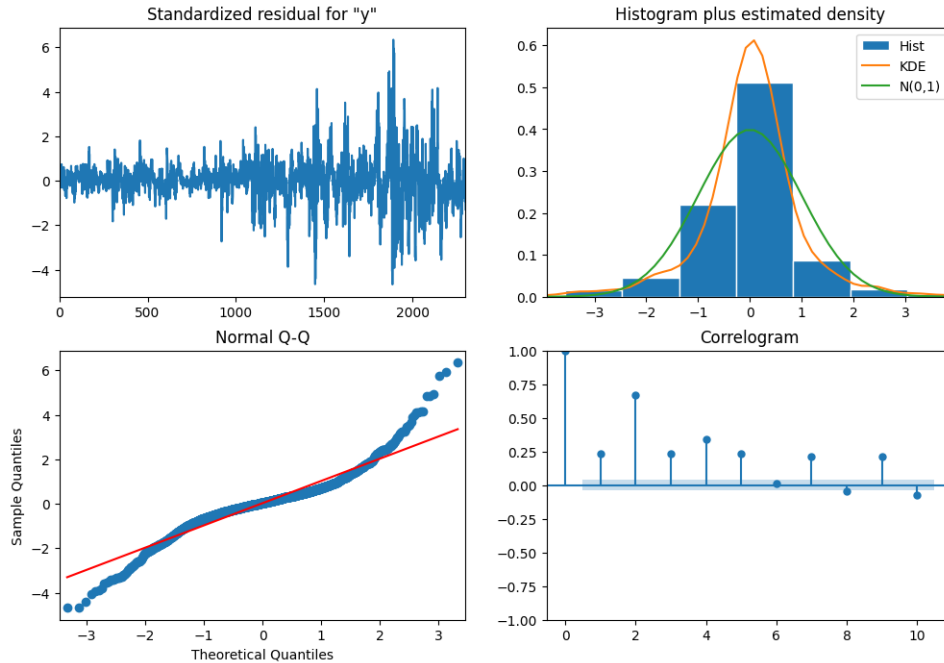
3.4.5 Johnson & Johnson (JNJ)

Il modello per Johnson & Johnson ha catturato bene le tendenze dell'asset, sebbene siano stati rilevati alcuni pattern di autocorrelazione non completamente spiegati dal modello, come indicato dai grafici diagnostici.



3.4.6 Pfizer (PFE)

Infine, il modello per Pfizer ha mostrato una buona capacità di previsione, con un errore quadratico medio ridotto e grafici diagnostici che indicavano un buon adattamento ai dati storici.



3.5 Previsione dei Valori Futuri e Aggiornamento Dinamico del Modello

In questa fase del progetto, ho sviluppato una procedura per generare previsioni sui dati di test e aggiornare dinamicamente i modelli SARIMAX con i nuovi dati man mano che diventavano disponibili. Questo processo mi ha permesso di mantenere i modelli sempre aggiornati, migliorando così la precisione delle previsioni a lungo termine.

Ho iniziato verificando se esistessero già previsioni salvate in precedenza per evitare duplicazioni di lavoro. Se non erano presenti, ho inizializzato una struttura per memorizzare le previsioni per ciascun titolo.

Per ogni ticker, ho utilizzato il modello SARIMAX ottimizzato per generare previsioni giornaliere. Questa operazione è stata eseguita in un ciclo che attraversava i dati di test, prevedendo il valore del giorno successivo e aggiornando il modello con il valore reale una volta che questo diventava disponibile. In altre parole, ho implementato un processo di previsione ad un passo avanti, noto anche come "rolling forecast".

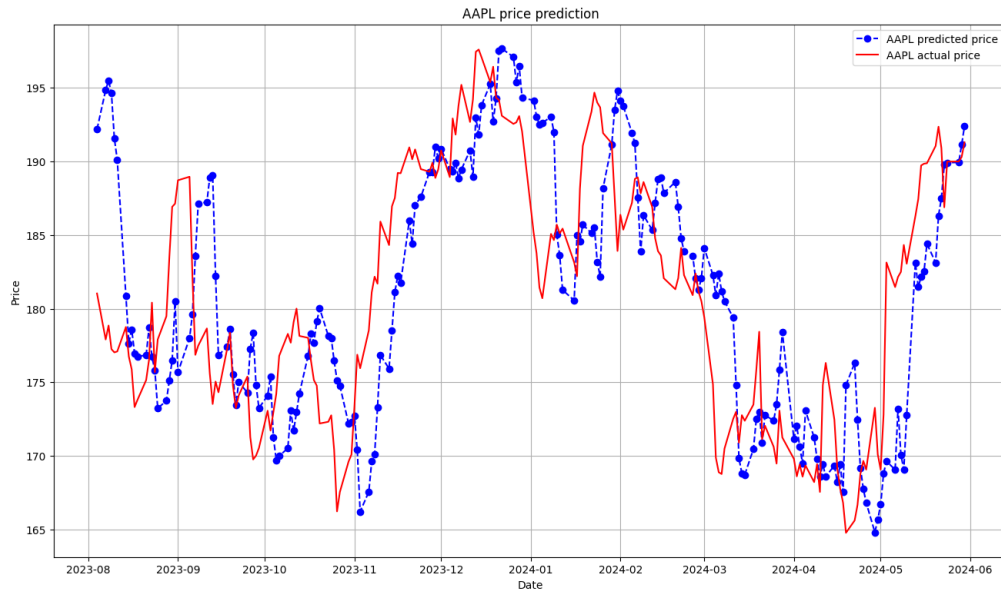
Durante ogni iterazione del ciclo, il valore previsto è stato aggiunto alla lista delle previsioni per il rispettivo ticker. Inoltre, i dati combinati di training e validation sono stati aggiornati con il nuovo dato reale, permettendo al modello di essere rifittato con l'inclusione di questo dato. Questo approccio ha garantito che il modello tenesse conto delle informazioni più recenti, adattandosi continuamente alle nuove condizioni del mercato.

Infine, le previsioni generate sono state salvate in un file JSON per uso futuro. Questo passaggio ha permesso di preservare i risultati ottenuti e di facilitarne l'accesso per eventuali analisi successive o per la presentazione dei risultati.

3.6 Risultati delle Previsioni dei Modelli SARIMAX per Ogni Asset

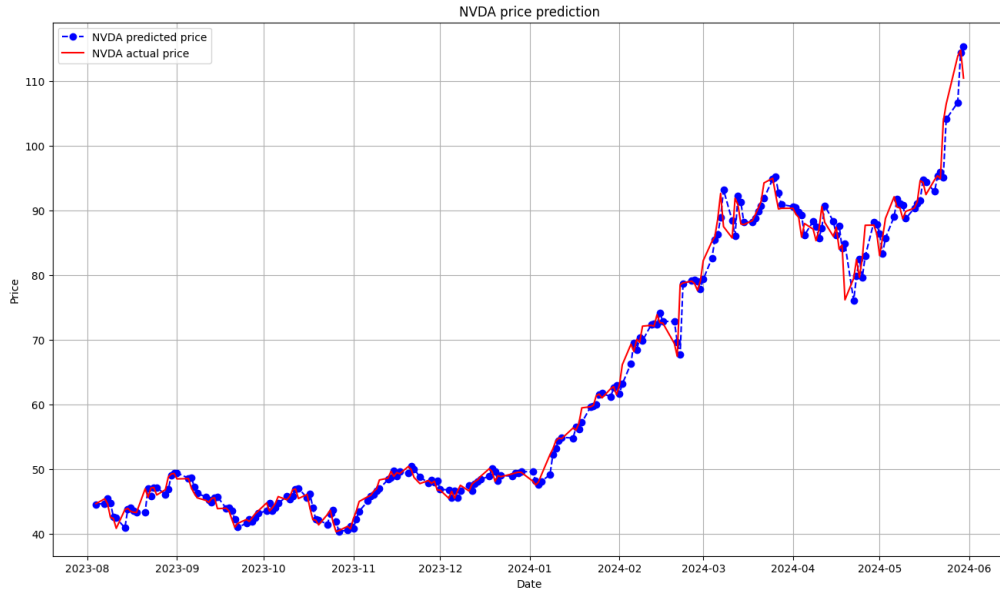
3.6.1 Previsione del Prezzo di AAPL

Il grafico di previsione per AAPL mostra una discreta corrispondenza tra i prezzi previsti e quelli effettivi, anche se ci sono alcune discrepanze visibili. Il modello cattura bene i movimenti generali del mercato, ma tende a mostrare una certa difficoltà nei cambiamenti improvvisi di prezzo. L'errore quadratico medio (MSE) per AAPL è 42.94, mentre l'errore quadratico medio radice (RMSE) è 6.55, indicando una variabilità significativa nelle previsioni rispetto ai valori reali.



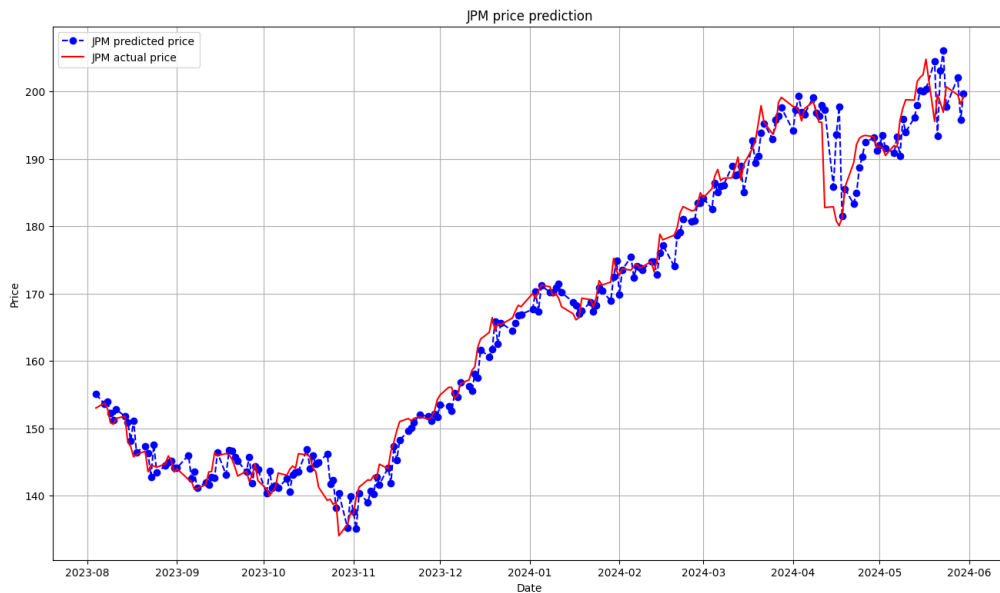
3.6.2 Previsione del Prezzo di NVDA

Per NVDA, il grafico delle previsioni evidenzia una corrispondenza molto stretta tra i prezzi previsti e quelli reali. Questo suggerisce che il modello SARIMAX ha catturato efficacemente la dinamica del prezzo di questo asset. Con un MSE di 4.20 e un RMSE di 2.05, le previsioni per NVDA risultano essere le più accurate tra tutti gli asset analizzati, indicando una bassa variabilità e una buona precisione nelle previsioni.



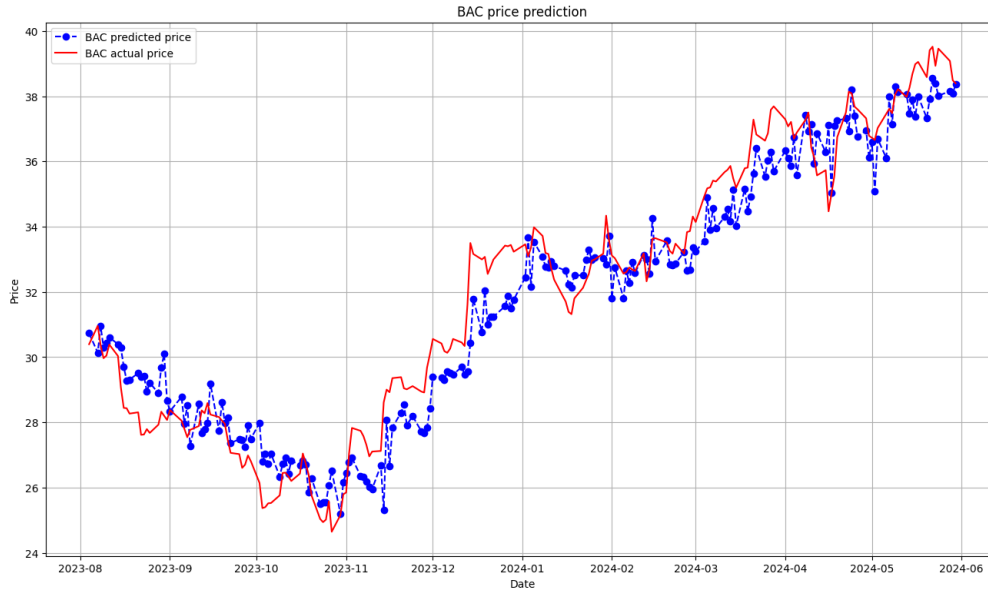
3.6.3 Previsione del Prezzo di JPM

Il modello per JPM mostra una buona corrispondenza con i dati reali, anche se ci sono alcune variazioni che non vengono completamente catturate. Il grafico indica che il modello riesce a seguire i trend principali ma presenta alcune discrepanze in momenti di volatilità elevata. L'MSE per JPM è 9.63 e l'RMSE è 3.10, il che suggerisce che le previsioni sono abbastanza accurate ma potrebbero essere migliorate ulteriormente.



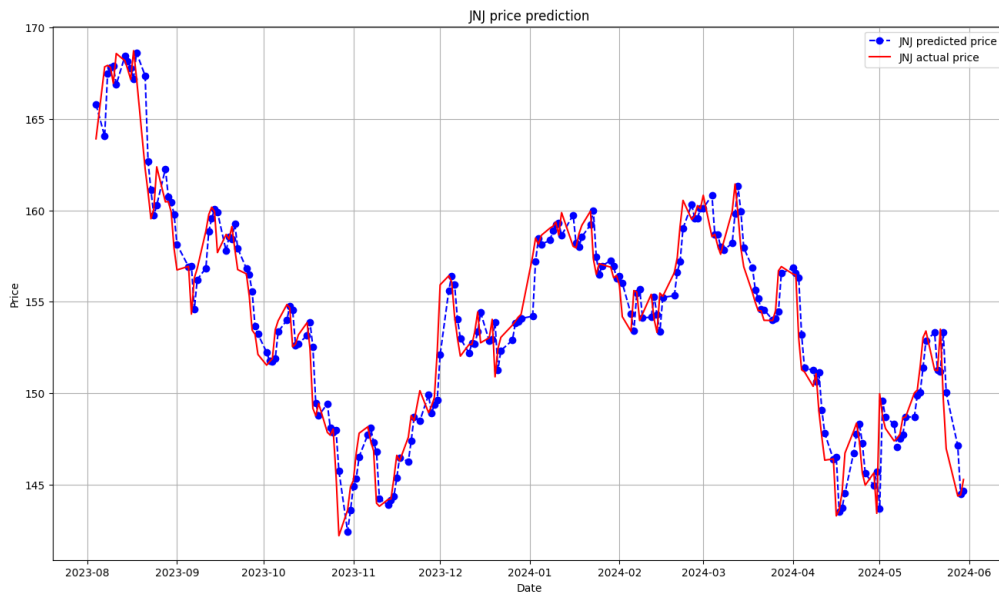
3.6.4 Previsione del Prezzo di BAC

Le previsioni per BAC sono generalmente molto vicine ai valori effettivi, come evidenziato dal grafico. Questo indica che il modello SARIMAX è stato particolarmente efficace nel catturare le dinamiche del prezzo di BAC. Con un MSE di 1.09 e un RMSE di 1.05, il modello mostra una bassa variabilità e una buona precisione nelle previsioni, facendo di BAC uno degli asset con le previsioni più accurate.



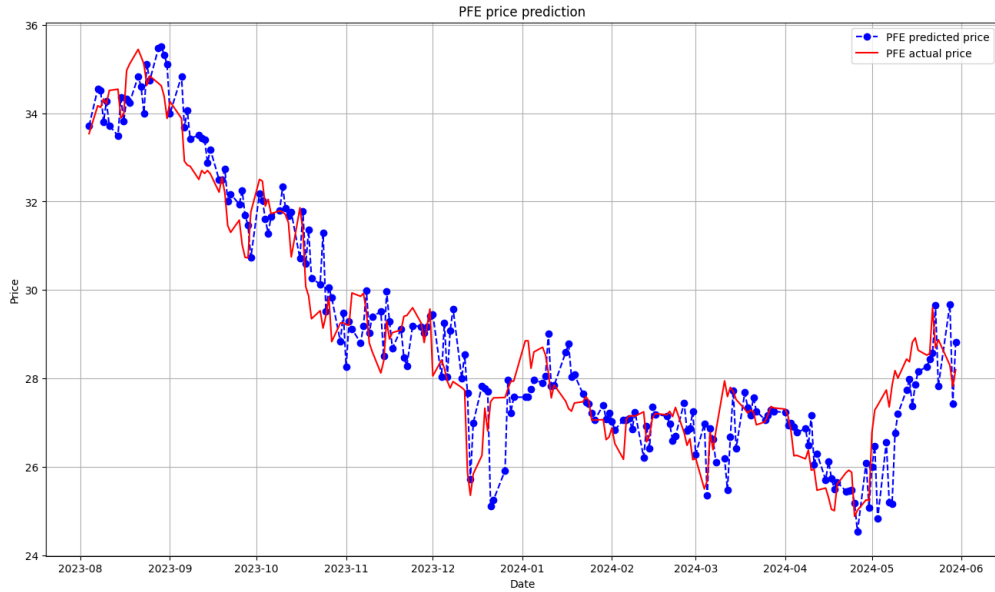
3.6.5 Previsione del Prezzo di JNJ

Per JNJ, il grafico mostra una buona corrispondenza tra i prezzi previsti e quelli effettivi, ma ci sono ancora alcune differenze notevoli. Il modello sembra catturare bene i trend a lungo termine, ma mostra difficoltà nei cambiamenti rapidi di prezzo. L'MSE per JNJ è 2.16 e l'RMSE è 1.47, suggerendo che, sebbene le previsioni siano abbastanza accurate, c'è spazio per miglioramenti, specialmente nei periodi di alta volatilità.



3.6.6 Previsione del Prezzo di PFE

Le previsioni per PFE mostrano una stretta corrispondenza con i prezzi reali, come evidenziato dal grafico. Questo indica che il modello SARIMAX ha catturato efficacemente le dinamiche del prezzo di PFE. Con un MSE di 0.69 e un RMSE di 0.83, il modello mostra la variabilità più bassa e una precisione elevata nelle previsioni, facendo di PFE l'asset con le previsioni più accurate.



3.6.7 Conclusioni

I risultati delle previsioni mostrano una variabilità significativa tra i diversi asset. NVDA e PFE hanno registrato le previsioni più accurate, con valori di MSE e RMSE molto bassi. Al contrario, AAPL ha mostrato una variabilità maggiore nelle previsioni, evidenziando la sfida di prevedere asset con maggiore volatilità. In generale, il modello SARIMAX ha dimostrato una buona capacità di catturare i trend principali dei prezzi, anche se ci sono margini di miglioramento, soprattutto per gli asset con cambiamenti di prezzo più improvvisi. Questi risultati possono essere utilizzati come base per ulteriori ottimizzazioni dei modelli e per esplorare tecniche di previsione alternative che potrebbero migliorare ulteriormente la precisione.

Capitolo 4

Strategie di trading e backtesting

In questa sezione, ho implementato una strategia di trading basata sull'utilizzo delle medie mobili semplici (SMA). La strategia delle medie mobili consiste nel calcolare la media dei prezzi di chiusura di un'azione su due diversi periodi temporali. In particolare, ho utilizzato due medie mobili: una a breve termine (SMA1) e una a lungo termine (SMA2).

L'idea alla base di questa strategia è che i segnali di trading vengano generati quando le due medie mobili si incrociano. Un segnale di acquisto viene generato quando la media mobile a breve termine incrocia al rialzo quella a lungo termine, mentre un segnale di vendita viene generato quando la media mobile a breve termine incrocia al ribasso quella a lungo termine.

L'obiettivo di questa strategia è di capitalizzare sulle tendenze di mercato, acquistando all'inizio di una tendenza rialzista e vendendo all'inizio di una tendenza ribassista. Attraverso il backtesting, ho valutato l'efficacia di questa strategia rispetto a una strategia di "Buy & Hold", che prevede l'acquisto e la detenzione del titolo per l'intero periodo considerato.

4.1 Ottimizzazione dei Parametri e Valutazione della Strategia

Per garantire l'efficacia della strategia delle medie mobili semplici e minimizzare il rischio di overfitting, ho implementato una procedura di tuning dei parametri, suddividendo il dataset in due parti: training e test. Questa suddivisione è stata effettuata per assicurare che i parametri selezionati non siano ottimizzati esclusivamente per i dati storici, ma siano anche efficaci su dati non precedentemente analizzati.

4.1.1 Suddivisione del Dataset

Il dataset è stato diviso in modo che l'80% dei dati costituissero il training set e il restante 20% il test set. Questa suddivisione permette di ottimizzare i parametri sui dati di training e poi verificare le performance della strategia sui dati di test. L'obiettivo è evitare che la strategia sia eccessivamente adattata ai dati storici (overfitting), garantendo così che sia robusta e generalizzabile a dati futuri.

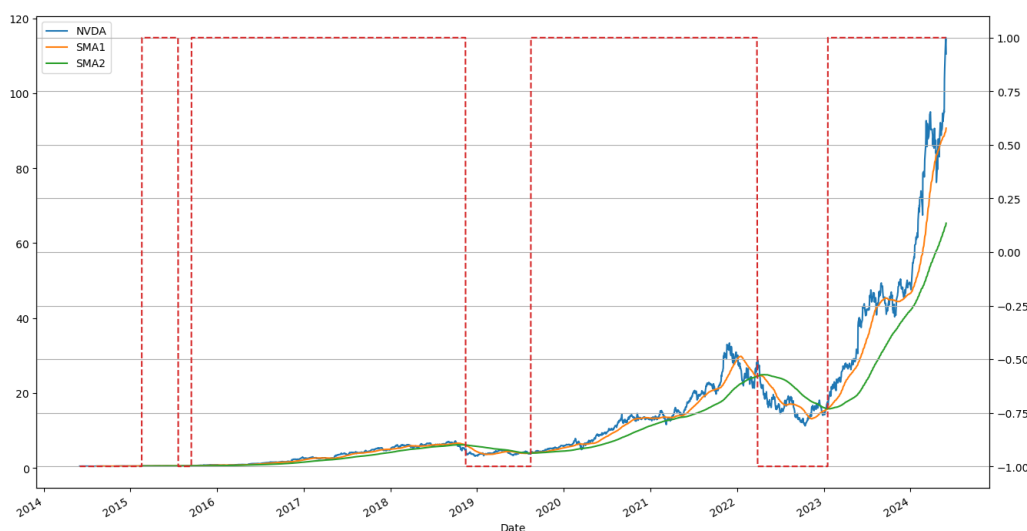
4.1.2 Tuning dei Parametri

Il tuning dei parametri è stato eseguito utilizzando una grid search, esplorando diverse combinazioni di valori per le due medie mobili, SMA1 e SMA2. In particolare, i valori considerati per SMA1 variavano da 20 a 60 giorni, mentre per SMA2 da 180 a 280 giorni. Questa ricerca esaustiva di combinazioni di parametri è stata realizzata per individuare quella che massimizza la performance della strategia sui dati di training.

Per ogni combinazione di SMA1 e SMA2, ho calcolato la performance della strategia sul training set, utilizzando il logaritmo dei rendimenti e la posizione di trading derivata dalle medie mobili. La combinazione che ha mostrato le migliori performance sui dati di training è stata selezionata come la migliore.

4.1.3 Risultati del Tuning

I risultati del tuning hanno indicato che i migliori parametri sono $SMA1 = 52$ e $SMA2 = 182$. Con questa combinazione, la performance della strategia sui dati di training ha raggiunto un valore di 88.91. Successivamente, ho applicato questi parametri ottimizzati al test set per verificare la robustezza della strategia. La performance della strategia sui dati di test è risultata essere 5.02, confermando che i parametri selezionati permettono di ottenere buone performance anche su dati non precedentemente analizzati.



L'immagine generata mostra l'andamento del prezzo di chiusura giornaliero del titolo NVDA insieme alle medie mobili semplici (SMA) calcolate con i migliori parametri trovati durante il processo di tuning. La linea blu rappresenta il prezzo di chiusura giornaliero del titolo, mentre le linee arancioni e verdi rappresentano rispettivamente le medie mobili a breve termine (SMA1) e a lungo termine (SMA2). La linea rossa tratteggiata in sovrapposizione indica la posizione assunta dalla strategia: una linea orizzontale sopra l'asse x (valore 1) indica una posizione lunga (acquisto), mentre una linea orizzontale sotto l'asse x (valore -1) indica una posizione corta (vendita). Questo grafico evidenzia i punti di incrocio delle medie mobili dove avvengono i cambi di posizione, visualizzando così l'attuazione della strategia di trading.

4.2 Misurazione dell'efficienza della strategia rispetto al Buy & Hold

Per valutare l'efficienza della strategia di trading basata sulle medie mobili, ho confrontato i suoi risultati con una semplice strategia Buy & Hold. Quest'ultima consiste nell'acquistare il titolo all'inizio del periodo di analisi e detenerlo fino alla fine, senza effettuare operazioni intermedie.

4.2.1 Metodologia di Confronto

Il confronto tra le due strategie è stato realizzato calcolando e confrontando i rendimenti cumulativi, i rendimenti annualizzati e la volatilità annualizzata di entrambe le strategie.

Per entrambe le strategie, ho calcolato i rendimenti giornalieri come il logaritmo del rapporto tra il prezzo di chiusura di oggi e quello di ieri. La strategia basata sulle medie mobili prevede di detenere il titolo solo quando la posizione è lunga (quando $SMA1 > SMA2$). Pertanto, i rendimenti della strategia sono il prodotto della posizione (1 o -1) per i rendimenti giornalieri. Se la posizione è -1 (indicando una vendita), i rendimenti della strategia sono impostati a zero.

Ho poi tracciato i rendimenti cumulativi delle due strategie su un grafico per confrontare visivamente le performance. Il grafico mostra chiaramente l'andamento dei rendimenti cumulativi per la strategia di trading e per la strategia Buy & Hold, permettendo un confronto immediato.

Successivamente, ho calcolato le principali metriche di performance per entrambe le strategie:

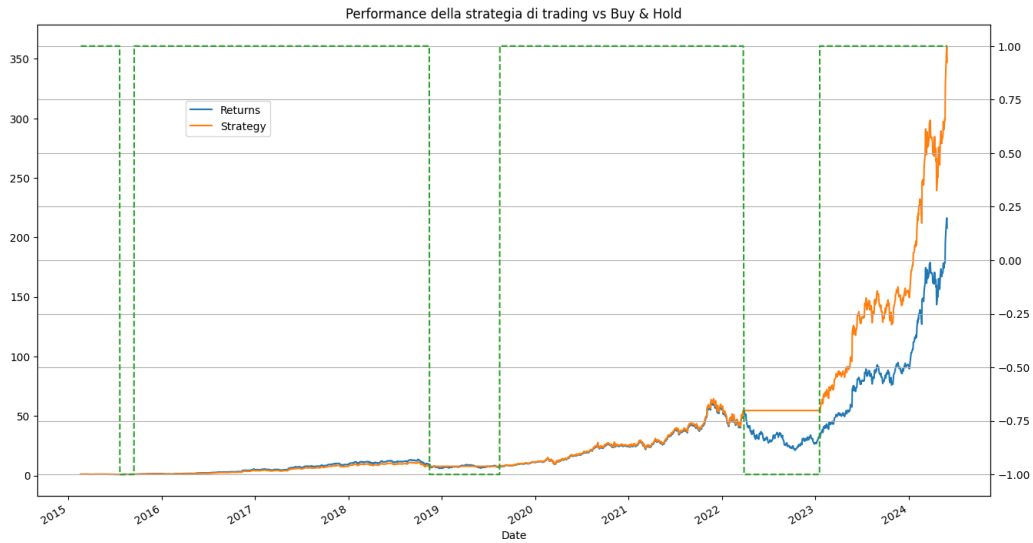
- I **Rendimenti Cumulativi**, che rappresentano la somma dei rendimenti logaritmici nel periodo considerato.
- I **Rendimenti Annualizzati**, ottenuti moltiplicando la media giornaliera dei rendimenti logaritmici per 252, il numero medio di giorni di trading in un anno.
- La **Volatilità Annualizzata**, calcolata moltiplicando la deviazione standard giornaliera dei rendimenti logaritmici per la radice quadrata di 252.

4.2.2 Risultati e Grafico

I risultati delle due strategie sono riportati nella tabella seguente:

Metrica	Buy & Hold	Strategia
Rendimenti Cumulativi	208.08%	347.11%
Rendimenti Annualizzati	77.86%	87.96%
Volatilità Annualizzata	48.13%	41.38%

Dal confronto emerge che la strategia di trading basata sulle medie mobili ha ottenuto rendimenti cumulativi e annualizzati superiori rispetto alla strategia Buy & Hold. Inoltre, la volatilità annualizzata della strategia di trading è risultata inferiore, indicando un rischio minore rispetto alla strategia Buy & Hold.



Questa visualizzazione è essenziale per comprendere l'andamento temporale delle due strategie e come la strategia di trading ha sovraperformato la strategia Buy & Hold nel periodo analizzato.

4.2.3 Conclusioni

I risultati dimostrano che la strategia di trading basata sulle medie mobili è stata in grado di generare rendimenti superiori rispetto al semplice Buy & Hold, riducendo al contempo la volatilità del portafoglio. Ciò suggerisce che l'approccio di trading adottato può offrire un miglior equilibrio tra rischio e rendimento per gli investitori.

Capitolo 5

CAPM

Il Capital Asset Pricing Model (CAPM) è uno strumento fondamentale in finanza per valutare il rendimento atteso di un titolo in funzione del suo rischio sistematico rispetto al mercato. Il modello CAPM viene utilizzato per stimare il rendimento atteso di un titolo considerando il rischio associato a investire in quel titolo rispetto all'intero mercato. Questo viene fatto tramite il calcolo del beta, un parametro che misura la sensibilità del rendimento di un titolo rispetto alle variazioni del mercato. Più precisamente, il beta quantifica quanto il rendimento di un titolo tende a muoversi in relazione alle variazioni del rendimento del mercato.

5.1 Calcolo del beta di ciascun titolo rispetto al mercato

Il primo passo per applicare il Capital Asset Pricing Model (CAPM) è il calcolo del beta di ciascun titolo rispetto al mercato. Il beta è una misura fondamentale del rischio sistematico di un titolo, che rappresenta la sensibilità del rendimento del titolo alle variazioni del rendimento del mercato. Un beta alto indica che il titolo è più volatile rispetto al mercato, mentre un beta basso suggerisce una minore volatilità.

Per iniziare, ho raccolto i dati storici dei prezzi di chiusura aggiustati per l'indice S&P 500, utilizzando il ticker Yahoo Finance ^GSPC. Questo mi ha permesso di ottenere una serie temporale dei prezzi dell'indice per il periodo di interesse. Ho anche ottenuto i prezzi di chiusura giornalieri aggiustati per ciascun titolo in esame.

Una volta ottenuti i dati, ho calcolato i rendimenti giornalieri sia per l'indice S&P 500 che per ciascun titolo. Questo è stato fatto utilizzando la variazione percentuale giornaliera dei prezzi di chiusura aggiustati, che fornisce una misura delle performance giornaliere relative di ciascun titolo e dell'indice di mercato.

Il passo successivo è stato il calcolo della covarianza tra i rendimenti di ciascun titolo e quelli dell'indice S&P 500. La covarianza misura la misura in cui i rendimenti di due variabili si muovono insieme. Parallelamente, ho calcolato la varianza dei rendimenti giornalieri dell'indice S&P 500, che rappresenta la misura della dispersione dei rendimenti dell'indice intorno alla loro media.

Con questi dati, ho calcolato il beta per ciascun titolo. Il beta è stato determinato come il rapporto tra la covarianza dei rendimenti del titolo e del mercato e la varianza dei rendimenti del mercato:

$$\beta = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

In termini semplici, questa formula quantifica quanto il rendimento di un titolo tenda a muoversi

in risposta ai movimenti del mercato.

I risultati dei calcoli dei beta per ciascun titolo sono stati i seguenti:

Ticker	AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
Beta	1.197246	1.240393	0.573976	1.116090	1.693038	0.631233

Questi valori di beta ci forniscono una chiara indicazione della volatilità relativa di ciascun titolo rispetto al mercato. Per esempio, AAPL ha un beta di 1.197, il che significa che il suo rendimento tende a variare dell'1,197% per ogni variazione dell'1% nel rendimento del mercato. NVDA, con un beta di 1.693, è ancora più volatile, mentre JNJ, con un beta di 0.574, è meno volatile rispetto al mercato.

In sintesi, il calcolo del beta per ciascun titolo ci permette di comprendere meglio il livello di rischio sistematico associato a ciascun investimento, fornendo una base solida per ulteriori analisi e decisioni di investimento utilizzando il modello CAPM.

5.2 Calcolo del rendimento atteso annuo del titolo

Dopo aver calcolato i beta per ciascun titolo, il passo successivo è stato quello di determinare il rendimento atteso annuo utilizzando il Capital Asset Pricing Model (CAPM). Questo modello fornisce una stima del rendimento che ci si aspetta da un investimento, tenendo conto del rischio sistematico del titolo.

Il rendimento atteso annuo è calcolato utilizzando la formula del CAPM:

$$\text{Rendimento} = \text{RiskFree} + \beta \times (\text{Rendimento di Mercato} - \text{Rendimento RiskFree})$$

Per applicare questa formula, sono stati necessari tre componenti fondamentali:

1. **Rendimento Privo di Rischio:** Ho utilizzato il rendimento del T-Bill a 1 anno come tasso privo di rischio. Questo tasso rappresenta il rendimento degli investimenti considerati privi di rischio di default, ovvero il rendimento di un investimento sicuro.
2. **Rendimento di Mercato:** Ho stimato il rendimento di mercato annualizzato dell'indice S&P 500. Questa stima è stata ottenuta calcolando il rendimento medio giornaliero dell'indice e annualizzandolo per riflettere il rendimento su base annua. L'indice S&P 500 è stato scelto come rappresentativo del mercato complessivo.
3. **Beta del Titolo:** I beta calcolati nel punto 5a sono stati utilizzati per ciascun titolo. Il beta misura la sensibilità del rendimento del titolo rispetto alle variazioni del rendimento di mercato.

Utilizzando questi parametri, ho applicato la formula del CAPM per calcolare il rendimento atteso annuo di ciascun titolo. I risultati ottenuti sono i seguenti:

Ticker	AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
Expected Return	0.136903	0.139945	0.092953	0.131180	0.171863	0.096991

Questi valori rappresentano il rendimento atteso annuo di ciascun titolo, espresso come percentuale. Ad esempio, per Apple Inc. (AAPL), il rendimento atteso annuo è circa il 13.69%. Questo significa

che, in base al modello CAPM, ci si aspetta che un investimento in azioni Apple produca un rendimento del 13.69% su base annua, tenendo conto del rischio sistematico associato al titolo.

Il rendimento atteso è una componente cruciale per gli investitori, poiché consente di confrontare le aspettative di rendimento tra diversi titoli, considerando il loro rischio relativo. Questa informazione può essere utilizzata per prendere decisioni informate riguardo alla composizione del portafoglio e alla selezione degli investimenti, bilanciando il rischio e il rendimento atteso.

5.3 Calcolo dei parametri del modello Fama-French a tre fattori per ciascun titolo

Come ultima cosa, ho applicato il modello Fama-French a tre fattori per analizzare meglio i rendimenti dei titoli rispetto al solo modello CAPM. Questo modello amplia il CAPM includendo due ulteriori fattori: SMB (Small Minus Big) e HML (High Minus Low), che considerano rispettivamente la dimensione delle aziende e il valore di mercato rispetto al valore contabile.

Il modello Fama-French a tre fattori può essere espresso con la seguente formula:

$$\text{Rendimento Atteso} = \alpha + \beta_{\text{Market}} \cdot \text{Market} + \beta_{\text{SMB}} \cdot \text{SMB} + \beta_{\text{HML}} \cdot \text{HML}$$

Dove:

- **Market** rappresenta il rendimento di mercato al netto del tasso privo di rischio.
- **SMB (Small Minus Big)** rappresenta il premio per il rischio associato alla dimensione dell'azienda.
- **HML (High Minus Low)** rappresenta il premio per il rischio associato al valore dell'azienda.
- **Alpha** è il termine costante, noto anche con il simbolo α , che indica l'eccesso di rendimento non spiegato dai tre fattori.

Di seguito vengono presentati i risultati dettagliati per ciascun titolo analizzato.

5.3.1 Apple Inc. (AAPL)

	Alpha	Market	SMB	HML
AAPL	0.000394	1.176318	-0.295583	-0.40643

Il valore dell'alpha positivo (0.000394) suggerisce un rendimento aggiuntivo che non è spiegato dai tre fattori del modello. L'alto beta di mercato (1.176318) indica una forte correlazione con il mercato complessivo, mentre i valori negativi di SMB e HML suggeriscono che AAPL tende a performare meglio rispetto alle aziende più piccole e a quelle con alti rapporti valore-contabile/valore-di-mercato.

5.3.2 NVIDIA Corporation (NVDA)

	Alpha	Market	SMB	HML
NVDA	0.001717	1.638014	0.064011	-0.905945

NVIDIA mostra un alpha relativamente alto (0.001717), indicando un significativo rendimento aggiuntivo non spiegato dai fattori del modello. Il beta di mercato è molto elevato (1.638014),

segnalando una sensibilità molto alta rispetto ai movimenti di mercato. Il valore negativo di HML suggerisce che NVDA performa meglio rispetto alle aziende con un basso rapporto valore-contabile/valore-di-mercato.

5.3.3 JPMorgan Chase & Co. (JPM)

	Alpha	Market	SMB	HML
JPM	0.000258	1.13815	-0.146797	0.883513

JPM mostra un alpha positivo (0.000258), indicando un rendimento aggiuntivo. Il beta di mercato (1.13815) è alto, suggerendo una buona correlazione con il mercato complessivo. Il valore positivo di HML (0.883513) indica una tendenza a performare meglio rispetto alle aziende con un alto rapporto valore-contabile/valore-di-mercato.

5.3.4 Bank of America Corporation (BAC)

	Alpha	Market	SMB	HML
BAC	0.000103	1.259395	0.023981	1.064863

BAC ha un alpha leggermente positivo (0.000103) e un beta di mercato elevato (1.259395), indicando una forte sensibilità ai movimenti del mercato. Il valore positivo di HML (1.064863) indica che BAC tende a performare meglio rispetto alle aziende con un alto rapporto valore-contabile/valore-di-mercato.

5.3.5 Johnson & Johnson (JNJ)

	Alpha	Market	SMB	HML
JNJ	-0.000031	0.578906	-0.397614	0.058151

JNJ ha un alpha leggermente negativo (-0.000031), indicando che il suo rendimento non supera quello atteso dai fattori del modello. Il beta di mercato (0.578906) è relativamente basso, suggerendo una minore sensibilità rispetto ai movimenti di mercato. Il valore negativo di SMB indica una tendenza a performare meglio rispetto alle aziende più grandi.

5.3.6 Pfizer Inc. (PFE)

	Alpha	Market	SMB	HML
PFE	-0.000107	0.630702	-0.328106	0.078055

Pfizer mostra un alpha leggermente negativo (-0.000107), suggerendo un rendimento inferiore a quello atteso. Il beta di mercato (0.630702) è relativamente basso, suggerendo una minore sensibilità rispetto ai movimenti di mercato. Il valore negativo di SMB (-0.328106) indica una tendenza a performare meglio rispetto alle aziende più grandi.

5.3.7 Conclusioni

I risultati delle regressioni Fama-French forniscono una visione dettagliata delle dinamiche di rendimento di ciascun titolo, andando oltre il semplice modello CAPM. I diversi coefficienti beta dei fattori Market, SMB e HML offrono agli investitori un quadro più completo per comprendere come i rendimenti dei titoli reagiscono ai vari rischi di mercato. Questa analisi può essere fondamentale per le decisioni di investimento e per la costruzione di portafogli bilanciati e ottimizzati.

Capitolo 6

Costruzione di portafoglio

6.1 Costruzione del portafoglio ottimale

In questa fase del progetto, ho costruito portafogli ottimali in termini di media-varianza utilizzando i primi 108 mesi di dati. Ho impiegato sia il metodo analitico che il metodo di simulazione Monte Carlo per ottenere questi portafogli, considerando sia i rendimenti passati sia i rendimenti attesi costruiti nella parte 5 del progetto. Di seguito, descriviamo dettagliatamente il processo e i risultati ottenuti.

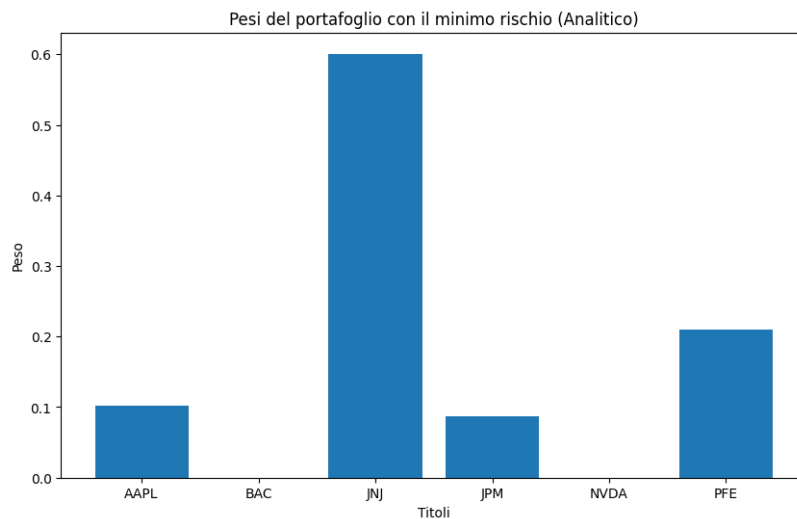
6.1.1 Metodo Analitico con Rendimenti Passati

Per il metodo analitico, ho iniziato calcolando i rendimenti giornalieri dei titoli e poi li ho annualizzati. Successivamente, ho calcolato la matrice di covarianza annualizzata. Utilizzando queste informazioni, ho costruito due tipi di portafogli ottimali: uno con il minimo rischio e uno che massimizza lo Sharpe ratio.

Portafoglio con Minimo Rischio

Il portafoglio con il minimo rischio è stato costruito minimizzando la volatilità totale del portafoglio sotto il vincolo che la somma dei pesi fosse pari a uno. I pesi risultanti per ciascun titolo sono riportati di seguito:

AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
0.103	0.000	0.601	0.087	0.000	0.209

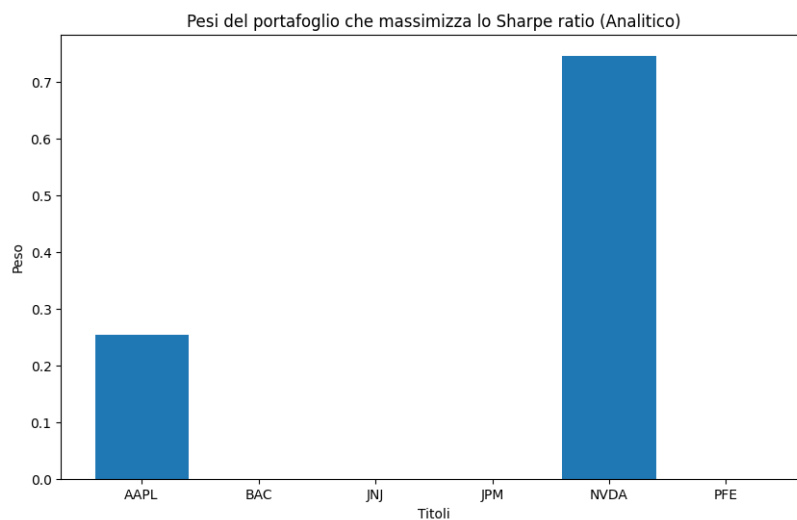


Il rendimento atteso di questo portafoglio è stato del 11.79%, con una volatilità del 16.94% e uno Sharpe ratio di 0.386.

Portafoglio che Massimizza lo Sharpe Ratio

Per il portafoglio che massimizza lo Sharpe ratio, ho massimizzato il rapporto tra il rendimento atteso del portafoglio e la sua volatilità, sottraendo il tasso privo di rischio. I pesi ottenuti sono stati:

AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
0.254	0.000	0.000	0.000	0.746	0.000



Questo portafoglio ha un rendimento atteso del 52.43%, una volatilità del 40.19% e uno Sharpe ratio di 1.174.

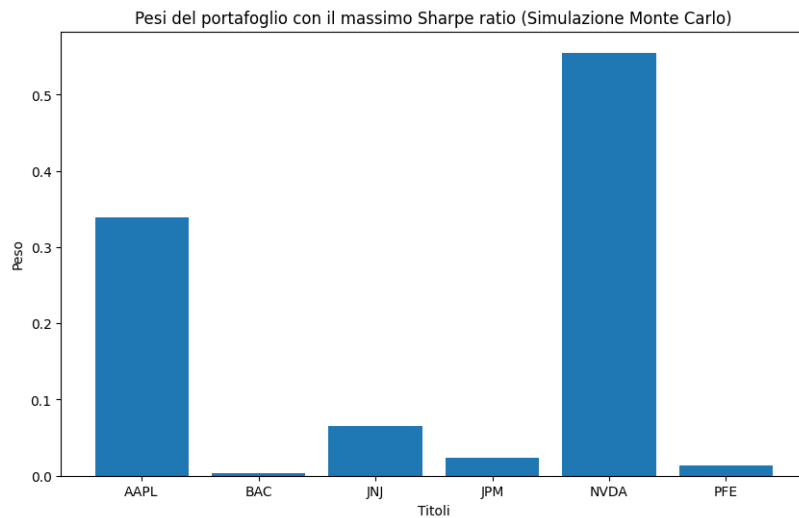
6.1.2 Metodo di Simulazione con Rendimenti Passati

Nel metodo di simulazione Monte Carlo, ho generato casualmente 100,000 portafogli e calcolato i loro rendimenti e volatilità. Il portafoglio con il massimo Sharpe ratio è stato identificato tra questi.

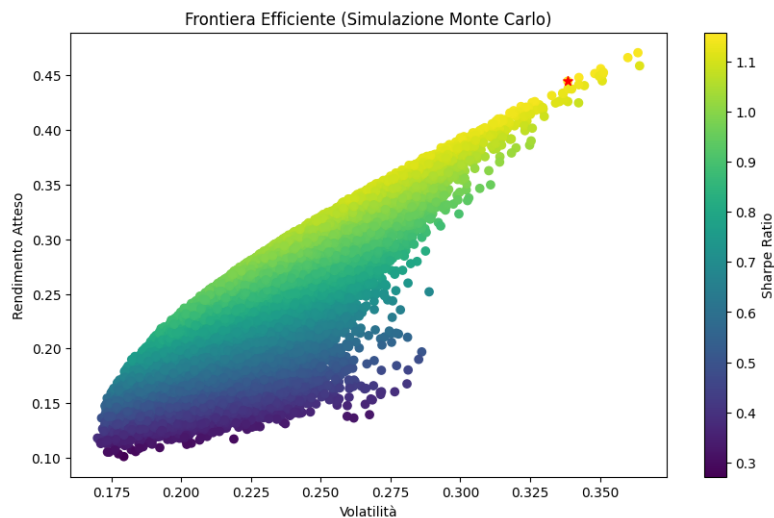
Portafoglio che Massimizza lo Sharpe Ratio (Simulazione Monte Carlo)

I pesi del portafoglio con il massimo Sharpe ratio ottenuto tramite simulazione sono stati:

AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
0.339	0.004	0.065	0.023	0.555	0.014



Questo portafoglio ha un rendimento atteso del 44.45%, una volatilità del 33.85% e uno Sharpe ratio di 1.158.



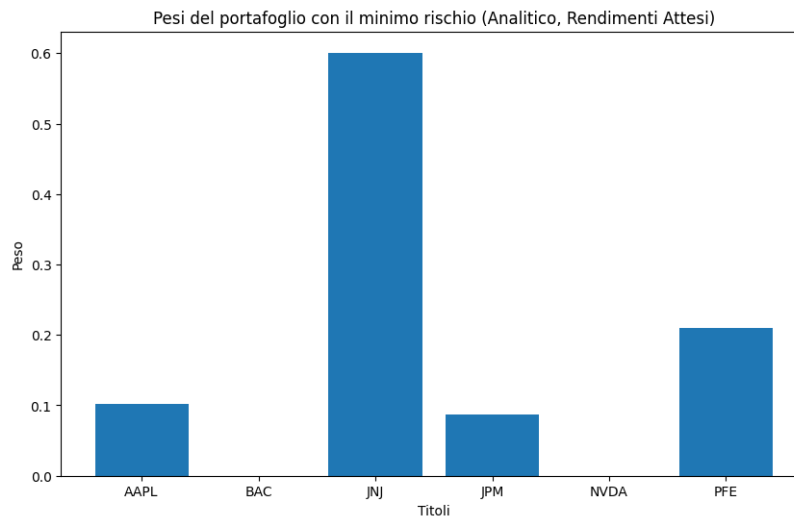
6.1.3 Metodo Analitico con Rendimenti Attesi

Utilizzando i rendimenti attesi calcolati nella parte 5 del progetto, ho applicato lo stesso metodo analitico per costruire i portafogli ottimali.

Portafoglio con Minimo Rischio (Rendimenti Attesi)

Il portafoglio con il minimo rischio basato sui rendimenti attesi ha pesi simili a quelli ottenuti con i rendimenti passati:

AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
0.103	0.000	0.601	0.087	0.000	0.209

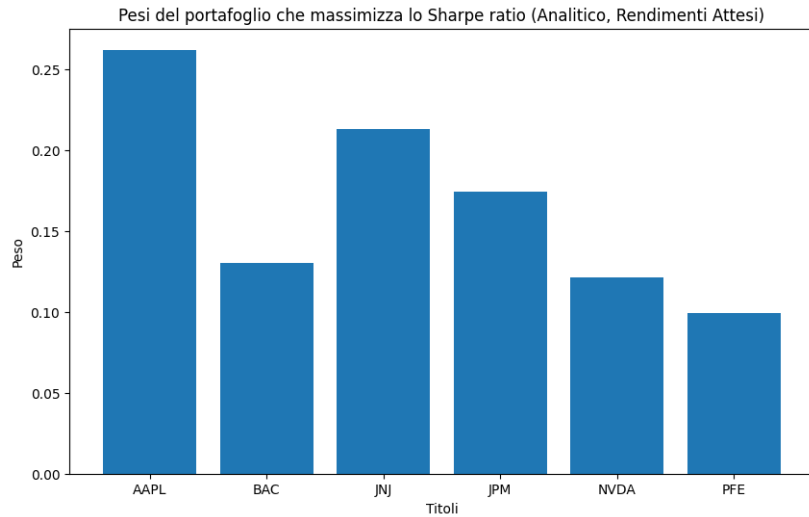


Il rendimento atteso è del 10.16%, con una volatilità del 16.94% e uno Sharpe ratio di 0.290.

Portafoglio che Massimizza lo Sharpe Ratio (Rendimenti Attesi)

I pesi del portafoglio che massimizza lo Sharpe ratio sono stati:

AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
0.262	0.130	0.213	0.174	0.121	0.100



Questo portafoglio ha un rendimento atteso del 12.72%, una volatilità del 20.99% e uno Sharpe ratio di 0.356.

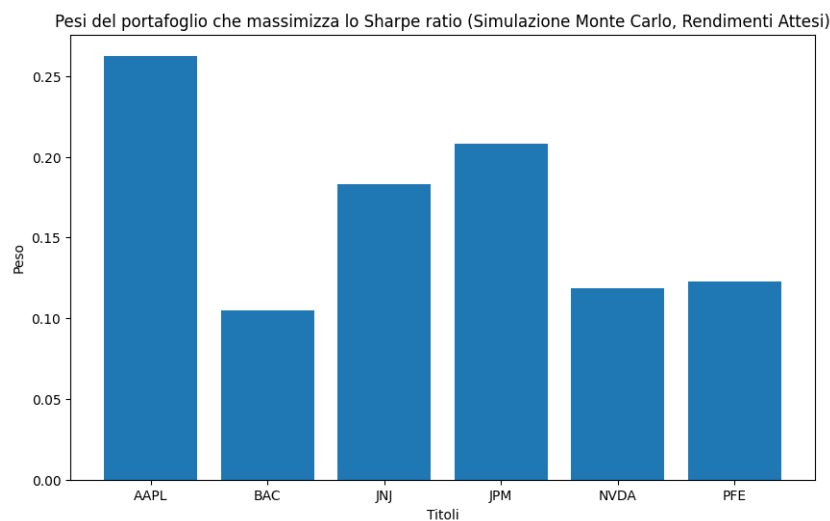
6.1.4 Metodo di Simulazione con Rendimenti Attesi

Utilizzando la simulazione Monte Carlo con i rendimenti attesi, ho generato nuovamente 100,000 portafogli e identificato il portafoglio con il massimo Sharpe ratio.

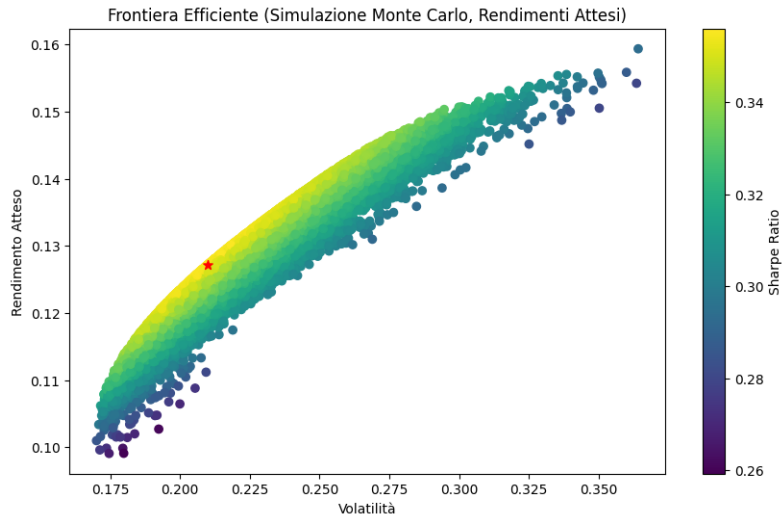
Portafoglio che Massimizza lo Sharpe Ratio (Simulazione Monte Carlo, Rendimenti Attesi)

I pesi ottenuti sono stati:

AAPL	BAC	JNJ	JPM	NVDA	PFE
0.262	0.130	0.213	0.174	0.121	0.100



Il rendimento atteso è del 12.72%, con una volatilità del 20.99% e uno Sharpe ratio di 0.356.



6.1.5 Conclusione

In conclusione, i portafogli ottimali ottenuti tramite il metodo analitico e la simulazione Monte Carlo presentano diverse configurazioni di pesi e performance. I portafogli basati sui rendimenti attesi mostrano generalmente una minore volatilità rispetto a quelli basati sui rendimenti passati, sebbene i rendimenti attesi siano leggermente inferiori. Le visualizzazioni dei pesi e delle frontiere efficienti evidenziano chiaramente le differenze tra i vari approcci e aiutano a comprendere meglio le caratteristiche di ciascun portafoglio.

6.2 Calcolo del beta del portafoglio rispetto al mercato

Per valutare il rischio sistematico del portafoglio rispetto al mercato, ho calcolato il beta del portafoglio con il massimo Sharpe ratio utilizzando sia i rendimenti passati che i rendimenti attesi. Il beta è una misura di quanto un portafoglio si muova rispetto al mercato nel suo complesso. Un beta maggiore di 1 indica che il portafoglio tende a muoversi in misura maggiore rispetto al mercato, mentre un beta minore di 1 indica che si muove in misura minore.

Dati di Partenza

Ho scaricato i dati storici dell'indice S&P 500 dal 31 maggio 2014 al 31 maggio 2023, e calcolato i rendimenti giornalieri dell'indice per allinearli ai rendimenti del portafoglio. Successivamente, ho calcolato i rendimenti giornalieri del portafoglio con il massimo Sharpe ratio utilizzando sia i rendimenti passati sia i rendimenti attesi.

Allineamento Temporale dei Dati

Per garantire una corretta analisi, i rendimenti del portafoglio e del mercato sono stati allineati temporalmente. Questo allineamento assicura che ogni coppia di rendimenti giornalieri utilizzata nel calcolo del beta corrisponda agli stessi giorni di trading.

Calcolo del Beta

Il beta è stato calcolato utilizzando un modello di regressione lineare, dove i rendimenti giornalieri del portafoglio sono stati regrediti rispetto ai rendimenti giornalieri del mercato (S&P 500). Il coefficiente risultante dalla regressione rappresenta il beta del portafoglio.

Risultati

Per il portafoglio costruito con i rendimenti passati, il beta calcolato è stato di 1.4129. Questo valore indica che il portafoglio ha una sensibilità maggiore rispetto al mercato, ovvero tende a muoversi con una variazione del 41.29% superiore a quella del mercato.

Per il portafoglio costruito con i rendimenti attesi, il beta calcolato è stato di 1.0678. Questo valore è inferiore al beta del portafoglio basato sui rendimenti passati, suggerendo una minore sensibilità del portafoglio rispetto al mercato, ma comunque superiore a 1, indicando che il portafoglio tende ancora a muoversi in misura maggiore rispetto al mercato.

Interpretazione

La differenza tra i beta dei due portafogli evidenzia come l'approccio utilizzato per stimare i rendimenti (passati vs attesi) possa influenzare la percezione del rischio sistematico del portafoglio. Un beta più alto implica una maggiore esposizione al rischio di mercato, il che può tradursi in una maggiore volatilità del portafoglio in risposta ai movimenti del mercato stesso.

In conclusione, il calcolo del beta mi ha permesso di comprendere meglio la relazione tra il portafoglio ottimizzato e il mercato, fornendo informazioni preziose per la gestione del rischio e l'allocazione strategica degli asset.

6.3 Confronto dei Rendimenti dei Portafogli

Per completare l'analisi sul portafoglio ottimale, ho confrontato il rendimento del portafoglio effettivo con il rendimento del portafoglio ottimale in termini di media-varianza. Il portafoglio effettivo è costituito dai sei titoli oggetto di analisi con pesi uguali tra di loro, mentre il portafoglio ottimale è stato calcolato utilizzando sia i rendimenti passati sia i rendimenti attesi.

Calcolo dei Rendimenti dei Portafogli

In primo luogo, ho determinato i pesi uguali per il portafoglio effettivo. Utilizzando questi pesi, ho calcolato i rendimenti giornalieri medi del portafoglio effettivo. Successivamente, ho calcolato i rendimenti cumulativi per il portafoglio effettivo, il portafoglio con il massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti passati e il portafoglio con il massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti attesi. Questi rendimenti cumulativi ci hanno permesso di visualizzare la performance dei tre portafogli nel tempo.

Rendimento Annuale Medio

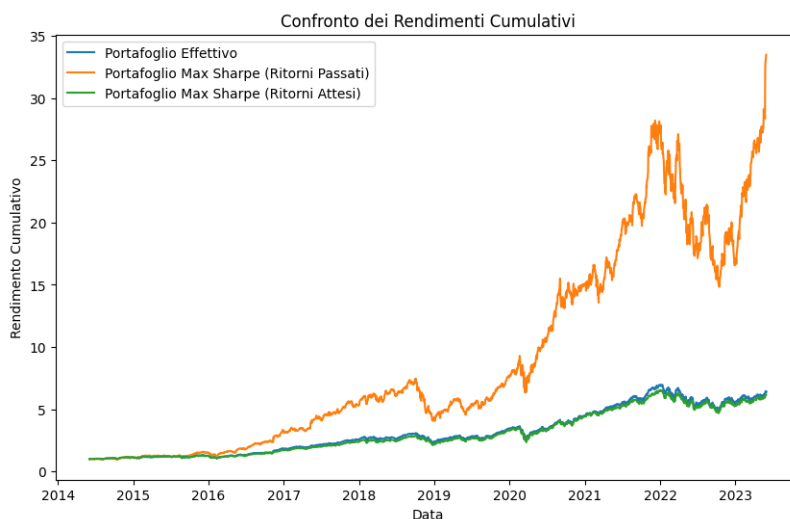
Ho poi calcolato il rendimento annuale medio per ciascun portafoglio. I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

- Rendimento annuale medio del portafoglio effettivo: 22.94%
- Rendimento annuale medio del portafoglio con massimo Sharpe ratio (Ritorni Passati): 47.81%
- Rendimento annuale medio del portafoglio con massimo Sharpe ratio (Ritorni Attesi): 22.45%

Questi risultati indicano chiaramente che il portafoglio ottimizzato in base al massimo Sharpe ratio con i rendimenti passati ha ottenuto un rendimento significativamente superiore rispetto agli altri due portafogli. Questo suggerisce che, almeno per il periodo analizzato, l'ottimizzazione del portafoglio basata sui dati storici di rendimento può portare a risultati migliori.

Confronto Grafico dei Rendimenti Cumulativi

Il grafico seguente mostra il confronto dei rendimenti cumulativi dei tre portafogli dal 2014 al 2023. È evidente come il portafoglio con il massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti passati abbia superato di gran lunga sia il portafoglio effettivo che quello ottimizzato con i rendimenti attesi. Questo ulteriore conferma l'efficacia dell'approccio di ottimizzazione basato sui dati storici.



L'immagine mostra i rendimenti cumulativi del portafoglio effettivo, del portafoglio con il massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti passati e del portafoglio con il massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti attesi. La linea blu rappresenta il portafoglio effettivo, la linea arancione rappresenta il portafoglio con massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti passati, mentre la linea verde rappresenta il portafoglio con massimo Sharpe ratio basato sui rendimenti attesi. La superiorità del portafoglio ottimizzato con i rendimenti passati è chiaramente visibile, in quanto questa linea si distanzia significativamente dalle altre due nel tempo.

In conclusione, l'analisi ha dimostrato che l'ottimizzazione del portafoglio utilizzando i rendimenti passati può portare a rendimenti superiori rispetto a un portafoglio costruito con pesi uguali tra i titoli o un portafoglio ottimizzato con rendimenti attesi. Tuttavia, è importante considerare che le performance passate non garantiscono risultati futuri e l'analisi deve essere continuamente aggiornata per adattarsi alle nuove condizioni di mercato.

Bibliography

- [1] B. of America Corporation. “Bank of america reports first-quarter 2024 financial results.” (), [Online]. Available: <https://newsroom.bankofamerica.com/content/newsroom/press-releases/2024/04/bank-of-america-reports-first-quarter-2024-financial-results.html>.
- [2] J. C. bibinitperiod Co. “Jpmorgan chase reports fourth-quarter 2023 net income of \$9.3 billion.” (), [Online]. Available: <https://www.jpmorganchase.com/content/dam/jpmc/jpmorgan-chase-and-co/investor-relations/documents/quarterly-earnings/2023/4th-quarter/30e66a2f-5f41-4616-b831-fee985b61b8a.pdf>.
- [3] D. H. .-. T. Editor. “Nvidia debuts next-generation blackwell ai chip at gtc 2024.” (), [Online]. Available: <https://uk.finance.yahoo.com/nvidia-debuts-next-generation-blackwell-ai-chip-at-gtc-2024-205825161.html>.
- [4] P. Inc. “Pfizer quarterly corporate performance - first quarter 2024.” (), [Online]. Available: <https://investors.pfizer.com/Investors/Events--Presentations/event-details/2024/Pfizer-Quarterly-Corporate-Performance---First-Quarter-2024-clHUFRBy6J/default.aspx>.
- [5] I. Johnson & Johnson Services. “Johnson & johnson reports q1 2024 results.” (), [Online]. Available: <https://www.investor.jnj.com/news/news-details/2024/Johnson--Johnson-Reports-Q1-2024-Results/default.aspx>.
- [6] B. Wire. “Apple reports first quarter results.” (), [Online]. Available: <https://finance.yahoo.com/news/apple-reports-first-quarter-results-213000569.html>.
- [7] “Yahoo! finance.” (), [Online]. Available: <https://finance.yahoo.com/>.