



Università  
Ca'Foscari  
Venezia

Corso di Laurea  
in Economia e finanza

Tesi di Laurea

# Ottimizzazione di un trading system attraverso l'uso del particle swarm optimization

**Relatori**

Ch. Prof. Claudio Pizzi

Ch.Prof. Marco Corazza

**Laureando**

Jacopo Presotto

Matricola 833368

**Anno Accademico**

2015 / 2016

# INDICE

## Introduzione

<b>Capitolo I - Trading system</b> .....	pg 4
1.1 - Ottimizzazione attraverso l' intelligenza artificiale (AI) .....	pg 7
1.1.1 - Particle swarm optimization.....	pg 8
1.1.2 - Reti neural.....	pg 8
1.1.3 - Algoritmi genetici.....	pg 9
1.2 – Esempi di ottimizzazione attraverso l'AI.....	pg 10
<b>Capitolo II – Caratteristiche del trading system oggetto del lavoro</b> .....	pg 19
2.1 - Exponential Moving Average (EMA).....	pg 20
2.2 - Bollinger Bands.....	pg 21
2.3 - Moving Average Convergence/Divergence (MACD).....	pg 23
2.4 - Rate Of Change (ROC).....	pg 25
2.5 - Relative Strength Index (RSI).....	pg 26
2.6 - Prezzo medio.....	pg 28
2.7 - Particle swarm optimisation (PSO).....	pg 28
<b>Capitolo III – Analisi empirica</b> .....	pg 32
3.1 – Analisi azioni Allianz SE e BASF.....	pg 35
<b>Capitolo IV – Conclusioni</b> .....	pg 42
<b>Bibliografia</b> .....	pg 44
<b>Appendice A – dati e grafici Bayer Aktiengesellschaft</b> .....	pg 46
<b>Appendice B – dati e grafici Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft</b> .....	pg 51

<b>Appendice C</b> – dati e grafici Daimler AG .....	pg 56
<b>Appendice D</b> – dati e grafici Deutsche Bank AG.....	pg 61
<b>Appendice E</b> – dati e grafici Deutsche Telekom AG.....	pg 66
<b>Appendice F</b> – dati e grafici ThyssenKrupp AG.....	pg 71
<b>Appendice G</b> – grafici Allianz SE .....	pg 76
<b>Appendice H</b> – grafici BASF SE.....	pg 78

## INTRODUZIONE

L'avvento del trading online ha rivoluzionato il mercato finanziario internazionale, infatti, prima dell'avvento di internet gli investitori dovevano obbligatoriamente chiamare un intermediario (persona fisica) per piazzare un ordine di acquisto.

Allo stesso modo, un agente di borsa doveva chiamare gli investitori per poter procedere alla vendita di un precedente acquisto di azioni di una società.

Oggi, utilizzando un computer, un investitore può accedere alle informazioni borsistiche e iniziare uno scambio azionario senza usufruire di alcuna assistenza o consiglio da parte di un intermediario.

A partire dal 1969, i trading system digitali chiamati electronic communications networks (ECN) iniziarono ad essere utilizzati dalle società di intermediazione per poter visualizzare presso le loro sedi il prezzo delle offerte e delle richieste delle azioni nel mercato.

Solo verso la fine del 1980, grazie all'aumento della diffusione dei personal computers, l'industria finanziaria iniziò a capire le infinite potenzialità di internet e numerosi brokers iniziarono ad interessarsi agli ECN, attraverso lo sviluppo di software oppure attraverso l'acquisto di aziende che avevano già sviluppato delle applicazioni in grado di informare gli operatori di borsa dei prezzi correnti delle azioni nel mercato, in maniera tale che l'incontro tra acquirenti e venditori potesse avvenire in modo più efficiente e con un notevole risparmio di denaro rispetto al passato.

Per quanto riguarda i singoli investitori, la popolarità del trading online iniziò a manifestarsi a partire da metà degli anni novanta quando oltre il 20 per cento della popolazione degli Stati Uniti stava investendo in azioni, rispetto a meno del 5 per cento del decennio precedente.

In questo, ebbero un ruolo decisivo una serie di fattori, come ad esempio la diminuzione dei costi di intermediazione e commissione per questo genere di servizi e il miglioramento nell'accessibilità delle informazioni riguardanti il mercato finanziario.

La facilità e la popolarità del trading online ha contribuito notevolmente ad aumentare il flusso di denaro nelle borse nel corso degli anni 90 determinando un notevole aumento del volume delle compravendite, questo fenomeno è possibile notarlo ad esempio nel seguente grafico mensile (dal 1988 al 2001) del Dow Jones Industrial Average dove è possibile osservare il repentino aumento del volume.

#### *Dow Jones Industrial Average Index*



Fonte: StockCharts.com

Per quanto riguarda il futuro del trading online, si ritiene che esso continuerà ad evolversi in diverse aree, come ad esempio attraverso lo sviluppo di nuove applicazioni software per il trading sotto forma di apps per i cellulari.

Una delle conseguenze dell'avvento del trading online sul mercato è stata una maggiore richiesta da parte degli investitori dello sviluppo di nuove strategie di investimento che vadano oltre alla semplice strategia "buy and hold" o a quelle basate sulla lettura delle candlestick.

Per soddisfare questa richiesta sono state sviluppate una moltitudine di trading system, ottimizzati a seconda delle caratteristiche del prodotto o del tipo di investimento a cui il cliente è interessato, sia esso un fondo comune, delle opzioni, ETF o forex.

L'obiettivo della tesi consiste nella creazione di un trading system basato sulla combinazione dei diversi segnali provenienti da indicatori e oscillatori presenti nell'analisi tecnica e dalla loro successiva ottimizzazione attraverso l'utilizzo dell'intelligenza artificiale.

## 1 - TRADING SYSTEM

Con l'avvento della globalizzazione economica e il rapido sviluppo della tecnologia digitale, la generazione e l'accumulo di dati finanziari ha raggiunto un ritmo senza precedenti.

La rapida crescita del volume dei dati disponibili ha superato la capacità di un essere umano di analizzarli manualmente, inoltre le serie temporali finanziarie sono più complicate rispetto altri dati statistici poiché sono caratterizzate da lunghi trend temporali, variazioni cicliche, variazioni stagionali e movimenti irregolari.

Esse sono inoltre notevolmente influenzate da molti fattori esterni interconnessi tra loro come il comportamento economico, politico, sociale e anche psicologico degli investitori.

La costante crescita di questi dati irregolari ha generato una richiesta da parte del mercato di approcci sempre più automatizzati per l'analisi efficiente di tale enorme mole di dati finanziari, in grado di ricavarne informazioni significative.

Il trading nei mercati azionari è una delle forme più popolari per effettuare degli investimenti finanziari poiché esistono molte opportunità di investimento differenti come ad esempio obbligazioni, azioni, scambi valutari e metalli preziosi, ecc..

Gli investitori per massimizzare il proprio profitto devono comprare o vendere il proprio investimento nel momento giusto ma proprio la scelta del momento migliore per agire comporta notevoli difficoltà create dal comportamento altamente fluttuante e dinamico del mercato azionario.

Per risolvere questa problematica sono stati creati i trading systems che sono costituiti da un insieme di regole, solitamente dipendenti da indicatori e relativi parametri, da seguire che determinano il momento di entrata o di uscita di un investimento .

Questi momenti, detti segnali, sono spesso segnati su un grafico in tempo reale e avviano l'esecuzione immediata di un'azione di acquisto o vendita da parte dell'operatore.

Il sistema di trading inoltre svolge un ruolo fondamentale nell'investimento online, infatti senza strategia non è possibile ottenere dei guadagni se non per una casualità.

Queste strategie vengono create attraverso l'ausilio di un software, che apre posizioni immediatamente al verificarsi di determinate condizioni, o direttamente dal trader quando riscontra che i parametri prefissati sono stati raggiunti.

Ogni trading system adotta dei parametri differenti, alcuni degli strumenti di analisi tecnica più comunemente utilizzati per costruire i sistemi di trading sono i seguenti:

- Moving averages (MA)
- Stochastic
- Oscillators
- Relative strength Index (RSI)
- Bollinger Bands

Spesso, due o più indicatori vengono combinati per la creazione di una regola.

Ad esempio le moving averages utilizzano due medie mobili, una di corto periodo e una di lungo periodo, per creare una regola: "comprare quando la media mobile di breve periodo attraversa dal basso verso l'alto la curva di lungo termine, e vendere quando avviene il contrario".

In altri casi, una regola utilizza un solo indicatore, ad esempio un sistema può avere una regola che vieta qualsiasi acquisto a meno che il valore dell'RSI sia sopra un determinato livello.

Ma è solo attraverso una combinazione di tutti questi tipi di regole che si crea un trading system.

Il successo complessivo della strategia dipende da come sono combinate le regole, un compito fondamentale degli operatori è infatti quello di ottimizzare il sistema per gestire il rischio, aumentare i ricavi e raggiungere la stabilità a lungo termine.

Questa operazione viene fatta modificando i vari parametri di ogni regola.



Ad esempio, per ottimizzare il sistema MA, un operatore potrebbe provare a vedere quali medie mobili (10 giorni, 30 giorni, ecc) funzionano meglio, e quindi utilizzare quella che ottiene i risultati migliori.

Ogni trading system presenta vantaggi e svantaggi più o meno marcati. Il vantaggio principale derivante dall'applicazione di un trading system è l'eliminazione della componente emozionale dalle proprie operazioni di trading.

L'emotività è spesso segnalata come essere il più grande difetto dei singoli investitori.

Quando infatti si effettuano investimenti in preda a convinzioni personali dettate da speranza o emotività si va incontro a perdite in conto capitale nella maggioranza dei casi.

Un trading system basato su parametri oggettivi riduce le inefficienze umane e fa aumentare i profitti del trader.

Altro vantaggio evidente derivante dall'applicazione di un trading system è il risparmio di tempo, infatti i segnali di acquisti e vendita che genera un sistema di trading ben studiato possono portare a guadagnare molte ore.

Uno degli svantaggi sussiste sul fatto che generalmente i trading systems sono complessi, infatti, nelle fasi di sviluppo è richiesta una solida conoscenza delle tematiche affrontate dall'analisi tecnica, inoltre è richiesta una conoscenza approfondita dei parametri di lavoro e devono essere effettuate delle ipotesi realistiche per poter impiegare in modo efficace il sistema, queste problematiche possono essere un ostacolo importante per il successo della strategia.

Lo sviluppo di un trading system efficace non è affatto un compito facile infatti richiede una solida conoscenza dei parametri disponibili, la capacità di fare ipotesi realistiche e il tempo e la dedizione necessari per sviluppare il sistema.

Tuttavia, se sviluppato e utilizzato correttamente, il trading system può produrre molti vantaggi come ad esempio un aumento dei profitti.

## 1.1 - Ottimizzazione attraverso l' intelligenza artificiale (AI)

Per anni, gli operatori di borsa hanno basato le proprie decisioni su due strumenti principali:

- L'analisi fondamentale, che si basa sulle proiezioni di crescita e sulle prestazioni aziendali.
- L'analisi tecnica, che analizza il prezzo storico delle azioni attraverso grafici e formule matematiche chiamate indicatori tecnici.

Molte ricerche hanno dimostrato che semplici regole di trading (TTR) sono in grado di fornire dei segnali economici di valore, [Brock et al (1992)<sup>1</sup>, Bessembinder and Chan (1995)<sup>2</sup>, Mills (1997)<sup>3</sup> e Fernández Rodriguez (1999)<sup>4</sup>].

Tuttavia, la maggior parte di questi studi hanno ignorato il problema della scelta ottimale dei parametri, lasciando loro aperti alla critica di data snooping, che si verifica quando un insieme di dati viene utilizzato per più di una volta per fini di inferenza o selezione di un modello, e la possibilità della presenza del survivor bias, ovvero errori di giudizio che si commettono quando viene presa una decisione considerando un campione che contiene solo i sopravvissuti [Lo and MacKinley (1990)<sup>5</sup>].

Negli ultimi anni, al fine di ottimizzare i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica gli operatori hanno iniziato ad adottare nei propri sistemi di trading l'intelligenza artificiale.

Le tecniche maggiormente utilizzate sono la particle swarm optimisation (PSO), le reti neurali (ANN) e gli algoritmi genetici (GA).

### 1.1.1 - Particle swarm optimization

La particle swarm optimisation è una tecnica di ottimizzazione costituita da un' algoritmo che mima il comportamento di uno stormo di uccelli o di uno di sciame di api.

Nel PSO l'insieme delle soluzioni candidate sono definite come uno sciame di particelle che possono muoversi attraverso lo spazio parametrico.

Le traiettorie seguite dalle particelle sono guidate dalle migliori prestazioni di ogni singola particella e da quella delle particelle vicine.

### 1.1.2 - Reti neurali

Una rete neurale artificiale (ANN "*Artificial Neural Network*" in inglese), normalmente chiamata solo "rete neurale", è un modello matematico/informatico di calcolo basato sulle reti neurali biologiche.

Tale modello è costituito da un gruppo di interconnessioni di informazioni costituite da neuroni artificiali e processi che utilizzano un approccio di connessionismo di calcolo.

Nella maggior parte dei casi una rete neurale artificiale è un sistema adattivo che cambia la sua struttura basata su informazioni esterne o interne che scorrono attraverso la rete durante la fase di apprendimento.

In termini pratici le reti neurali sono strutture non lineari di dati organizzati come strumenti di modellazione.

Una rete neurale artificiale riceve segnali esterni su uno strato di nodi (unità di elaborazione) d'ingresso, ciascuno dei quali è collegato con numerosi nodi interni, organizzati in più livelli. Ogni nodo elabora i segnali ricevuti e trasmette il risultato a nodi successivi.

### 1.1.3 - Algoritmi genetici

Un algoritmo genetico è un algoritmo euristico ispirato al principio della selezione naturale ed evoluzione biologica teorizzato nel 1859 da Charles Darwin.

L'aggettivo "genetico" deriva dal fatto che il modello evolutivo darwiniano trova spiegazioni nella branca della biologia detta genetica e dal fatto che gli algoritmi genetici attuano dei meccanismi concettualmente simili a quelli dei processi biochimici scoperti da questa scienza.

In sintesi si può dire che gli algoritmi genetici consistono in algoritmi che permettono di valutare delle soluzioni di partenza e che ricombinandole ed introducendo elementi di disordine sono in grado di crearne di nuove nel tentativo di portare a soluzioni ottimali. Queste tecniche vengono di norma utilizzate per tentare di risolvere problemi di ottimizzazione per i quali non si conoscono altri algoritmi efficienti di complessità lineare o polinomiale. Nonostante questo utilizzo, data la natura intrinseca di un algoritmo genetico, non vi è modo di sapere a priori se sarà effettivamente in grado di trovare una soluzione accettabile al problema considerato.

Per ognuna di queste tecniche di ottimizzazione sono state effettuate numerose ricerche, ad esempio Allen and Karjalainen(1999)<sup>6</sup> hanno utilizzato gli algoritmi genetici per scoprire delle strategie di trading profittevoli basate sull'analisi tecnica, Fei Wang, Philip L.H. Yu , David W. Cheung (2014)<sup>7</sup> invece hanno ottimizzato i segnali provenienti dall'analisi tecnica attraverso l'utilizzo del *PSO*.

Un esempio di applicazione delle reti neurali è invece il lavoro svolto da A. Skabar e I. Cloete (2002)<sup>8</sup>.

## 1.2 – Esempi di ottimizzazione attraverso l'AI

Come spiegato nel capitolo precedente un approccio migliore e più oggettivo nella creazione di una strategia di trading, consiste nella progettazione di un *TTR* basato su una procedura di ottimizzazione.

In tale contesto si può ricondurre il contributo di Fernandez-Rodríguez et al. (2001)<sup>9</sup>, il quale propone di utilizzare un algoritmo genetico per ottimizzare i risultati ottenuti attraverso le medie mobili.

Nella ricerca è stata considerata una regola riguardante una media mobile generalizzata (Generalized Moving Average, GMA) che può essere rappresentata dalla seguente funzione :

$$S(\Theta)_t = MA(\theta_1)_t - (1 + (1 - 2S_{t-1})\theta_3)MA(\theta_2)_t$$

Dove  $\Theta = [\theta_1, \theta_2, \theta_3]$  indicano i parametri associati alla regola della media mobile e  $MA(\theta)$  è definito come segue:

$$MA_t(\theta) = \frac{1}{\theta} \sum_{i=0}^{\theta-1} P_{t-i} \quad t = \theta, \theta + 1, \dots, N$$

La lunghezza della media mobile corta e lunga è data da  $\theta_1$  e  $\theta_2$ , invece  $\theta_3$  rappresenta un parametro filtro incluso per ridurre il numero di falsi segnali di acquisto e di vendita generati dalla media mobile quando il movimento dei prezzi non è direzionale.

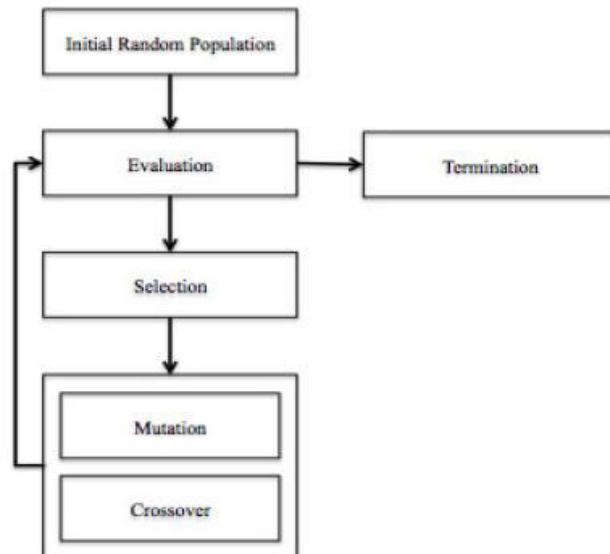
La prima equazione genera due segnali: zero quando viene generato un segnale di vendita e uno quando viene prodotto un segnale di acquisto.

Per quanto riguarda l'algoritmo genetico esso inizia con una popolazione di possibili combinazioni dei parametri  $\Theta$  generati casualmente che vengono valutate rispetto a una funzione obiettivo, questi candidati sono in genere rappresentati da vettori costituiti da cifre binarie.

I candidati promettenti, come rappresentanti delle soluzioni più performanti, vengono poi sottoposti a un processo di ricombinazione binario denominato crossover.

Infine, vengono introdotte delle mutazioni casuali per la salvaguardare la diversità genetica, evitando in questo l'arresto dell'algoritmo in ottimi locali.

Nella seguente immagine sono riportati in maniera schematica le varie procedure che vengono svolte dall'algoritmo genetico.



Fonte: *Optimizing MACD Parameters via Genetic Algorithms for Soybean Futures*. Phoebe S. Wiles, David Enke (2015)

Generazioni successive vengono create nello stesso modo e valutate utilizzando la funzione obiettivo fino a quando un criterio di arresto è soddisfatto.

Al fine di determinare quali soluzioni candidate possono partecipare al crossover ed essere sottoposte a possibile mutazione, viene applicato il metodo di selezione proposto da Whitley (1989).

Questo approccio consiste nella classificazione di tutti gli individui in base alle prestazioni ottenute, successivamente gli individui a basso rendimento vengono eliminati.

Le copie più performanti vengono invece portate avanti nella generazione successiva.

Inoltre viene applicato il crossover a punto singolo, che consiste nell'accoppiamento casuale dei candidati che sopravvivono al processo di selezione e viene determinato in maniera casuale un punto di interruzione nella rappresentazione binaria di ogni candidato.

Questo punto di interruzione viene usato per dividere ogni vettore in due sub-vettori.

I due sub-vettori alla destra del punto di rottura vengono scambiati tra i due vettori, ottenendo in questo modo due nuovi candidati.

Infine, vengono generate delle mutazioni attraverso la selezione casuale di un particolare elemento in ogni vettore.

Se l'elemento è un uno viene mutato a zero, in caso contrario si applica lo stesso principio al contrario.

Questa operazione di mutazione si verifica con una probabilità molto bassa per non distruggere le aree più promettenti dello spazio di ricerca.

Il trading system creato Fernandez-Rodríguez et al. è stato testato sui prezzi di chiusura giornalieri dell'indice generale della Borsa di Madrid (IGBM) e il tasso giornaliero a 3 mesi nel mercato dei depositi interbancari.

I dati coprono il periodo che va dal 2 gennaio 1972 al 15 novembre 1997 (4376 osservazioni).

La popolazione iniziale è stata fissata a 150 candidati, il numero massimo di generazioni e iterazioni senza miglioramento è stata fissata a 300, infine la massima probabilità associata al verificarsi dei crossover e delle mutazioni è rispettivamente fissata al 6% e 0,5%.

Queste scelte sono state guidate da studi precedenti (Bauer, 1994)<sup>10</sup> e da sperimentazioni con valori diversi.

I segnali provenienti dalle regole sottostanti il trading system sono utilizzati per dividere il totale dei giorni di negoziazione (N) in due sottogruppi, ovvero quello di acquisto e non acquisto.

La funzione obiettivo usata per valutare le regole del trading è stata la seguente:

$$r_{tr} = \sum_{t=1}^N S_{t-1} r m_t + \sum_{t=1}^N (1 - S_{t-1}) r f_t - T * c$$

Nella tabella che riassume i risultati ottenuti nella ricerca, le regole della media mobile sono identificate come  $(s, l, b)$ , dove  $s$  e  $l$  sono la lunghezza in giorni della media mobile del breve e lungo periodo e  $b$  è il parametro filtro,  $r$  è il rendimento medio annualizzato della strategia e  $SR$  è il sharpe ratio.

GMA trading rule						Risk-adjusted buy and hold strategy			
Transaction Costs	Parameter Values	In-sample		Out-of-sample		In-sample		Out-of-sample	
		$r$	$SR$	$r$	$SR$	$r$	$SR$	$r$	$SR$
0.25%	(207,242,0)	33.30	0.0072	14.63	0.0068	25.36	0.0068	10.86	0.0044
0.10%	(1,20,0)	38.58	0.0105	16.89	0.0072	22.92	0.0072	9.95	0.0041
0	(1,2,3)	43.21	0.0122	13.36	0.0078	18.54	0.0078	10.18	0.0046

Fonte: Optimisation of technical rules by genetic algorithms: Evidence from the Madrid stock market by Fernando Fernández-Rodríguez Christian González-Martel Simón Sosvilla-Rivero

Questi risultati dimostrano che, in presenza di costi ragionevoli, utilizzando la media mobile generalizzata ottimizzata mediante l'utilizzo dell'algoritmo genetico si ottengono risultati migliori rispetto alla strategia buy and hold aggiustata per il rischio sia nel caso di analisi "in sample" sia nel caso "out of sample".

Un altro esempio di ricerca effettuata con lo scopo di ottimizzazione è il lavoro effettuato da De la Fuente (2006)<sup>11</sup>, il quale ha utilizzato un algoritmo genetico per ottimizzare il tempo degli investimenti in borsa, infatti uno dei problemi maggiori per un investitore è quello di scegliere la corretta tempistica di entrata e uscita dal mercato poiché queste operazioni comportano anche delle spese sotto forma di commissioni da corrispondere agli intermediari.

Nel lavoro sono stati utilizzati i segnali provenienti dei seguenti indici tecnici:

il Relative Strength Index (RSI), il Moving Average Convergence Divergence (MACD) e l'indice stocastico.

*RSI* è un indice che varia tra 0 e 100 e misura la forza della tendenza del mercato.

A seconda della società, gli analisti tecnici raccomandano di dare ordini di vendita quando si supera il 70 e acquisto ordini quando si scende al di sotto di 30.

*MACD* cerca di prevedere i cambiamenti di tendenza del mercato prima che questi accadono.

Il *MACD* prevede segnali di acquisto e di vendita che dipendono dal verificarsi di determinati incroci tra signal e differential line.



L'indice stocastico cerca di prevedere i cambi nelle tendenze, come nel caso del MACD, e prevede due segnali, %K e %D, che indicano l'opportunità di acquistare e vendere quando vengono attraversati: entrambi i segnali oscillano tra 0 e 100.

I cromosomi utilizzati dall'algoritmo genetico contengono dei bits dei principali indicatori tecnici, nella seguente immagine viene riportata la struttura di un cromosoma con evidenziati i bits dedicati a ciascun indice di analisi tecnica.

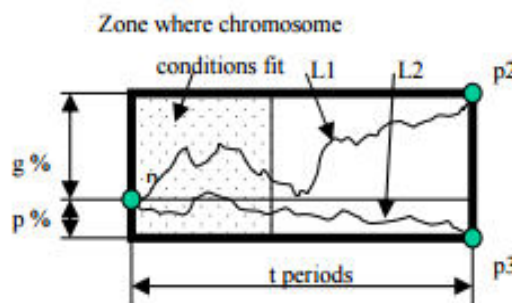
Design del cromosoma

<b>3 bits</b>	<b>3 bits</b>	<b>3 bits</b>	<b>3 bits</b>	<b>3 bits</b>
<b>RSI</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD-Sign</b>	<b>%K</b>	<b>%K-%D</b>

Fonte: Genetic Algorithms to Optimise the Time to Make Stock Market Investment. David de la Fuente Alejandro Garrido Jaime Laviada Alberto Gómez (2006)

La funzione di valutazione analizza un cromosoma alla volta fornendo un risultato tanto migliore quanto più il cromosoma si adatta ai criteri prestabiliti, successivamente i cromosomi vengono riordinati in base al risultato raggiunto e quelli che non rispettano i criteri verranno penalizzati e collocati alle ultime posizioni.

Va inoltre ricordato che, data la natura discreta degli indicatori che sono stati quantificati e le continue variazioni dei segnali, nessuno di questi elementi si inserisce un singolo punto, invece è possibile creare una serie consecutiva di punti. (vedi grafico)



Fonte: Genetic Algorithms to Optimise the Time to Make Stock Market Investment. David de la Fuente Alejandro Garrido Jaime Laviada Alberto Gómez (2006)

Il punto P1 è il primo punto dove le condizioni di mercato sono rispettate.

Da questo punto viene disegnato un rettangolo immaginario che rappresenta le percentuali di guadagno (g%) e le percentuali di perdita (p%), questi due valori definiscono il lato estremo superiore e inferiore che rappresentano il punto massimo e minimo dei guadagni e delle perdite, il loro valore dipenderà dalla redditività ricercata e dal rischio che l'investitore è disposto a correre.

La funzione valuta positivamente le situazioni che offrono profitto e negativamente quelle situazioni che portano a perdite.

Un altro fattore chiave da tenere in considerazione è il tempo richiesto per ottenere profitti o perdite.

Nel lavoro è stata utilizzata la seguente funzione:

$$\text{Evaluation(chromosome)} = \begin{cases} \text{If } \% g \rightarrow +1 \cdot (K_1 / t + K_2 \cdot N) \\ \text{If } \% p \rightarrow -1 \cdot (K_1 / t + K_2 \cdot N) \end{cases}$$

Dove i coefficienti  $K_1$  e  $K_2$  dipendono dalla funzione di rischio individuale di ogni investitore.

Questo algoritmo è stato utilizzato per analizzare le quotazioni delle azioni della compagnia telefonica spagnola *Telefónica S.A* nel periodo compreso tra il 2004 e il 2005.

L'algoritmo genetico è implementato con una popolazione di 50 individui, 80% di possibilità di crossover, 1% di probabilità di mutazione, elitarismo su uno dei componenti e un numero massimo di 10000 generazioni.

La funzione di fitness precedentemente descritta è stata applicata con le costanti  $k_1$  e  $k_2$  settate a 1 e i valori di  $p\%$  e  $g\%$  settati a 1.5%.

La *tabella3* riporta i risultati del migliore cromosoma (cioè la migliore combinazione dei parametri ricercati) e le coincidenze che sono state trovate per migliorare il cromosoma stesso.

Nella colonna profitti, +1 indica che l'algoritmo ha portato ad un profitto per una particolare coincidenza, dove invece -1 indica una perdita.

Nella colonna Start è riportato il giorno in cui è iniziato l'investimento infine nella colonna t è stato indicato il tempo trascorso per passare da una perdita ai profitti desiderati.

### **Risultati finali ricerca**

*Tabella 2: Valore dei migliori cromosomi*

<b>RSI</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD-sign</b>	<b>K%</b>	<b>D%</b>
<b>37.5</b>	<b>-0.0365</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12.25</b>
<b>50</b>	<b>0.0372</b>	<b>0.0372</b>	<b>12.5</b>	<b>25</b>

*Tabella 3: Coincidenze per il miglior cromosoma*

<b>Profit/Loss</b>	<b>Start</b>	<b>t</b>
<b>+1</b>	<b>50</b>	<b>3</b>
<b>+1</b>	<b>231</b>	<b>6</b>
<b>+1</b>	<b>384</b>	<b>9</b>

Fonte: *Genetic Algorithms to Optimise the Timeto Make Stock Market Investment* .David de la Fuente Alejandro Garrido Jaime Laviada Alberto Gómez (2006)

I risultati ottenuti dimostrano che è possibile utilizzare la procedura per trovare e analizzare situazioni positive di mercato, inoltre è stato dimostrato come sia possibile migliorare i risultati in termini di maggior profitto o minore perdita oltre che ridurre i tempi dell'investimento.

Un'altra ricerca che si è occupata dell'ottimizzazione dei parametri degli indicatori dell'analisi tecnica è quella sviluppata da Phoebe S. Wiles e David Enke (2015)<sup>12</sup>, i quali hanno ottimizzato una strategia di trading basata sull'indicatore MACD attraverso l'utilizzo di un algoritmo genetico verificando la loro proposta applicandola ai future della soia.

I dati utilizzati nella ricerca sono stati presi dal Chicago Mercantile Exchange & Chicago Board of Trade e considerano il periodo 24/12/2014 - 14/8/2015, nell'applicazione non sono stati assunti costi di transizione.

Al fine di avere un benchmark lo studio di Wiles e Enke ha utilizzato una strategia buy and hold, ovvero acquisto del future il primo giorno di test e vendendolo l'ultimo giorno.



Fig. 3 SQ2014 soybean prices.

Fonte: Optimizing MACD Parameters via Genetic Algorithms for Soybean Futures. Phoebe S. Wiles, David Enke (2015)

Table 3. Buy-and-hold strategy.

Buy Signals	1
Sell Signals	1
Profit (in cents per bushel for all trades)	-25.3

Come è possibile notare questa strategia ha portato ad una perdita di -25,3 centesi per bushel.

Successivamente si è considerata una strategia tradizionale basata sull'indicatore MACD tradizionale con una media mobile lenta di 12 giorni , quella veloce di 26 giorni e la signal line calcolata con una media mobile a 9 giorni.

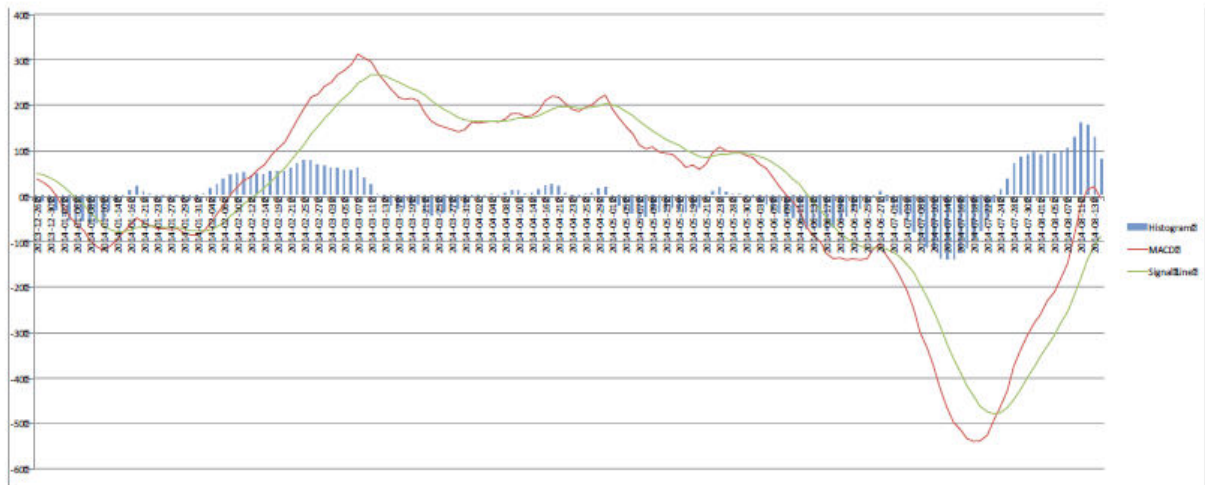


Fig. 4. Traditional MACD (12,26,9).

Fonte: Optimizing MACD Parameters via Genetic Algorithms for Soybean Futures. Phoebe S. Wiles, David Enke (2015)

Table 4. MACD heuristics (12,26,9).

Buy Signals	48
Sell Signals	45 (3 extra sell contracts had to be placed at the end of the contract period to settle)
Profit (in cents per bushel for all trades)	3906.0
Profit in cents per round trip	81.4

L'applicazione della strategia MACD tradizionale ha portato ad un guadagno di 81.4 centesimi per bushel.

I due risultati precedente sono stati confrontati con quelli ottenuti applicando al MACD l'algorithmo genetico il quale ha determinato una media mobile veloce di 6.866 giorni, una media mobile lenta di 33.812 giorni e signal line di 4.575 giorni.

L'ottimizzazione della strategia attraverso l'utilizzo dell'algoritmo genetico ha determinato un guadagno di 145.6 centesimi per bushel.

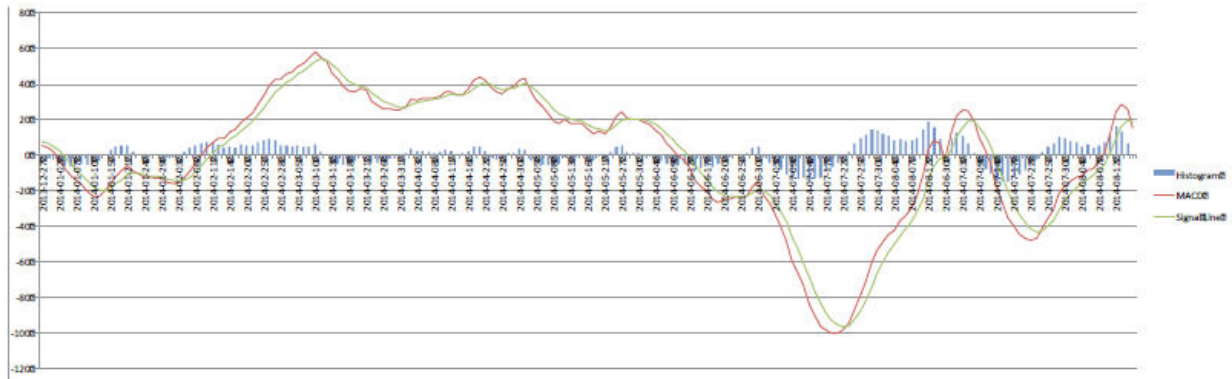


Fig. 6. Genetic algorithm MACD crossover (6.866,33.812,4.575).

Fonte: Optimizing MACD Parameters via Genetic Algorithms for Soybean Futures. Phoebe S. Wiles, David Enke (2015)

Table 7. Genetic algorithm MACD crossover heuristics (6.866,33.812,4.575).

Buy Signals	4 (1 extra buy contract had to be placed at the end of the contract period to settle)
Sell Signals	5
Profit (in cents per bushel for all trades)	728.0
Profit in cents per round trip	145.6

Analizzando i risultati ottenuti è possibile determinare che utilizzando i valori tradizionali del MACD (12,26,9) sui contratti future della soia si ottiene un profitto minore rispetto a quanto ottenibile utilizzando il modello ottimizzato.

In conclusione, tutti questi lavori evidenziano come l'analisi tecnica tradizionale è utile per studiare l'andamento del mercato, ma può essere migliorata attraverso l'utilizzo di metodi di ottimizzazione basati sul paradigma evolutivo come ad esempio il pso, le reti neurali o gli algoritmi genetici.

## 2 - CARATTERISTICHE DEL TRADING SYSTEM OGGETTO DEL LAVORO

Il seguente lavoro segue la stessa impostazione delle ricerche descritte nel capitolo precedente, ovvero la creazione di un trading system basato sui segnali provenienti da indicatori e oscillatori che vengono ottimizzati attraverso l'utilizzo dell'AI.

Una sostanziale differenza rispetto alle ricerche precedenti consiste nel fatto che invece di ottimizzare un unico segnale proveniente da un solo indicatore dell'analisi tecnica, nel seguente lavoro si è creato un trading system che combina i segnali di differenti indicatori e oscillatori che vengono ottimizzati attraverso l'uso del PSO.

In economia l'analisi tecnica è lo studio dell'andamento dei prezzi dei mercati finanziari nel tempo, allo scopo di prevederne le tendenze future, mediante principalmente metodi grafici e statistici.

Questa disciplina è ampiamente utilizzata dagli operatori finanziari. Inoltre è possibile trovare in molti siti economico-finanziari, come ad esempio in [finance.yahoo.com](http://finance.yahoo.com), alcuni degli indicatori e degli oscillatori che vengono utilizzati in questo ambito.

Il trading system proposto in questo lavoro è stato creato applicando una procedura che prevede due fasi:

Nella prima fase sono selezionati sei tra indicatori e oscillatori, i cui segnali d'acquisto e vendita vengono combinati in un singolo segnale.

Il trading system è stato impostato in maniera tale che l'avvio di una procedura d'acquisto o vendita venga effettuata solo quando almeno quattro segnali siano concordi.

*Esempio*

$$\text{Signal}(t) = \text{sign} ( C_{EMA} * \text{signal EMA}(t) + C_{RSI} * \text{signal RSI}(t) + C_{MACD} * \text{signal MACD}(t) + C_{Boll} * \text{signal Boll}(t) + C_{ROC} * \text{signal ROC} + C_{P.medio} * \text{signal P.medio}(t) ) = 1$$

$$Signal(t) \begin{cases} LONG = 1 \\ OUT = 0 \\ SHORT = -1 \end{cases}$$

Nella seconda fase i dati che sono stati ottenuti attraverso l'utilizzo dell'analisi tecnica vengono ottimizzati attraverso l'utilizzo del Particle Swarm Optimization (PSO).

Lo scopo del lavoro è quello di dimostrare che attraverso l'ottimizzazione di una funzione obiettivo (massimizzazione del rendimento) dal valore dei parametri che caratterizzano i sei indicatori dell'analisi tecnica considerati, è possibile ottenere dei rendimenti generalmente migliori rispetto a quelli ottenibili utilizzando un trading system basato sui valori "classici" dell'analisi tecnica.

Nel lavoro sono stati utilizzati come indicatori l'EMA, il Bollinger Bands e il Prezzo Medio. Come oscillatori sono stati utilizzati il MACD, l'RSI e il ROC.

## 2. 1 - Exponential Moving Average (EMA)

L'exponential moving average è uno strumento simile a una media mobile ponderata, eccetto che viene dato maggior peso ai dati più recenti, infatti per questo motivo la media mobile esponenziale reagisce più velocemente alle variazioni dei prezzi rispetto a una media mobile semplice.

$$EMA = Price(t) * k + EMA(y) * (1 - k)$$

Dove t = today, y = yesterday,  $k = 2/(N+1)$  con N = numero di giorni nell' EMA

Come risulta evidente dalla formula l'EMA dipende dal parametro N e reagirà più o meno velocemente a seconda se N è piccolo o grande.

Le medie più utilizzate a breve termine sono a 12 e 26 giorni e sono utilizzate anche per creare indicatori come il moving average convergence/divergence (MACD) e l'oscillatore prezzo percentuale (PPO).

Per quanto riguarda i trend di lungo periodo in genere si utilizzano le medie mobili a 50 o 500 giorni.

Per quanto riguarda l'interpretazione dell'EMA in genere come tutte le medie mobili sono utili ad analizzare i trend di mercato.

Quando il mercato ha una forte e sostenuta tendenza rialzista, la linea dell'indicatore EMA mostrerà una tendenza rialzista e viceversa quando il mercato ha una tendenza ribassista la linea dell'EMA avrà un trend ribassista.

Il segnale di acquisto è generato quando la media mobile di breve periodo incrocia la media mobile di lungo periodo dal basso verso l'alto, viceversa se si verifica il movimento contrario allora è generato un segnale di vendita.

*Esempio grafico EMA*



Fonte [onlinetradingconcepts.com](http://onlinetradingconcepts.com)

## 2.2 - Bollinger Bands

Le bande di Bollinger sono uno strumento che tiene conto anche della volatilità inventato da John Bollinger nel 1980.



Per calcolare le Bande di Bollinger si usa dapprima una media mobile a K giorni (di solito 20) a cui viene aggiunto o sottratto il valore della deviazione standard mobile moltiplicata per un determinato fattore F (di solito pari a 2).

La banda superiore è quindi ottenuta aggiungendo alla media mobile F volte la deviazione standard.

La banda centrale è data dalla media mobile, invece la banda inferiore è calcolata sottraendo alla media mobile F volte la deviazione standard.

I parametri da cui dipende tale strumento sono K e F. I valori che secondo lo stesso Bollinger possono essere utilizzati sono i seguenti:

K = 20 e F = 2 Valido in generale;

K = 10 e F = 1.9 Se c'è la necessità di usare una media mobile molto corta.

K = 50 e F = 2.1 Se c'è la necessità di usare una media mobile molto lunga.

L'ampiezza della media mobile utilizzata nel lavoro per la strategia basata sull'approccio "classico" di analisi tecnica è di 26 giorni.

La volatilità può essere misurata dalla deviazione standard mobile, una maggiore ampiezza delle bande corrisponde ad un'alta volatilità. Invece una minore ampiezza indica viceversa una bassa volatilità. Quando le bande sono convergenti, rappresentano una volatilità in diminuzione mentre quando divergono, rappresentano l'aumento di volatilità.

Dal punto di vista operativo, le Bande di Bollinger danno segnali di acquisto e vendita quando il grafico del prezzo esce dalla banda superiore e successivamente vi rientra, si ottiene un segnale di vendita, questo corrisponde a un rapido aumento del prezzo e a un successivo rallentamento o aggiustamento. Invece quando il grafico del prezzo esce dalla banda inferiore e dopo vi rientra, si ottiene un segnale di acquisto, cioè il prezzo è calato molto velocemente fino ad arrestarsi e a invertire il trend.

### Esempio grafico Bollinger Bands



Fonte [onlinetradingconcepts.com](http://onlinetradingconcepts.com)

### 2.3 - Moving Average Convergence/Divergence (MACD)

Il MACD, acronimo di Media Mobile Convergente/Divergenza, è un indicatore creato da Gerald Appel alla fine del 1970.

La costruzione del MACD è basata su due linee: la differential line e la signal line.

La Differential line è ottenuta mediante la differenza di due medie mobili (esponenziali o semplici), la prima media mobile, quella più veloce, è calcolata a 12 periodi e quella più lenta invece è a 26 periodi.

La signal line è calcolata invece come una media mobile esponenziale, solitamente a 9 periodi, della differential line.

Da quanto detto questo indicatore dipende dai tre parametri che definiscono le tre medie mobili (due per la differential line e uno per la signal line).

Grazie questa particolare costruzione, il MACD sfrutta i principi base di differenti oscillatori; il calcolo della differenza fra due medie mobili di diverso periodo richiama all'attenzione per la somiglianza con la formula del momentum: anziché confrontare il prezzo di chiusura con quello di X periodi precedenti, viene confrontata una media più veloce rispetto ad una più lenta. Il concetto alla base non cambia, ma l'utilizzo delle medie mobili permette una maggiore personalizzazione e adeguamento in base al mercato e alle fasi in cui si trova. Inoltre l'uso delle medie mobili semplifica l'individuazione dei segnali di entrata o di uscita.

Il MACD permette di individuare differenti tipi di segnali, il più importante e determinante è quello generato dall'incrocio della linea MACD con la Signal Line.

Un incrocio al rialzo, cioè quando la signal line incrocia dal basso verso l'alto la differential line, genera un segnale d'acquisto, mentre uno al ribasso, quando la signal line incrocia dall'alto verso il basso, la differential line genera un segnale di vendita.

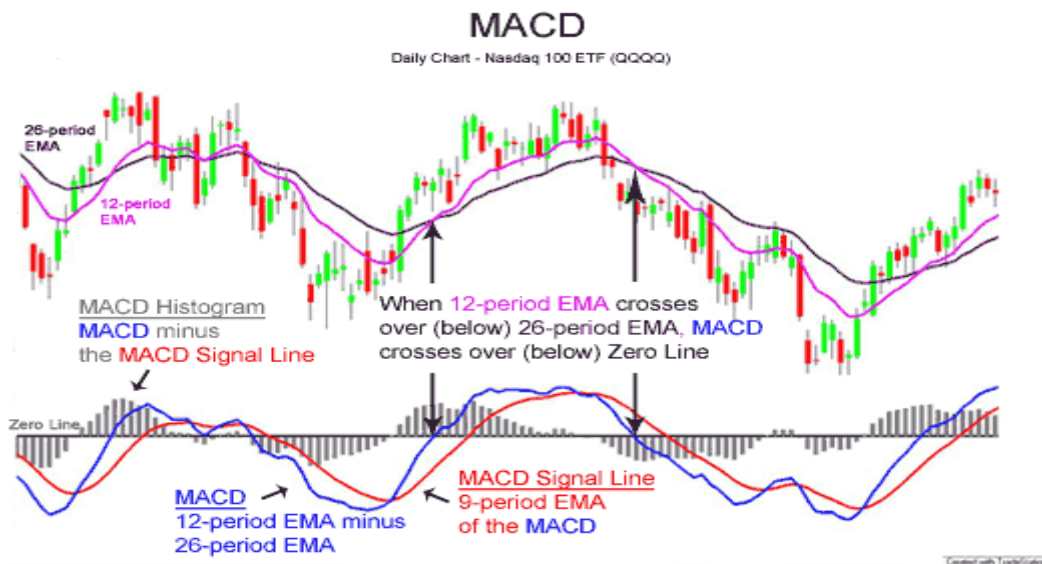
Inoltre, la differential line fluttua anche al di sopra e al di sotto della linea dello zero generando all'incrocio rispettivamente segnali di acquisto e di vendita (fatto che richiama la sua somiglianza con l'indicatore di momentum).

È anche possibile disegnare trendline semplici sulle linee del MACD allo scopo di identificare importanti cambiamenti del trend.

Nelle situazioni al limite, quelle maggiormente distanti dalla linea centrale dello zero, è possibile e consigliabile cercare divergenze rispetto ai prezzi.

Nelle situazioni di eccesso di rialzo saranno da tenere in considerazione tutte le divergenze ribassiste che si verranno a creare, mentre nelle zone di ipervenduto saranno da monitorare le divergenze rialziste.

### Esempio grafico MACD



Fonte [onlinetradingconcepts.com](http://onlinetradingconcepts.com)

### 2.4 - Rate Of Change (ROC)

Il rate of change è un indicatore di momentum che misura in termini percentuali il cambiamento tra il prezzo corrente e il prezzo registrato  $n$  periodi precedenti.

Il ROC è calcolato con la seguente formula:

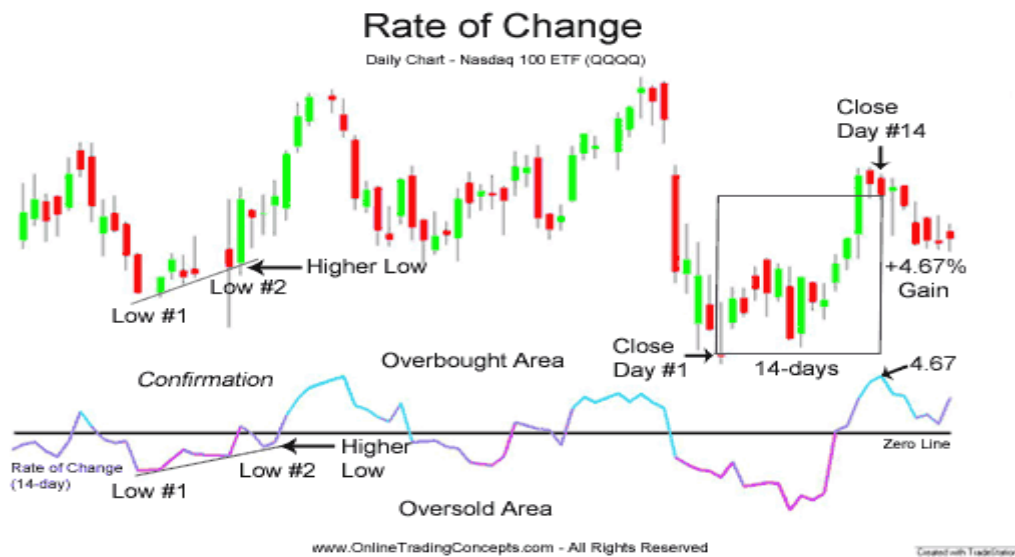
$$\text{ROC} = \left[ \frac{\text{Prezzo di chiusura (t)} - \text{Prezzo di chiusura di (t-n)}}{\text{Prezzo di chiusura (t-n)}} \right] * 100$$

Dove  $P_t$  è il prezzo di chiusura al tempo  $t$ .

Questo indicatore oscilla attorno allo zero e le rotture dal basso verso l'alto della linea dello zero indicano un segnale di forza del titolo, mentre il perforamento dall'alto verso il basso costituisce un segnale d'indebolimento del titolo.

Questo indicatore e i segnali da esso generati dipendono dall'unico parametro che lo caratterizza:  $n$ .

### Esempio Grafico ROC



Fonte [OnlineTradingConcepts.com](http://OnlineTradingConcepts.com)

### 2.5 - Relative Strength Index (RSI)

Il Relative Strength Index , o indice di forza relativa, è uno fra gli oscillatori più popolari dell'analisi tecnica, ideato da John Welles Wilder nel 1978.

Si tratta di un indicatore di momentum, che riesce però ad ovviare ad alcuni problemi presenti nel momentum, nel Rate of change o in altri oscillatori di questo tipo.

Questi generano notevoli complicazioni nella loro interpretazione, soprattutto quando si verificano bruschi movimenti del mercato causandone un'improvvisa inversione della linea. E' quindi necessario, per una corretta e più comprensibile analisi, minimizzare queste distorsioni.

Il Relative Strength Index, oltre a risolvere questo problema, presenta campo di variazione costante da 0 a 100, che permette una comparazione dei valori assunti dall'indice con alcuni livelli prestabiliti.

La formula del RSI è la seguente:

$$RSI = 100 * U / (U + D)$$

Dove

U è la media delle differenze di chiusura al rialzo di n giorni mentre D è la media del valore assoluto delle differenze di chiusura al ribasso di n giorni.

E' possibile individuare zone in cui l'oscillatore si trovi in una situazione estrema; sono comunemente individuate due zone, una di ipercomprato quando l'oscillatore supera il valore del limite superiore, solitamente posto pari a 70, e una di ipervenduto quando l'oscillatore viola il limite inferiore, solitamente posto pari a 30.

L'operatività suggerita da tale indicatore dipende quindi dal numero di giorni *n* e dai due limiti che definiscono le aree d'ipercomprato e d'ipervenduto.

Nell'applicazione pratica l'unico parametro d'interesse è la distanza temporale per il calcolo dei rendimenti.

#### Esempio Grafico ROC



Fonte [optionalpha.com](http://optionalpha.com)

## 2.6 - Prezzo medio

Il prezzo medio è un indicatore che usato in combinazione con una media mobile, a  $n$  giorni, esponenziale, offre potenziali segnali di acquisto o di vendita.

L'indicatore è calcolato nel seguente modo:

$$(\text{Prezzo massimo di giornata} + \text{Prezzo minimo di giornata}) / 2$$

Il segnale di acquisto è generato quando il Prezzo medio incrocia la media mobile dal basso verso l'alto, invece quando la rottura avviene dall'alto verso il basso, viene generato un segnale di vendita.

Anche questo indicatore dipende dall'unico parametro che lo caratterizza:  $n$ .

### Esempio Grafico Prezzo medio



Fonte [www.incrediblecharts.com](http://www.incrediblecharts.com)

## 2.7 - Particle swarm optimisation (PSO)

Il PSO traducibile come "ottimizzazione con sciame di particelle" è un metodo euristico di ricerca ed ottimizzazione, ispirato al movimento degli sciame, inoltre esso rientra in una particolare classe di algoritmi utilizzati in diversi campi, tra cui l'intelligenza artificiale.

La PSO è generalmente attribuita a Kennedy, Eberhart e Shi, che la introdussero nello studio dei comportamenti sociali simulati, studiando il movimento degli stormi di uccelli o dei banchi di

pesci, successivamente l'algoritmo fu semplificato quando si comprese che poteva essere utilizzato per eseguire ottimizzazioni.

L'algoritmo non fa uso di un gradiente nel corso dell'ottimizzazione, dunque non è richiesta la differenziabilità del problema da analizzare, cosa che invece avviene nei metodi di ottimizzazione tradizionali come la discesa del gradiente. Per questa ragione, può essere utilizzata con successo anche in problemi di ottimizzazione irregolari, rumorosi, variabili nel tempo.

Definita una funzione obiettivo, espressione del problema considerato, la PSO ricerca una soluzione ottima utilizzando una popolazione di soluzioni candidate (dette "particelle", le *particle*) che si spostano nello spazio di ricerca sulla base di semplici formule, che tengono in considerazione la loro velocità di spostamento corrente, le loro conoscenze dello spazio di fitness (ovvero la migliore soluzione che hanno esplorato finora) e la conoscenza condivisa (cioè la miglior soluzione generale identificata). L'algoritmo consente di pesare queste tre componenti (inerzia, cognitiva e sociale) e utilizza dei piccoli jittering casuali per minimizzare la possibilità d'intrappolamento in minimi locali.

L'algoritmo PSO è una procedura iterativa che si compone di tre passi, che si ripetono fino a quando qualche condizione di arresto è raggiunta:

- 1) Valutazione del fitness di ogni particella.
- 2) Aggiornamento di ogni posizione e fitness individuale e globale.
- 3) Aggiornamento della velocità e della posizione di ogni particella.

La valutazione del fitness viene condotta fornendo la soluzione candidata alla funzione obiettivo.

Le posizioni, i fitness, individuali e globali, sono aggiornate attraverso la comparazione con le nuove valutazioni di posizioni e fitness che vengono trovate, nel caso in cui siano migliori allora queste sostituiscono quelle precedenti.



L'ultimo passo, ovvero l'aggiornamento della velocità e della posizione di ogni particella è responsabile dell'ottimizzazione per l'algoritmo del PSO.

La velocità di ogni particella dello sciame è aggiornata con la seguente equazione:

$$v_i(t + 1) = wv_i(t) + c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]$$

L'indice della particella è rappresentato da  $(i)$ , quindi  $V_i(t)$  è la velocità della particella  $(i)$  all'iterazione  $(t)$  e  $x_i(t)$  è la posizione della particella  $i$ -esima all'iterazione tempo  $(t)$ . I parametri  $W, C_1, C_2$  ( $0 \leq W \leq 1.2$ ,  $0 \leq C_1 \leq 2$ , e  $0 \leq C_2 \leq 2$ ) sono coefficienti forniti dall'operatore.

I valori di  $r_1$  e  $r_2$  ( $0 \leq r_1 \leq 1$  e  $0 \leq r_2 \leq 1$ ) sono valori casuali che vengono rigenerati per ogni aggiornamento della velocità. Il valore  $\hat{x}(t)$  è la migliore posizione raggiunta dalla particella  $i$ -esima mentre  $g(t)$  rappresenta la migliore soluzione globale candidata al tempo  $t$ .

Ciascuno dei tre termini per l'aggiornamento della velocità dell'equazione ha un ruolo differente nell'aggiornamento dell'algoritmo del *PSO*.

Il primo termine  $wv_i(t)$  è il componente d'inerzia, il quale è responsabile del mantenimento del movimento della particella verso la stessa direzione che originariamente si stava dirigendo.

Il secondo termine  $c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)]$  viene chiamato componente cognitiva ed agisce come memoria della particella, questo fa sì che essa tenda a ritornare nelle regioni dello spazio di ricerca dove ha ottenuto un elevato fitness individuale.

Il terzo termine  $c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)]$  è chiamato componente sociale, esso causa il movimento della particella verso la migliore regione che lo sciame ha trovato finora.

I valori casuali  $r_1$  nella componente cognitiva e  $r_2$  nella componente sociale fanno sì che questi componenti abbiano un'influenza stocastica sull'aggiornamento della velocità.

Questa natura stocastica fa sì che ogni particella si muova in maniera semi-casuale e sia pesantemente influenzata nella direzione sia dalla migliore soluzione individuale della particella ma anche dalla migliore soluzione globale dello sciame.

Una volta che la velocità di ogni singola particella è stata calcolata, la posizione di ogni particella è aggiornata attraverso l'applicazione della nuova velocità alla sua precedente posizione.

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t + 1)$$

Questo processo viene ripetuto fino a quando una condizione di arresto è soddisfatta.

Alcune condizioni di arresto comuni includono: il raggiungimento di un prefissato numero d'iterazioni dell'algoritmo PSO, o di un certo numero di iterazioni dall'ultimo aggiornamento della migliore soluzione globale, o il mancato raggiungimento di un livello minimo di fitness che deve essere ottenuto a ogni iterazione.

### 3 - ANALISI EMPIRICA

Il trading system è stato applicato a otto titoli facenti parte dell'indice DAX 30 della borsa di Francoforte.

Come è possibile determinare attraverso il seguente grafico, il DAX 30 negli ultimi cinque anni ha avuto un andamento tendenzialmente crescente e questo naturalmente riflette la congiuntura economica positiva presente in Germania, la quale economia ha risentito in minor misura della crisi economica presente negli ultimi anni in Europa.

Analizzando il grafico si può affermare per il momento che anche l'esito positivo del recente voto della Gran Bretagna per l'uscita dall'Unione Europea ha avuto un impatto limitato sull'indice.

*Andamento Dax30 20012 - 2017*



Fonte: [finance.yahoo.com](http://finance.yahoo.com)

Il Deutsche Aktienindex 30 (DAX30) è l'indice che considera il segmento della borsa tedesca contenente i 30 titoli a maggiore capitalizzazione, all'interno di questo indice sono presenti numerose aziende di elevata caratura internazionale operanti in diversi settori economici.

Con l'obiettivo di considerare, nell'analisi empirica, un numero limitato di titoli azionari del mercato tedesco si è cercato di replicare approssimativamente l'indice DAX30 considerando solo otto aziende quotate.

A tal fine sono state selezionate due aziende automobilistiche, ovvero Daimler AG (DAI.DE) e Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW.DE), una società di servizi finanziari, Allianz SE (ALV.DE), una banca, Deutsche Bank AG (DBK.DE), una compagnia telefonica, Deutsche Telekom AG (DTE.DE), un'azienda chimica e farmaceutica, Bayer Aktiengesellschaft (BAYN.DE), un'azienda attiva nel settore siderurgico, ThyssenKrupp AG (TKA.DE), e un'azienda chimica, BASF SE (BAS.DE).

Testare la procedura su titoli di aziende appartenenti a diversi settori è un aspetto molto importante per verificare se il trading system proposto è in grado di ottenere dei risultati soddisfacenti in diverse situazioni (capacità di generalizzazione del trading system).

La frequenza dei dati utilizzati è giornaliera e sono stati reperiti attraverso la banca dati presente in [finance.yahoo.com](http://finance.yahoo.com), l'orizzonte temporale considerato dall'analisi parte dal 1 gennaio 2012 e arriva al 2 febbraio 2017.

Dalla matrice di correlazione delle otto azioni è possibile sottolineare che in generale si registrano valori elevati ad eccezione della DeutscheBank.

Matrice di correlazione

Allianz	Basf	Bayn	Bmw	Daimler	DeutscheB	DeutscheT	Thyssen	
1	0.6642	0.8952	0.7998	0.8968	0.4074	0.9098	0.5759	Allianz
	1	0.6881	0.8095	0.7309	0.0706	0.5148	0.7591	Basf
		1	0.891	0.9422	0.1789	0.8243	0.61	Bayn
			1	0.9331	0.0055	0.7102	0.7415	Bmw
				1	0.2254	0.8751	0.7155	Daimler
					1	-0.5791	-0.127	DeutscheB
						1	0.5863	DeutscheT
							1	Thyssen

Correlation Coefficients, using the observations 1 - 1328

5% critical value (two-tailed) = 0.0538 for  $n = 1328$

Il trading system è stato implementato modificando uno *script*<sup>13</sup> di MATLAB (abbreviazione di Matrix Laboratory).

L'algoritmo di ottimizzazione utilizzato, il PSO, utilizza 50 particelle.

Ogni particella è rappresentata mediante un vettore i cui valori sono i parametri degli indicatori e oscillatori che compongono il trading system.

Ogni particella quindi definirà un trading system basato su indicatori caratterizzati da parametri diversi che forniranno pertanto strategie operative diverse.

Per ciascuna particella sarà possibile quindi effettuare una valutazione delle performance, ovvero quanti guadagni sono stati in grado di generare.

Dopo aver valutato le strategie associate alle 50 particelle interviene l'algoritmo del particle swarm optimization, il quale determina la posizione migliore per ogni particella e la posizione

migliore per lo sciame intero, ovvero viene determinata la posizione migliore individuale e di gruppo.

Il passo seguente consiste nel calcolo della velocità, grazie al parametro d'inerzia, e la nuova posizione di ogni particella.

Naturalmente il ricalcolo della posizione comporta la creazione di una nuova particella che deve essere nuovamente rivalutata, quindi si ripete il procedimento appena descritto per un numero d'iterazioni massimo pari a 100, tutta la procedura è stata poi replicata per 25 volte.

L'output finale dello script è composto dai dati relativi all'ampiezza delle finestre, il valore finale, massimo e minimo dell'equity e il rendimento annuale che si sono generati in ogni singolo run.

Inoltre vengono creati i grafici relativi a ogni singolo indicatore e oscillatore, i grafici finali delle strategie basate sull'analisi tecnica e i grafici delle strategie basate sull'analisi tecnica ottimizzate attraverso l'utilizzo del PSO.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in dettaglio di due titoli e in appendice vengono riportati i dettagli di tutte le altre azioni.

### **3.1 – Analisi azioni Allianz SE e BASF**

Nei seguenti grafici sono rappresentati il valore dell'azione Allianz SE, il numero di aperture e chiusure effettuate nell'intero periodo e l'evoluzione dell'equity line con e senza costi.

Un elemento facilmente osservabile attraverso il grafico è l'andamento tendenzialmente decrescente del valore dell'azione che si è verificato negli ultimi cinque anni.

Osservando le differenze tra i grafici della strategia basata sull'analisi tecnica tradizionale (TA) e quello della strategia ottimizzata (TA+PSO) è possibile notare i notevoli cambiamenti apportati dal PSO sui segnali provenienti dai vari indicatori e oscillatori utilizzati nella strategia.

Innanzitutto è possibile sottolineare come nella strategia TA+PSO i momenti in cui non è segnalata né un'operazione di acquisto né una di vendita sono nettamente inferiori rispetto alla strategia TA.

Analizzando l'equity line<sup>1</sup> delle due strategie è invece possibile vedere il miglioramento del rendimento che si ottiene attraverso la procedura di ottimizzazione presente nella strategia TA+PSO.

Grafico strategia finale TA

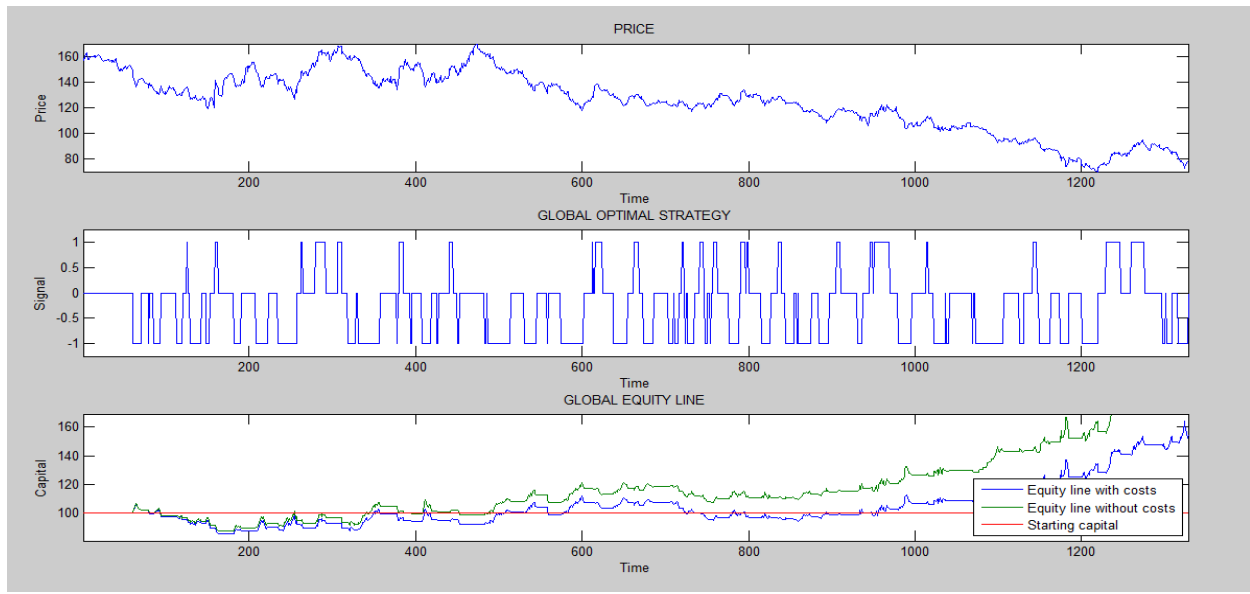
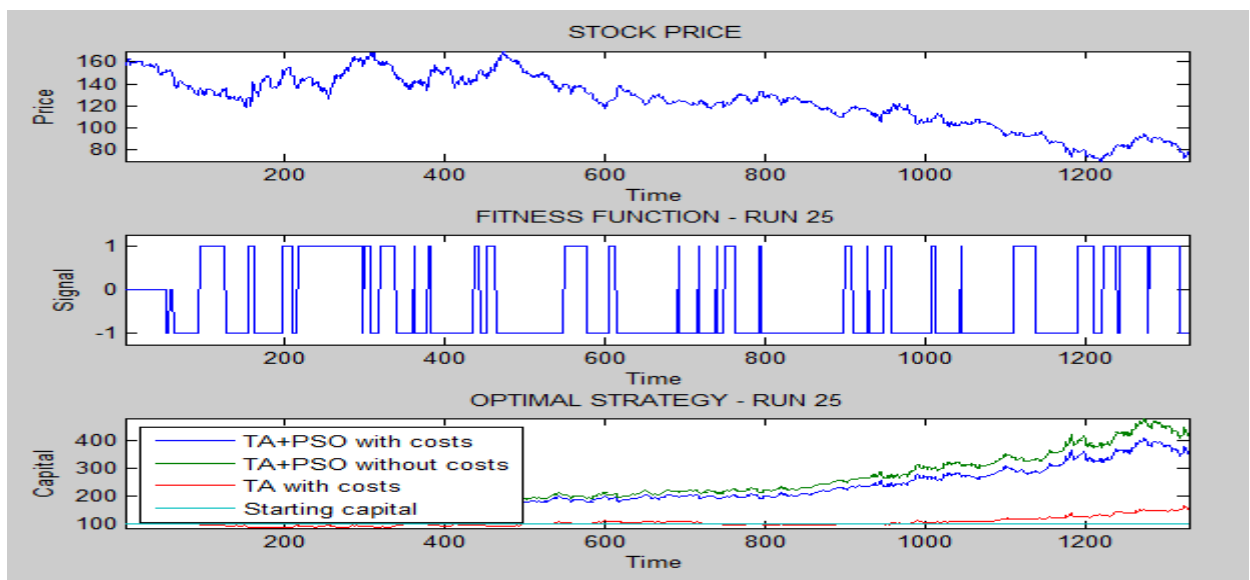


Grafico strategia TA+ PSO run 25



Dalla seguente tabella è possibile determinare i cambiamenti apportati dall'ottimizzazione del PSO sui valori dei parametri delle varie finestre degli indicatori e oscillatori nei vari run.

<sup>1</sup> Per equity line si intende la rappresentazione in forma grafica dei profitti generati dal trading system

Il valore classico della media mobile veloce e lenta è pari a 12 e 26 giorni, attraverso l'ottimizzazione il valore modale e mediano della Fast EMA è 8, invece per quanto riguarda la Slow EMA è 33 e 31.

Per quanto riguarda l'RSI e le Bollinger, il valore tradizionale è 26 giorni per entrambi invece il valore modale e mediano nell'ottimizzazione è rispettivamente 33 e 13 giorni.

Nel MACD il valore delle tre medie mobili che lo compongono nell'analisi tecnica tradizionale è rispettivamente 12, 26 e 9 giorni, invece dopo l'ottimizzazione i valori modali sono 1, 22, 25 e il valore mediano è pari a 14, 19 e 28 giorni.

#### *Lunghezza delle finestre nei vari run*

<b>Run</b>	<b>FastEMA</b>	<b>SlowEMA</b>	<b>RSI</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD</b>	<b>Bollinger</b>
<b>TA</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>26</b>
TA+PSO1	10	51	33	18	20	25	13
TA+PSO2	22	22	33	14	16	39	13
TA+PSO3	13	13	42	18	22	40	13
TA+PSO4	4	33	33	1	14	21	11
TA+PSO5	8	18	33	10	14	14	11
TA+PSO6	10	51	33	17	22	24	13
TA+PSO7	8	18	33	1	1	34	11
TA+PSO8	33	33	20	18	22	41	13
TA+PSO9	5	36	42	18	19	32	13
TA+PSO10	33	33	33	14	22	30	13
TA+PSO11	8	18	33	1	5	42	11
TA+PSO12	2	16	33	1	1	44	11
TA+PSO13	10	51	44	19	21	41	13
TA+PSO14	5	33	44	19	23	23	11
TA+PSO15	8	18	33	1	15	32	11
TA+PSO16	40	40	33	5	12	22	13
TA+PSO17	17	17	33	9	23	49	13
TA+PSO18	8	18	33	1	15	18	11
TA+PSO19	4	33	33	19	25	25	11
TA+PSO20	4	33	33	1	6	41	11
TA+PSO21	5	29	33	19	19	25	13
TA+PSO22	38	38	33	18	20	25	13
TA+PSO23	10	51	33	13	15	49	13
TA+PSO24	8	18	33	15	23	23	11
TA+PSO25	8	8	33	18	22	26	12



## Valori strategia TA+PSO

Run	C(T)	Min C(t)	Max C(t)	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
TA	155.1139	85.1312	164.3015	9.0492%		
TA+PSO1	273.2651	98.178	289.0244	21.9423%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO2	234.0551	98.178	251.1691	18.2716%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO3	256.4869	91.5395	319.0259	20.427%	94.8042%	98.7199%
TA+PSO4	303.9293	95.0854	350.0901	24.5286%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO5	243.4516	80.9409	262.4204	19.1938%	88.1777%	92.0934%
TA+PSO6	271.8595	98.178	287.5376	21.8183%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO7	326.5316	89.2731	376.1252	26.3039%	95.1807%	99.0964%
TA+PSO8	229.1045	98.178	251.8919	17.7736%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO9	249.0656	94.5791	267.6401	19.7313%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO10	389.6433	94.1338	430.9518	30.7859%	94.3524%	98.2681%
TA+PSO11	326.5316	89.2731	376.1252	26.3039%	95.1807%	99.0964%
TA+PSO12	282.5887	98.334	312.5476	22.7523%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO13	214.1301	98.178	234.3347	16.2131%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO14	242.7556	93.0432	271.6406	19.1265%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO15	325.8792	89.1581	375.3737	26.254%	95.1807%	99.0964%
TA+PSO16	315.8741	81.6375	362.9779	25.4795%	87.5% 92.	92.6205%
TA+PSO17	199.513	86.3237	212.6013	14.6029%	92.4699%	96.3855%
TA+PSO18	326.5316	89.2731	376.1252	26.3039%	95.1807%	99.0964%
TA+PSO19	274.1451	97.3898	296.2473	22.0197%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO20	303.9293	95.0854	350.0901	24.5286%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO21	271.492	91.9203	288.7655	21.7858%	94.8795%	98.7952%
TA+PSO22	371.6115	94.1338	421.1712	29.5687%	94.3524%	98.2681%
TA+PSO23	239.7895	98.178	253.6182	18.8378%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO24	319.9211	88.7452	368.5108	25.7952%	95.1054%	99.0211%
TA+PSO25	357.2463	97.1173	407.7358	28.5646%	94.4277%	98.3434%

**C(T)** = Valore finale dell'equity line

**Min C(t)** = Valore minimo dell'equity line

**Max C(t)** = Valore massimo dell'equity line

**Mean annual return** = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

Nella precedente tabella è possibile osservare i valori della strategia TA+PSO.

Il valore finale della strategia, nel caso in cui sia applicata unicamente l'analisi tecnica, è pari a 155.1139€ con rispettivamente un valore massimo e minimo registrato pari a 85.1312€ e 164.3015€.

Il valore medio finale della strategia TA+PSO nei 25 run effettuati è pari a 284.7068€ con un valore minimo medio di 92.95987€ e un massimo pari 317.582€.

Il rendimento della strategia TA è pari al 9.0492%, invece il rendimento medio della strategia TA+PSO è pari al 22.7565%.

Il trading system ottimizzato non funziona unicamente nel caso in cui la strategia basata sull'analisi tecnica dia un rendimento positivo, infatti nel caso di BASF, Bayer, BMW e Deutsche Bank il rendimento della strategia TA è negativo ma attraverso l'applicazione del PSO è possibile ottenere un rendimento medio annuale positivo.

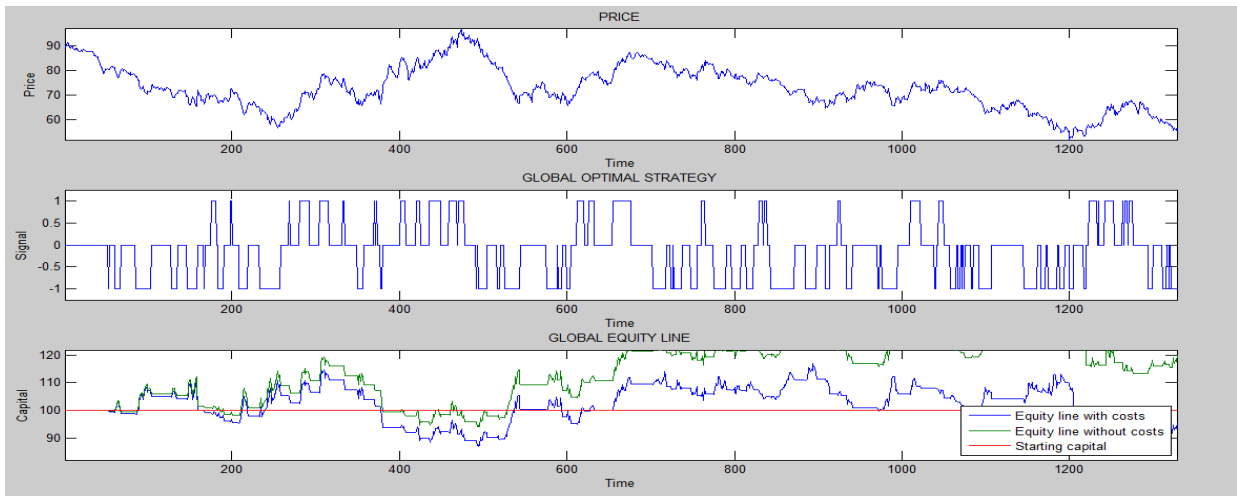
I grafici raffigurano la strategia TA e TA+PSO dell'azione BASF.

L'andamento dell'azione nei cinque anni di analisi è tendenzialmente negativo e anche in questo caso come nell'azione precedentemente descritta, i momenti in cui la strategia TA+PSO non genera né un segnale di acquisto né uno di vendita sono nettamente inferiori rispetto alla strategia TA.

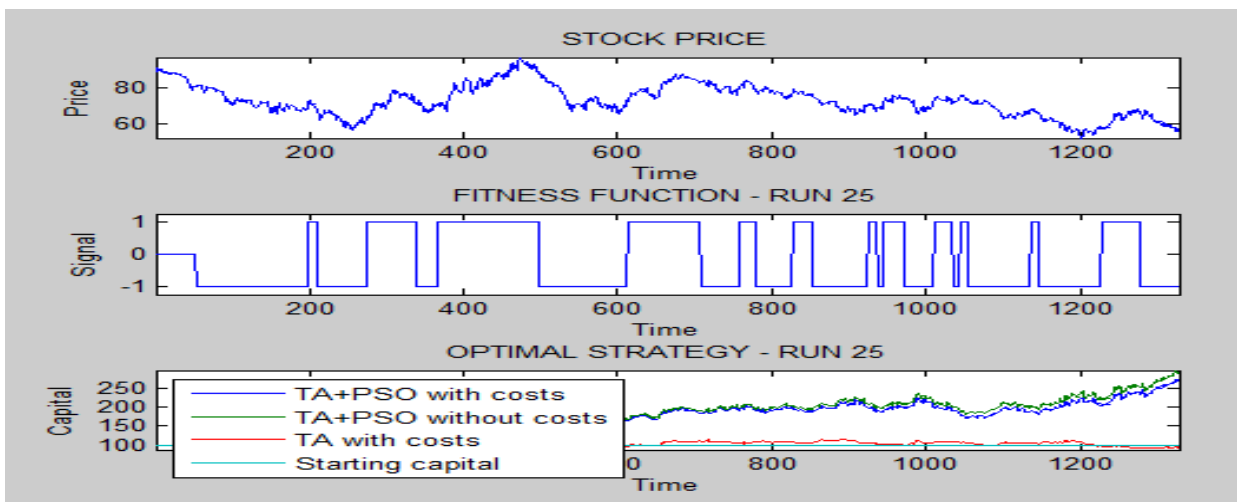
Analizzando l'equity line è possibile notare come nella strategia basata unicamente sull'analisi tecnica, il valore dell'equity incrocia ripetutamente la linea rossa, la quale rappresenta il capitale iniziale, per poi chiudere in negativo nella fase finale di analisi.

La situazione è nettamente migliore nella strategia TA+PSO, infatti in questo caso l'equity in tutto il periodo preso in esame è costantemente superiore rispetto al capitale iniziale e presenta addirittura un andamento in costante crescita.

### Strategia finale (solo analisi tecnica)



Esempio grafico TA+ PSO run 25



Il miglioramento della prestazione non è unicamente visibile attraverso i grafici ma è supportato anche dai dati riepilogativi estrapolati dall'analisi dell'azione.

La strategia basata sull'analisi tecnica ha ottenuto un rendimento medio annuo pari al -0.87%, invece la strategia basata sull'ottimizzazione dell'analisi tecnica attraverso il PSO ha ottenuto un rendimento medio annuo pari al 20.8311%.

Tabella riepilogativa dei risultati dell'azione BASF

	$C(T)$	Min $C(t)$	Max $C(t)$	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
<b>Strategia TA</b>	95.6842	87.1912	116.8323	-0.87%		
<b>Strategia TA+PSO Val m</b>	261.1358	96.17936	263.8372	20.8311%	93.1656%	97.1596%

Valori strategia TA+PSO BASF completa

Run	C(T)	Min C(t)	Max C(t)	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
TA	95.6842	87.1912	116.8323	-0.86681%		
TA+PSO1	271.4775	98.1535	271.4775	21.7845%	95.5572%	99.5482%
TA+PSO2	260.6596	93.0373	260.6596	20.8111%	90.3614%	94.3524%
TA+PSO3	260.0712	96.1133	260.0712	20.7573%	94.7289%	99.0964%
TA+PSO4	262.4373	97.2549	262.4373	20.9733%	91.7169%	95.6325%
TA+PSO5	268.0788	95.9597	268.0788	21.4821%	91.0392%	94.9548%
TA+PSO6	227.5254	97.7361	246.4826	17.613%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO7	259.6786	97.7361	281.1464	20.7213%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO8	236.26	99.2714	236.26	18.4906%	96.009%	99.9247%
TA+PSO9	257.124	90.8219	257.124	20.486%	85.0151%	88.9307%
TA+PSO10	260.6596	93.0373	260.6596	20.8111%	90.3614%	94.3524%
TA+PSO11	276.8722	98.1535	276.8722	22.2583%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO12	249.8808	93.0373	249.8808	19.8085%	90.3614%	94.3524%
TA+PSO13	259.6786	97.7361	281.1464	20.7213%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO14	260.6596	93.0373	260.6596	20.8111%	90.3614%	94.3524%
TA+PSO15	260.6596	93.0373	260.6596	20.8111%	90.3614%	94.3524%
TA+PSO16	276.8722	98.1535	276.8722	22.2583%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO17	253.5616	91.6679	253.5616	20.1547%	87.3494%	91.3404%
TA+PSO18	270.8026	98.1535	270.8026	21.7247%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO19	276.8722	98.1535	276.8722	22.2583%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO20	249.7447	97.5674	251.6186	19.7956%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO21	278.2723	95.406	278.2723	22.38%	93.6747%	97.6657%
TA+PSO22	260.0835	97.5674	262.0349	20.7584%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO23	242.1144	97.3849	243.931	19.0643%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO24	271.4775	98.1535	271.4775	21.7845%	95.557%	99.5482%
TA+PSO25	276.8722	98.1535	276.8722	22.2583%	95.4819%	99.4729%

**C(T)** = Valore finale dell'equity line

**Min C(t)** = Valore minimo dell'equity line

**Max C(t)** = Valore massimo dell'equity line

**Mean annual return** = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

## 4 - CONCLUSIONI

Nella tesi è stato affrontato il tema di utilizzare l'analisi tecnica per la creazione di un trading system, tenendo conto che il settaggio dei parametri definiti dalla teoria, da cui dipendono gli indicatori e gli oscillatori, potrebbe non essere ottimale.

Nel caso in cui il settaggio non sia ottimale è necessario effettuare un'ottimizzazione che in questo lavoro è stato effettuato attraverso l'uso del Particle swarm optimisation.

Come è possibile constatare dalla seguente tabella riepilogativa, il trading system ottimizzato da sempre dei rendimenti migliori rispetto al trading system basato unicamente sull'analisi tecnica.

In particolare, la bontà della strategia impiegata è possibile notarla nel caso dei titoli BASF, Bayer, BMW e Deutsche Telekom dove il rendimento medio annuale della strategia basata sull'analisi tecnica con settaggio dei parametri definito dalla teoria è negativo invece usando sugli stessi dati, la strategia ottimizzata con il PSO ottiene un rendimento positivo.

Nella tabella è indicata l'approssimazione dell'intervallo di confidenza al 95% del rendimento medio di tutte le azione analizzate.

<b>Azione</b>	<b>Analisi tecnica rendimento medio annuale</b>	<b>Analisi tecnica+PSO rendimento medio annuale</b>	<b>Intervallo di confidenza <math>[\mu-1.96\sigma, \mu+1.96\sigma]</math></b>
<b>Allianz</b>	9.0492%	21.0760%	[ 14.4579% , 31.0621%]
<b>BASF</b>	-0.86681%	19.3379%	[18.4532% , 23.2068%]
<b>Bayer</b>	-2.1123%	17.0596%	[ 9.3846% , 27.7354%]
<b>BMW</b>	-1.6045%	22.9432%	[16.7575% , 31.4225%]
<b>Daimler</b>	5.3216%	24.1244%	[15.9431% , 32.2969%]
<b>Deutsche Bank</b>	3.6467%	41.7299%	[14.0932% , 72.3068%]
<b>Deutsche Telekom</b>	-9.5443%	18.4243%	[7.8191% , 29.9809%]
<b>ThyssenKrupp</b>	14.3236%	27.6204%	[19.0543% , 41.6457%]

Questi risultati sono stati ottenuti attraverso un'analisi in the sample, quindi per verificare la validità di questo trading system sarebbe necessario anche controllare la capacità di generalizzazione della procedura effettuando un'analisi out of sample.

Il punto di forza di questo trading system consiste nell'ottimizzazione di segnali provenienti da differenti oscillatori e indicatori presenti nell'analisi tecnica.

Questo permette di creare una strategia in grado di generare segnali di acquisto e vendita più attendibili poiché ogni regola raccoglie informazioni differenti, le quali una volta combinate forniscono una strategia più precisa.

Essendo stata impostata come una strategia generale, probabilmente ottimizzando il trading system per le caratteristiche di un determinato indice o settore economico è possibile ottenere dei rendimenti ancora migliori.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1** William Brock, Josef Lakonishok, Blake LeBaron .(1992). *Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns. Journal of Finance, Volume 47, Issue 5, pages 1731-1764.*
- 2** Bessembinder, H., & Chan, K. (1995). *The profitability of technical trading rules in the Asian stock market. Pacific-Basin Finance Journal, 3(2-3), pages 257-284.*
- 3** Terence C. Mills. (1997). *Technical Analysis and the London Stock Exchange: Testing trading rules using the FT30. Technical Analysis and Financial Markets, vol. 2, issue 4, pages 319–331.*
- 4** Fernando Fernández-Rodríguez, Simón Sosvilla-Rivero, Julián Andrada-Félix. (1999). *Technical analysis in the Madrid stock exchange. FEDEA Working Paper No. 99-05.*
- 5** Andrew W. Lo, A.Craig MacKinlay. (1990). *When are contrarian profits due to stock market overreaction?. The Review of Financial Studies, vol. 3, no. 2, pages 175-205.*
- 6** Franklin Allen, Risto Karjalainen. (1990). *Using genetic algorithms to find technical trading rules. Journal of Financial Economics, 1999, vol. 51, issue 2, pages 245-271.*
- 7** Fei Wang, Philip L.H. You , David W. Cheung. (2014). *Combining technical trading rules using particle swarm optimization. Expert Systems with Applications: An International Journal, Vol. 41,issue 6, pages 3016-3026.*
- 8** A. Skabar, I. Cloete. (2002) *Neural networks, financial trading and the efficient markets hypothesis. Proceedings of the Twenty-fifth Australasian Conference on Computer Science, Australian Computer Society, Inc., Darlinghurst, Australia.*

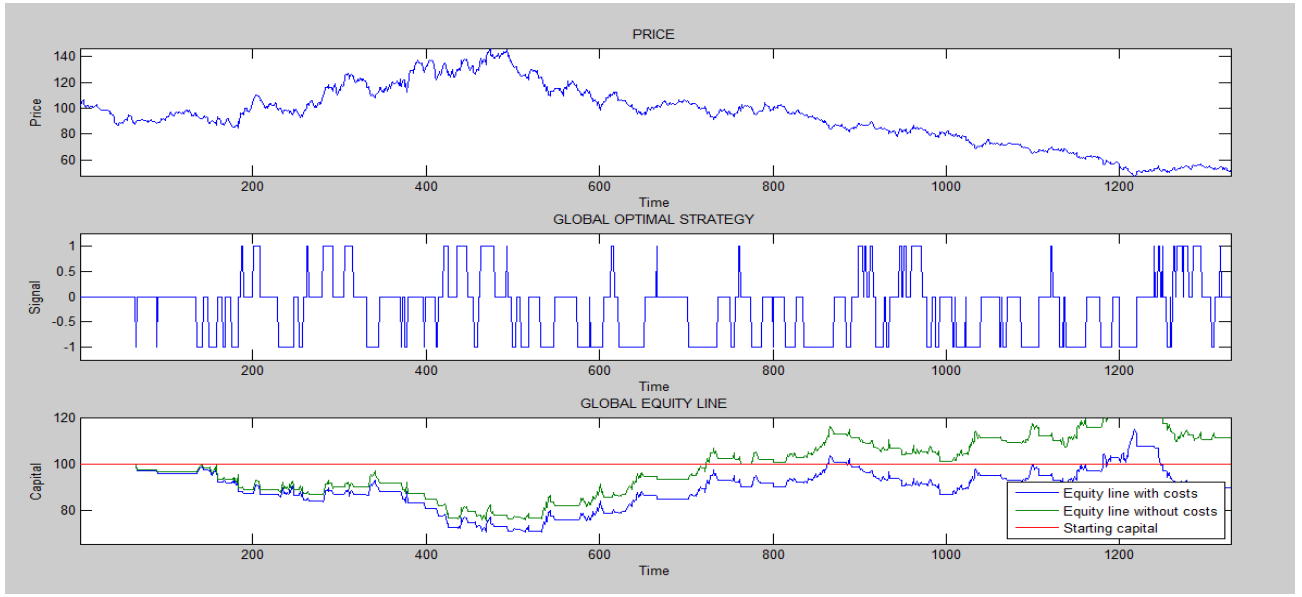
- 9** Fernando Fernández-Rodríguez, Christian González-Martel, Simón Sosvilla-Rivero. (2001). Optimisation of technical rules by genetic algorithms: Evidence from the Madrid stock market. *FEDEA Working Paper No. 2001-14*.
- 10** Richard J. Bauer. (1994). *Genetic algorithms and investment strategies*. John Wiley and Sons, New York.
- 11** David de la Fuente, Alejandro Garrido, Jaime Laviada, Alberto Gómez. (2006). *Genetic algorithms to optimise the time to make stock market investment. Proceedings of the 8<sup>th</sup> annual conference on Genetic and evolutionary computation, pages 1857-1858*.
- 12** Phoebe S. Wiles, David Enke. (2015). *Optimizing MACD Parameters via Genetic Algorithms for Soybean Futures. Procedia Computer Science, volume 61, 2015, pages 85-91*.
- 13** Claudio Pizzi, Marco Corazza, Francesca Parpinel. (2016). *Evolutionary approach to improve trading systems and combine statistical forecasting models. Conference on Mathematical and Statistical Methods for Actuarial Science and Finance, Université Paris-Dauphine, March 2016*.



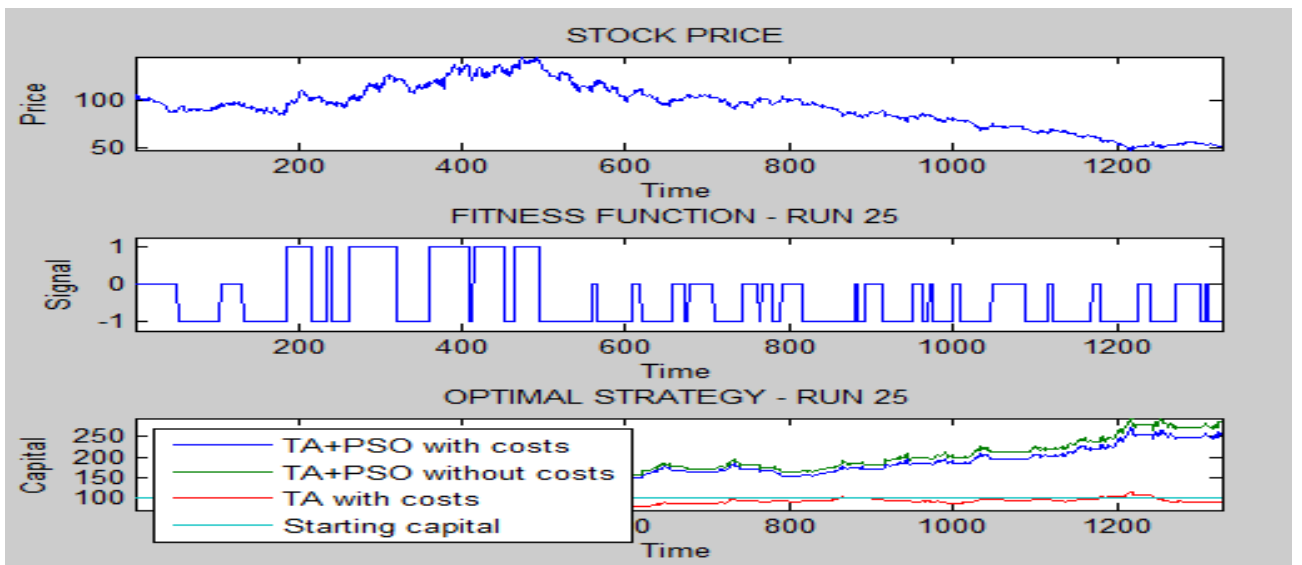
# APPENDICE A

Bayer Aktiengesellschaft (BAYN.DE)

*Strategia finale (solo analisi tecnica)*



*Esempio grafico TA+ PSO run 25*



Analisi del campione Bayer Aktiengesellschaft (BAYN.DE)

Lunghezza delle finestre nei vari run

<b>Run</b>	<b>Fast EMA</b>	<b>Slow EMA</b>	<b>RSI</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD</b>	<b>Bollinger</b>
<b>TA</b>	12	26	26	12	26	9	26
<b>TA+PSO1</b>	20	52	52	1	27	52	15
<b>TA+PSO2</b>	18	45	45	1	5	17	15
<b>TA+PSO3</b>	18	45	49	1	14	52	15
<b>TA+PSO4</b>	18	45	49	1	6	19	15
<b>TA+PSO5</b>	20	52	48	8	16	30	15
<b>TA+PSO6</b>	20	52	52	5	27	36	15
<b>TA+PSO7</b>	30	51	52	21	26	52	52
<b>TA+PSO8</b>	19	44	48	1	16	38	15
<b>TA+PSO9</b>	18	45	49	10	18	18	15
<b>TA+PSO10</b>	20	52	35	1	18	51	49
<b>TA+PSO11</b>	21	51	50	17	29	52	29
<b>TA+PSO12</b>	29	29	49	21	27	42	15
<b>TA+PSO13</b>	21	51	52	1	18	44	15
<b>TA+PSO14</b>	41	52	49	7	20	27	15
<b>TA+PSO15</b>	41	52	51	6	17	51	15
<b>TA+PSO16</b>	18	45	49	1	41	52	15
<b>TA+PSO17</b>	43	50	52	16	22	22	49
<b>TA+PSO18</b>	20	52	52	24	26	43	3
<b>TA+PSO19</b>	20	52	49	1	13	20	15
<b>TA+PSO20</b>	20	52	51	23	30	32	15
<b>TA+PSO21</b>	20	52	48	1	15	51	15
<b>TA+PSO22</b>	43	50	52	1	29	48	15
<b>TA+PSO23</b>	31	35	49	1	14	35	15
<b>TA+PSO24</b>	20	52	46	17	29	52	29
<b>TA+PSO25</b>	20	52	52	20	25	52	29

## Valori strategia TA+PSO

Run	<i>C(T)</i>	<i>Min C(t)</i>	<i>Max C(t)</i>	<i>Mean annual return</i>	<i>PSO+AT&gt;AT</i>	<i>PSO+AT≥AT</i>
TA	89.7458	70.5494	115.3384	-2.1123%		
TA+PSO1	225.9866	91.5073	269.1598	17.4556%	93.4488%	97.3645%
TA+PSO2	247.2952	93.6691	276.7706	19.5628%	94.1265%	98.0422%
TA+PSO3	241.5061	92.2068	271.9208	19.0052%	93.75%	97.6657%
TA+PSO4	247.2952	93.6691	276.7706	19.5628%	94.1265%	98.0422%
TA+PSO5	249.8619	70.1016	291.8465	19.8067%	87.1235%	91.0392%
TA+PSO6	283.7234	79.7421	312.5552	22.8494%	92.4699%	96.3855%
TA+PSO7	188.4065	90.9647	189.9958	13.3148%	92.0934%	96.009%
TA+PSO8	247.2952	93.6691	276.7706	19.5628%	94.1265%	98.0422%
TA+PSO9	247.2952	93.6691	276.7706	19.5628%	94.1265%	98.0422%
TA+PSO10	258.8464	91.6695	278.4526	20.6448%	91.2651%	95.1807%
TA+PSO11	260.1662	90.0669	267.2836	20.766%	92.0934%	96.009%
TA+PSO12	262.7689	95.7215	262.7689	21.0034%	95.3313%	99.247%
TA+PSO13	225.9866	91.5073	269.1598	17.4556%	93.4488%	97.3645%
TA+PSO14	269.3353	71.8071	294.9408	21.5942%	82.3795%	86.2952%
TA+PSO15	276.8218	78.8798	298.6674	-2.1123%	89.2319%	93.1476%
TA+PSO16	239.3633	92.2068	269.5082	18.7961%	93.75%	97.6657%
TA+PSO17	238.4417	92.3258	275.1663	18.7057%	93.75%	97.6657%
TA+PSO18	247.0462	92.5752	260.8542	19.5391%	92.0934%	96.009%
TA+PSO19	238.6671	91.5073	284.2629	18.7279%	93.4488%	97.3645%
TA+PSO20	263.3847	86.7723	267.7728	21.0593%	93.0723%	96.988%
TA+PSO21	238.6671	91.5073	284.2629	18.7279%	93.4488%	97.3645%
TA+PSO22	228.9415	87.1505	260.5333	17.7571%	92.0181%	95.9337%
TA+PSO23	238.4417	92.3258	275.1663	18.7057%	93.75%	97.6657%
TA+PSO24	262.8636	90.0669	270.0549	21.012%	92.0934%	96.009%
TA+PSO25	263.0156	90.0669	270.211	21.0258%	92.0934%	96.009%

*C(T)* = Valore finale dell'equity line

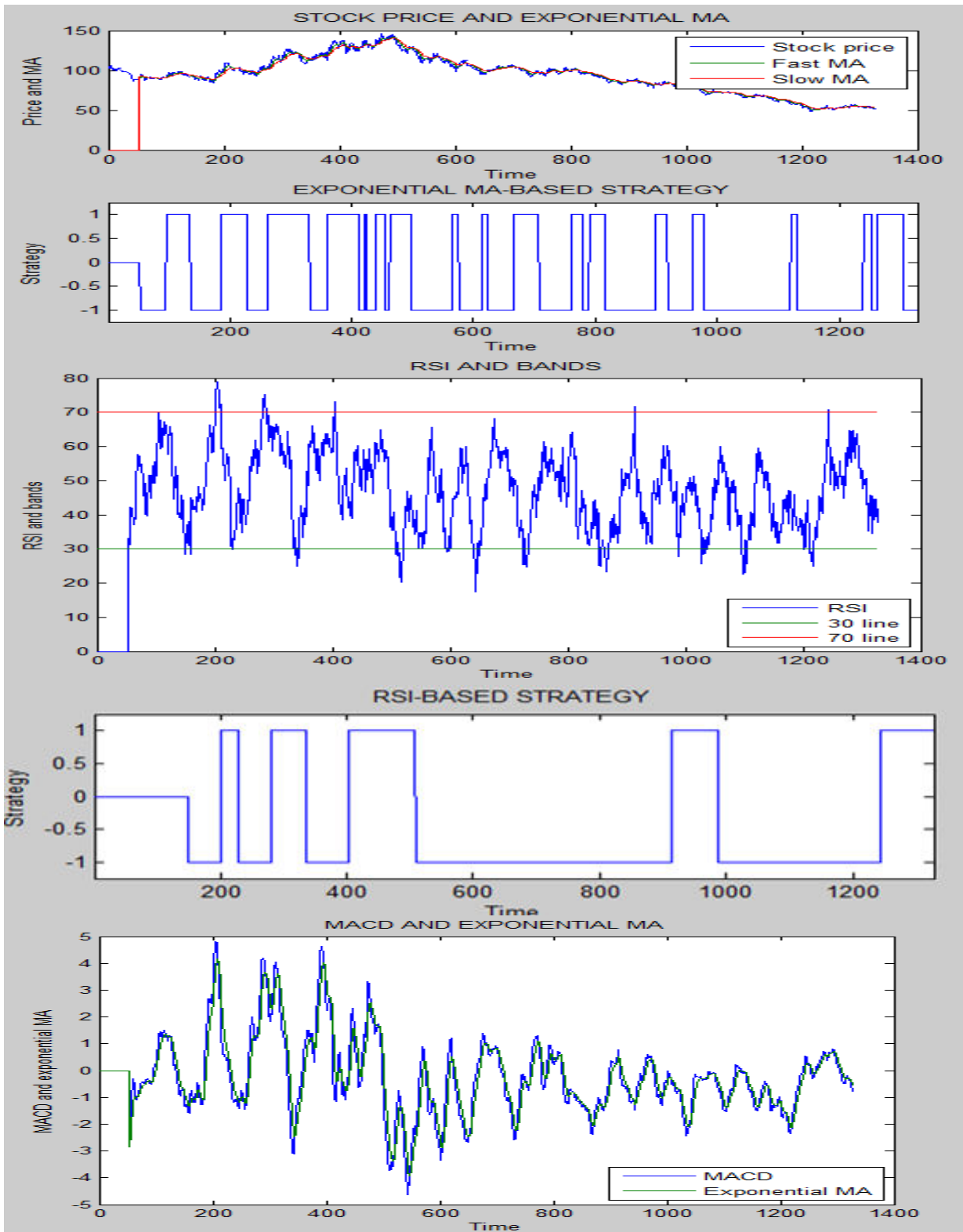
*Min C(t)* = Valore minimo dell'equity line

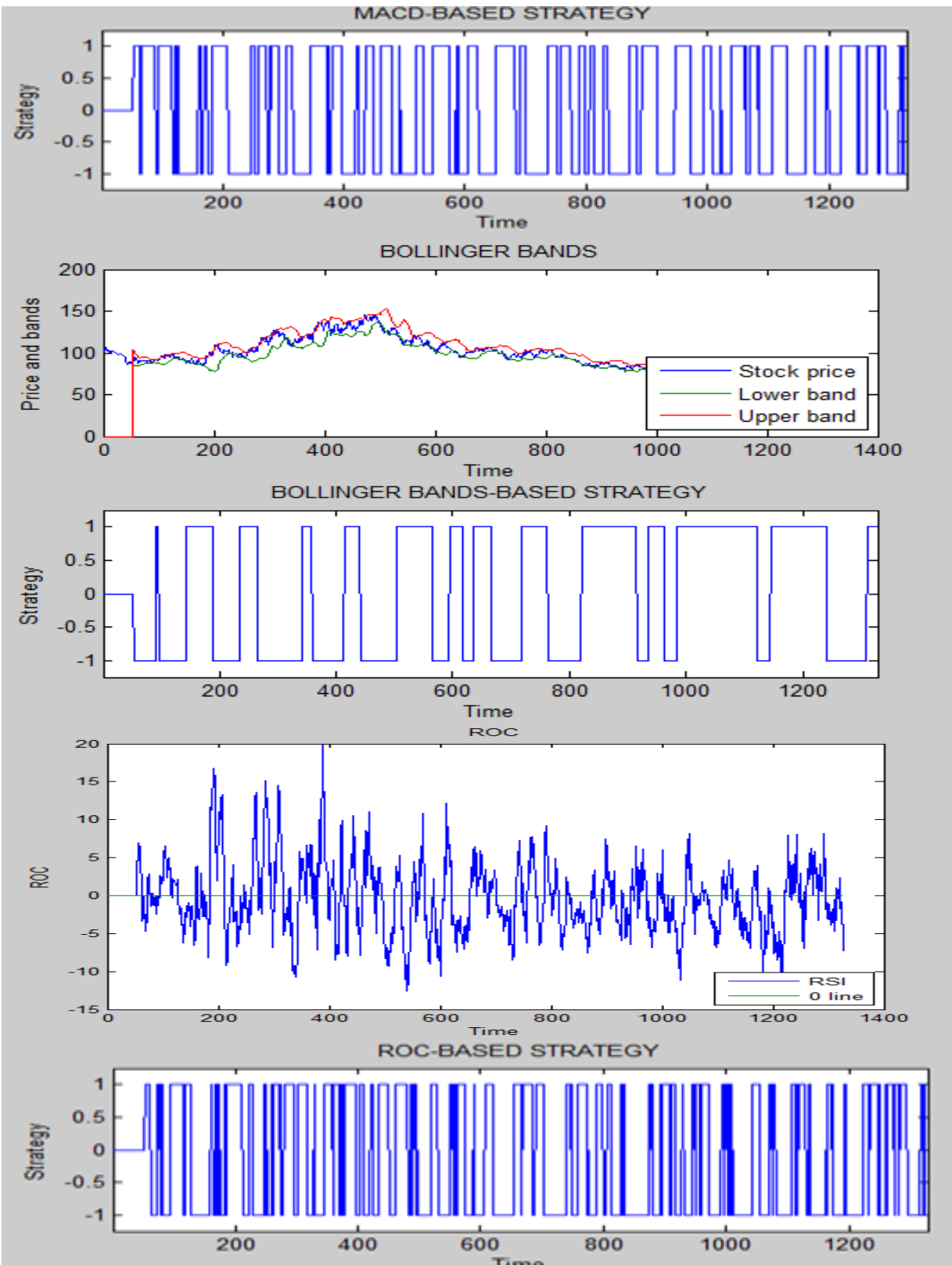
*Max C(t)* = Valore massimo dell'equity line

*Mean annual return* = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

Grafici analisi tecnica Bayer Aktiengesellschaft (BAYN.DE)

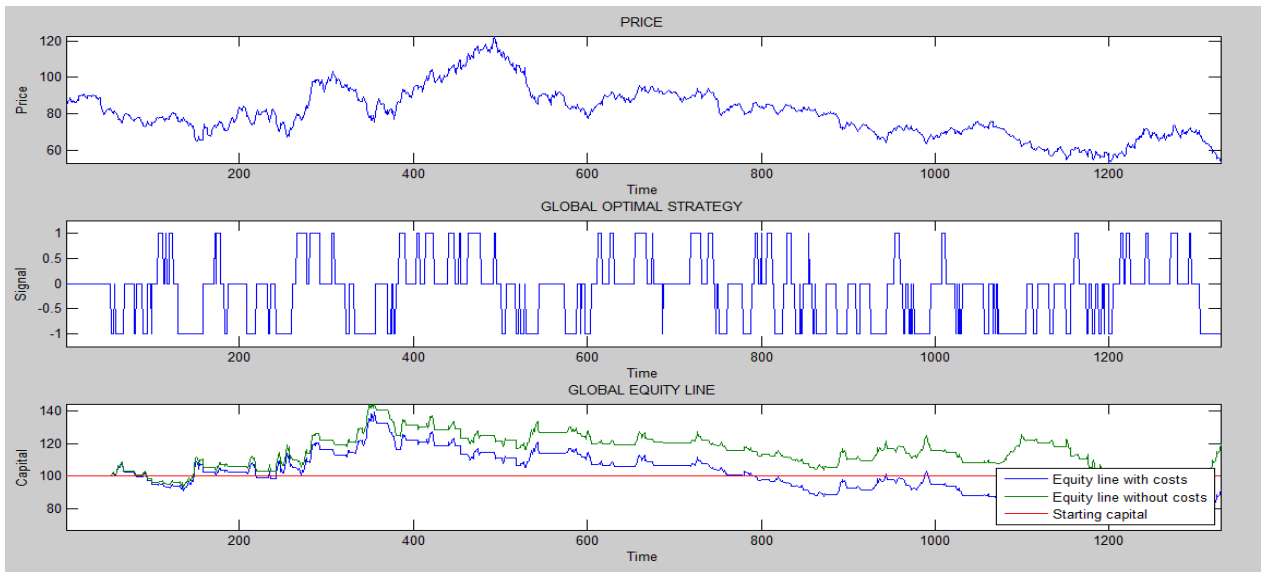




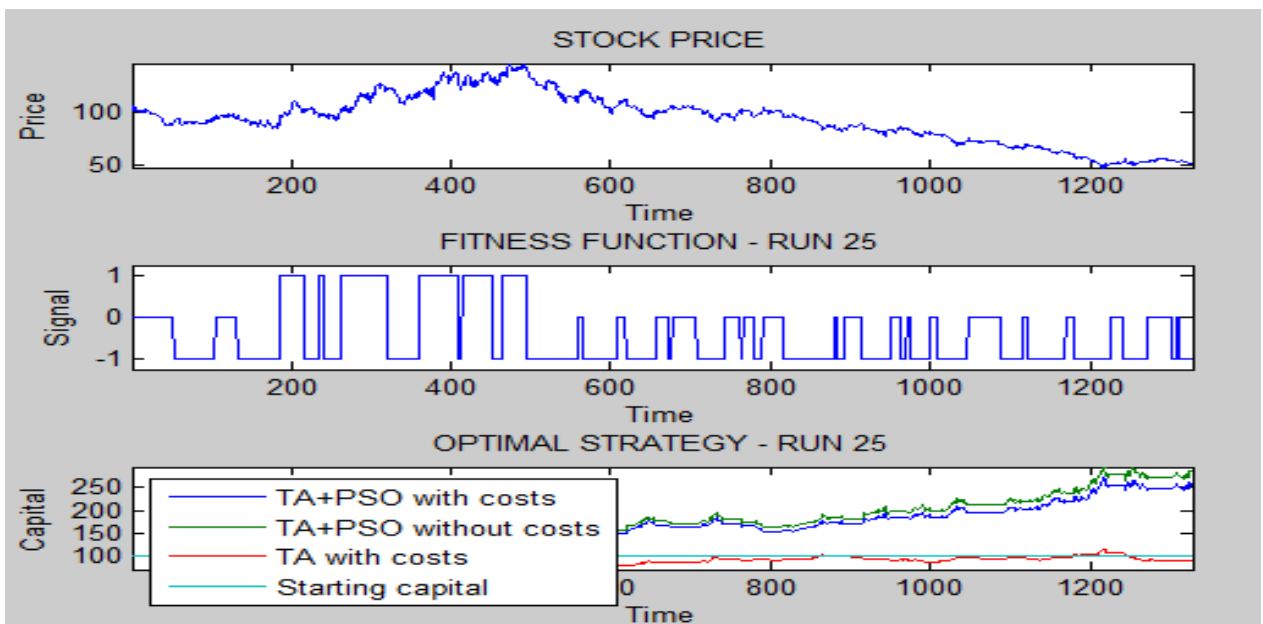
## APPENDICE B

Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW.DE)

Strategia finale (solo analisi tecnica)



Esempio grafico TA+ PSO run 25



Analisi del campione Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW.DE)

Run	Fast EMA	Slow EMA	RSI	MACD	MACD	MACD	Bollinger
TA	12	26	26	12	26	9	26
TA+PSO1	20	27	23	3	22	50	1
TA+PSO2	22	23	23	3	26	40	1
TA+PSO3	17	32	52	1	20	45	13
TA+PSO4	22	25	21	1	15	50	32
TA+PSO5	14	25	28	8	28	41	1
TA+PSO6	10	29	29	12	16	33	1
TA+PSO7	5	50	29	13	16	28	1
TA+PSO8	17	31	52	1	8	23	1
TA+PSO9	21	26	28	11	25	31	1
TA+PSO10	20	27	23	4	19	51	1
TA+PSO11	17	32	52	1	25	47	13
TA+PSO12	22	23	23	5	22	34	1
TA+PSO13	15	36	21	2	2	5	1
TA+PSO14	21	25	21	2	2	5	1
TA+PSO15	15	23	20	1	1	2	18
TA+PSO16	18	35	22	2	2	27	1
TA+PSO17	19	28	21	1	33	51	32
TA+PSO18	10	16	21	1	9	15	9
TA+PSO19	19	20	21	1	7	38	9
TA+PSO20	13	26	29	20	20	22	1
TA+PSO21	17	23	21	1	10	31	9
TA+PSO22	17	31	21	1	5	11	45
TA+PSO23	19	28	23	4	22	42	1
TA+PSO24	13	26	41	9	23	52	1
TA+PSO25	21	26	21	1	6	36	32

Valori strategia TA+PSO

Run	C(T)	Min C(t)	Max C(t)	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
TA	92.1302	71.6715	139.3733	-1.6045%		
TA+PSO1	344.2132	95.0014	344.2132	27.6251%	92.4699%	96.6867%
TA+PSO2	292.9171	93.3901	292.9171	23.625%	88.0271%	92.244%
TA+PSO3	248.5431	82.8214	248.5431	19.6817%	78.6898%	82.9066%
TA+PSO4	302.2622	83.5558	302.2622	24.3935%	90.2108%	94.4277%
TA+PSO5	304.2835	97.0667	304.2835	24.5572%	93.8253%	98.0422%
TA+PSO6	283.7137	92.1898	283.7137	22.8486%	86.1446%	90.3614%
TA+PSO7	245.3867	91.9702	245.3867	19.3802%	84.6386%	88.8554%
TA+PSO8	206.4243	93.4119	206.4243	15.3756%	85.1657%	89.3825%
TA+PSO9	295.797	93.9291	295.797	23.8639%	91.5663%	95.7831%
TA+PSO10	303.1049	92.2464	303.1049	24.4619%	89.759%	93.9759%
TA+PSO11	230.6981	82.9076	230.6981	17.9349%	78.7651%	82.9819%
TA+PSO12	339.7845	95.2081	339.7845	27.2994%	92.4699%	96.6867%
TA+PSO13	384.1508	97.53	384.1508	30.42%	95.4066%	99.5482%
TA+PSO14	417.661	97.53	417.661	32.5903%	95.4066%	99.5482%
TA+PSO15	291.5669	97.9922	291.5669	23.5123%	95.1054%	99.3223%
TA+PSO16	363.4387	98.894	364.7667	29.0013%	94.5783%	98.494%
TA+PSO17	302.2622	83.5558	302.2622	24.3935%	90.2108%	94.4277%
TA+PSO18	289.0344	94.6116	289.0344	23.2999%	92.6205%	96.8373%
TA+PSO19	289.0344	94.6116	289.0344	23.2999%	92.6205%	96.8373%
TA+PSO20	292.8861	95.052	292.8861	23.6224%	93.1476%	97.3645%
TA+PSO21	289.0344	94.6116	289.0344	23.2999%	92.6205%	96.8373%
TA+PSO22	283.9932	82.1921	283.9932	22.8725%	86.0693%	90.2108%
TA+PSO23	345.7129	95.0014	345.7129	27.7347%	92.4699%	96.6867%
TA+PSO24	283.5296	97.0636	283.5296	22.8329%	93.8253%	98.0422%
TA+PSO25	302.2622	83.5558	302.2622	24.3935%	90.2108%	94.4277%

**C(T)** = Valore finale dell'equity line

**Min C(t)** = Valore minimo dell'equity line

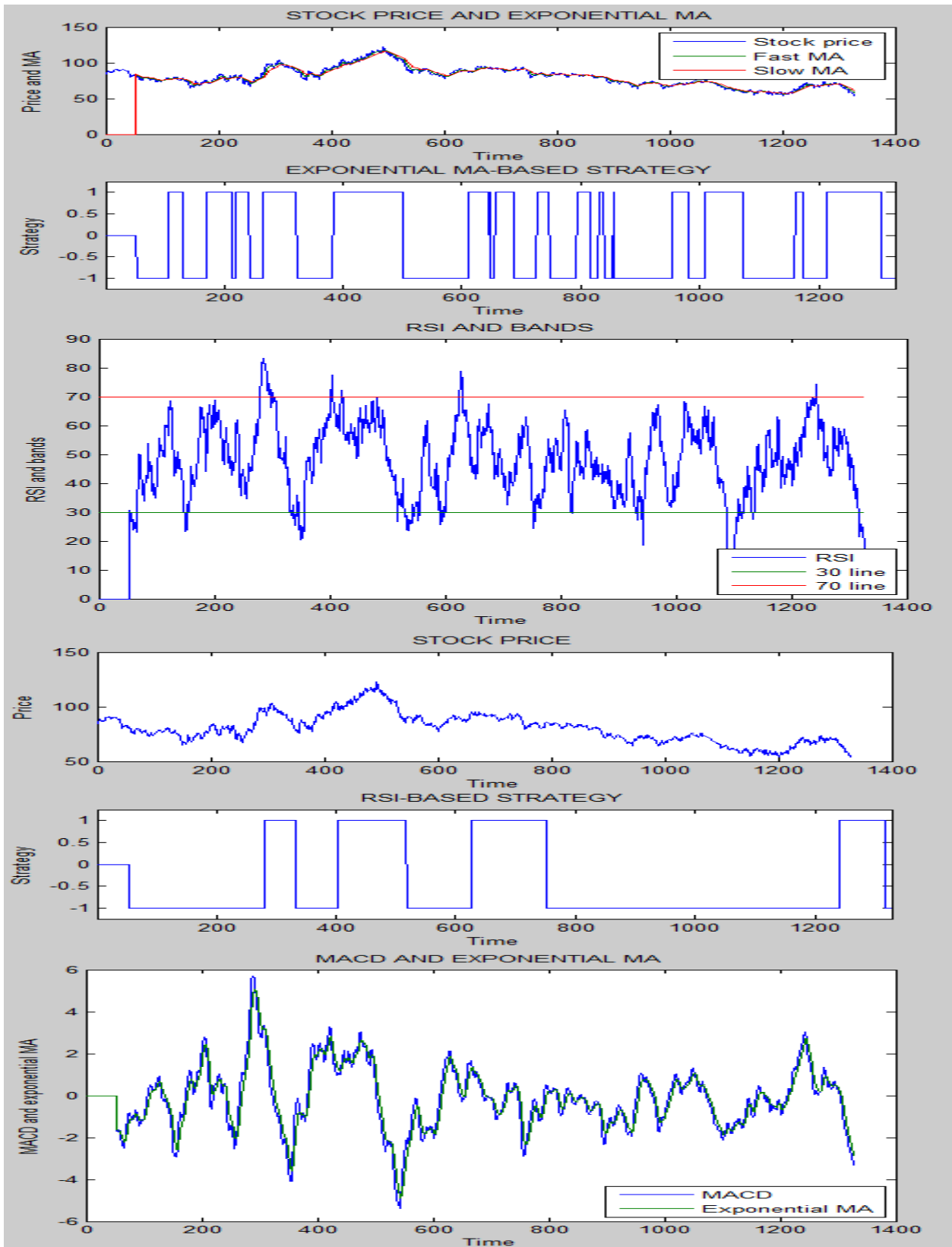
**Max C(t)** = Valore massimo dell'equity line

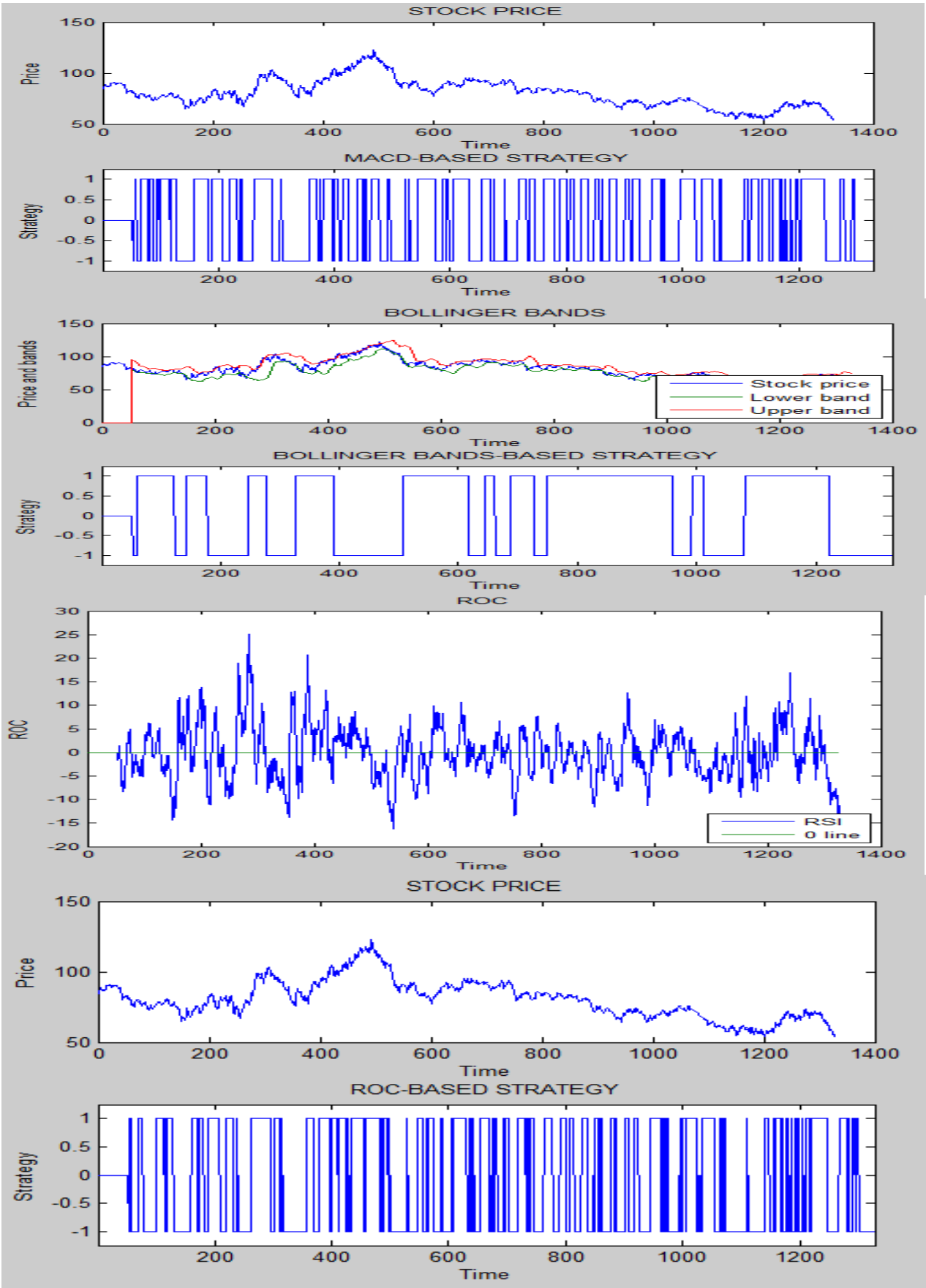
**Mean annual return** = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione



Grafici analisi tecnica Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft (BMW.DE)

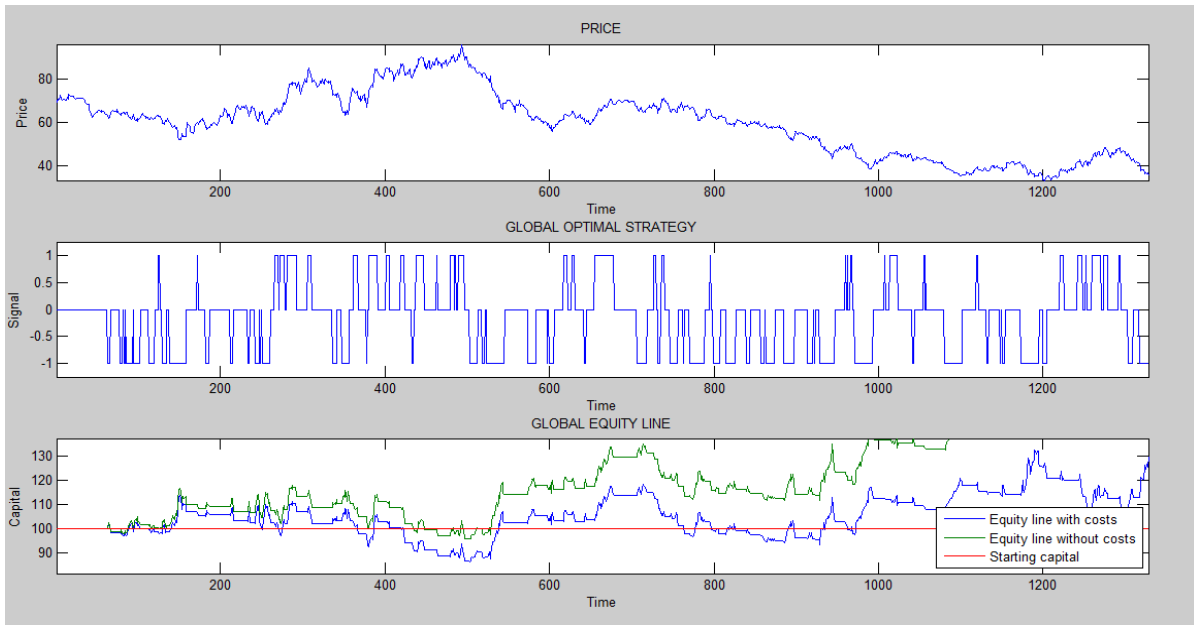




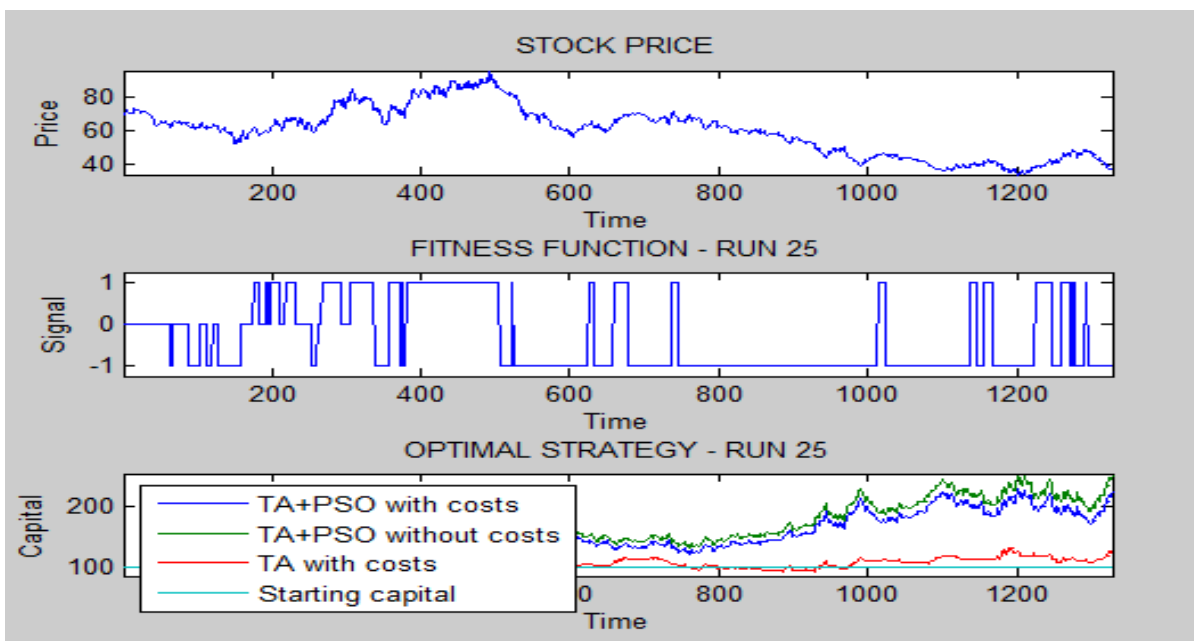
## APPENDICE C

Daimler AG (DAI.DE)

Strategia finale (solo analisi tecnica)



Esempio grafico della strategia TA+ PSO (run 25)



## Analisi del campione Daimler AG (DAI.DE)

### Lunghezza delle finestre nei vari run

Run	Fast EMA	Slow EMA	RSI	MACD	MACD	MACD	Bollinger
TA	12	26	26	12	26	9	26
TA+PSO1	18	32	15	1	18	50	32
TA+PSO2	12	41	15	1	14	34	24
TA+PSO3	15	36	52	24	35	47	1
TA+PSO4	21	28	15	1	14	26	32
TA+PSO5	15	36	15	1	24	45	32
TA+PSO6	20	41	24	2	8	50	1
TA+PSO7	10	52	15	1	12	23	37
TA+PSO8	23	27	52	3	12	52	1
TA+PSO9	23	37	24	7	15	52	1
TA+PSO10	10	52	15	1	21	51	37
TA+PSO11	20	33	13	1	14	24	52
TA+PSO12	15	36	15	29	52	52	37
TA+PSO13	15	36	15	1	10	41	32
TA+PSO14	12	41	15	1	1	42	24
TA+PSO15	24	26	15	14	19	45	1
TA+PSO16	22	28	26	20	39	50	1
TA+PSO17	17	33	15	1	21	34	32
TA+PSO18	29	52	50	16	36	47	1
TA+PSO19	21	28	15	1	1	21	32
TA+PSO20	15	36	15	1	20	46	32
TA+PSO21	18	32	15	1	21	24	32
TA+PSO22	15	36	15	1	13	43	32
TA+PSO23	20	39	52	9	15	22	1
TA+PSO24	20	39	52	10	13	23	1
TA+PSO25	20	39	52	9	15	22	1

Valori strategia TA+PSO

Run	C(T) Min	C(t)	Max C(t)	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
TA	130.0486	86.4514	132.2961	5.3216%		
TA+PSO1	343.2907	99.0301	343.2907	27.5576%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO2	340.1546	99.0301	340.1546	27.3268%	93.9006%	97.8163%
TA+PSO3	340.5383	99.0301	340.5383	27.3551%	95.8584%	99.7741%
TA+PSO4	343.2907	99.0301	343.2907	27.5576%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO5	343.4095	99.0301	343.4095	27.5663%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO6	263.0465	96.2554	271.1527	21.0286%	92.4699%	96.9127%
TA+PSO7	302.1977	99.0301	302.1977	24.3883%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO8	247.7013	89.6871	254.1634	19.6016%	79.6687%	83.5843%
TA+PSO9	230.0007	94.2611	230.0007	17.8644%	91.7922%	95.7078%
TA+PSO10	302.1977	99.0301	302.1977	24.3883%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO11	236.5551	99.0301	236.5551	18.5198%	95.5572%	99.4729%
TA+PSO12	331.8391	99.0301	331.8391	26.7064%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO13	343.4095	99.0301	343.4095	27.5663%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO14	340.1546	99.0301	340.1546	27.3268%	93.9006%	97.8163%
TA+PSO15	236.8919	94.3239	236.8919	18.5531%	89.2319%	93.1476%
TA+PSO16	313.9525	99.0301	313.9525	25.3285%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO17	343.2907	99.0301	343.2907	27.5576%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO18	311.1424	99.0301	311.1424	25.1063%	95.8584%	99.7741%
TA+PSO19	343.2907	99.0301	343.2907	27.5576%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO20	343.4095	99.0301	343.4095	27.5663%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO21	343.2907	99.0301	343.2907	27.5576%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO22	339.9753	99.0301	339.9753	27.3135%	95.4819%	99.3976%
TA+PSO23	226.5261	93.4085	229.0916	17.5109%	79.2169%	83.8855%
TA+PSO24	219.6034	93.4085	222.1916	16.7934%	78.012%	82.6807%
TA+PSO25	226.5261	93.4085	229.0916	17.5109%	79.2169%	83.8855%

$C(T)$  = Valore finale dell'equity line

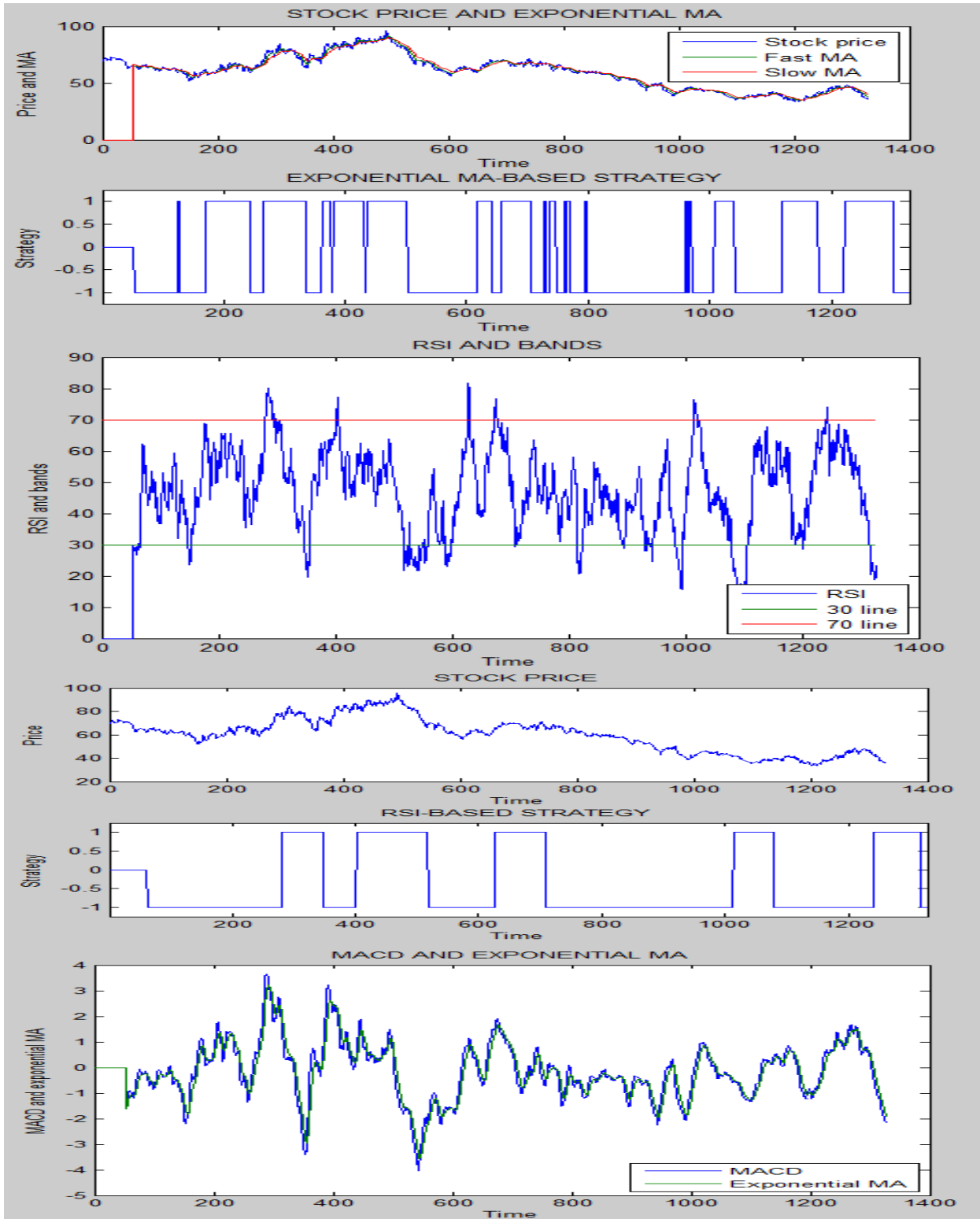
Min  $C(t)$  = Valore minimo dell'equity line

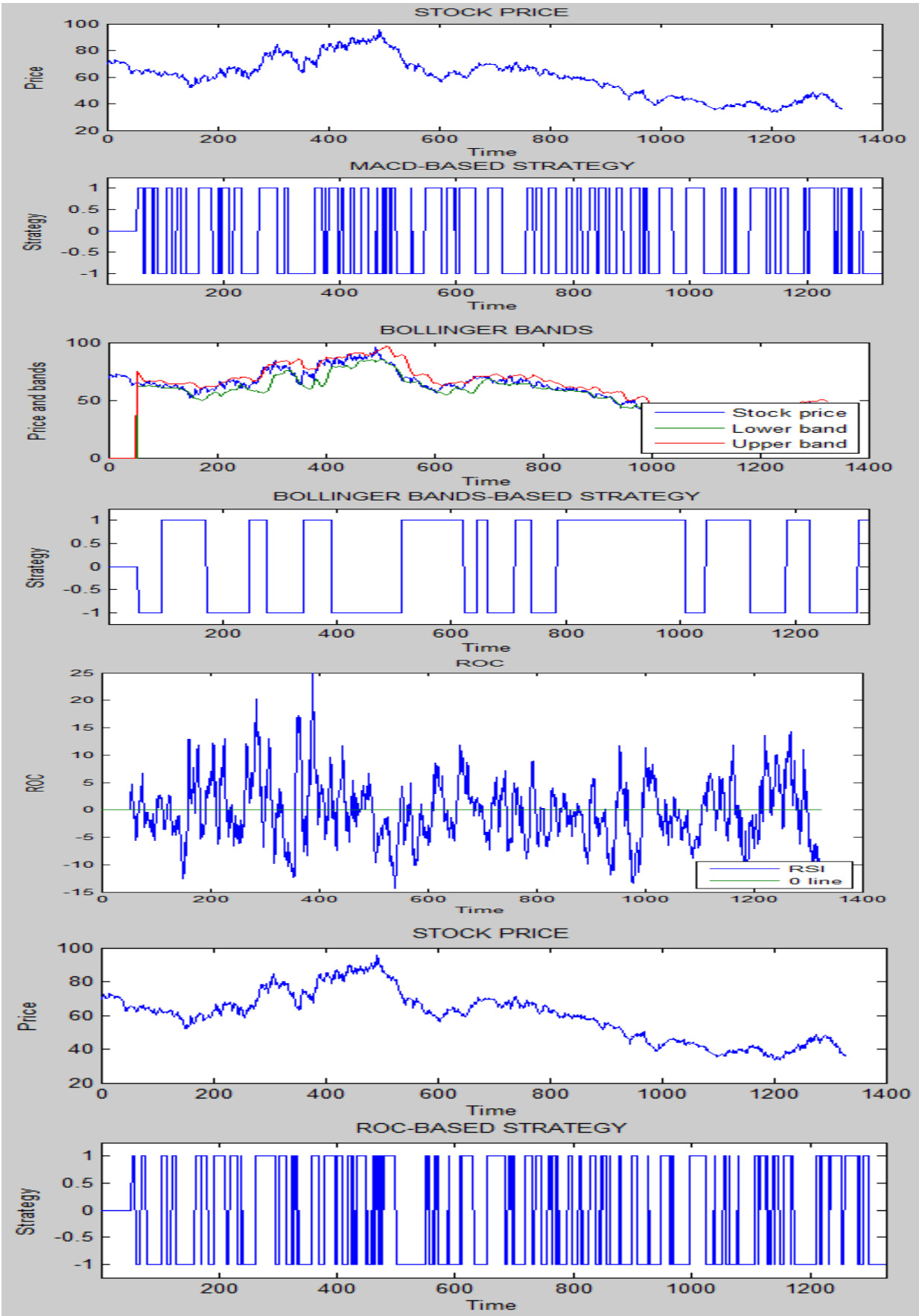
Max  $C(t)$  = Valore massimo dell'equity line

Mean annual return = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

Grafici analisi tecnica Daimler AG (DAI.DE)

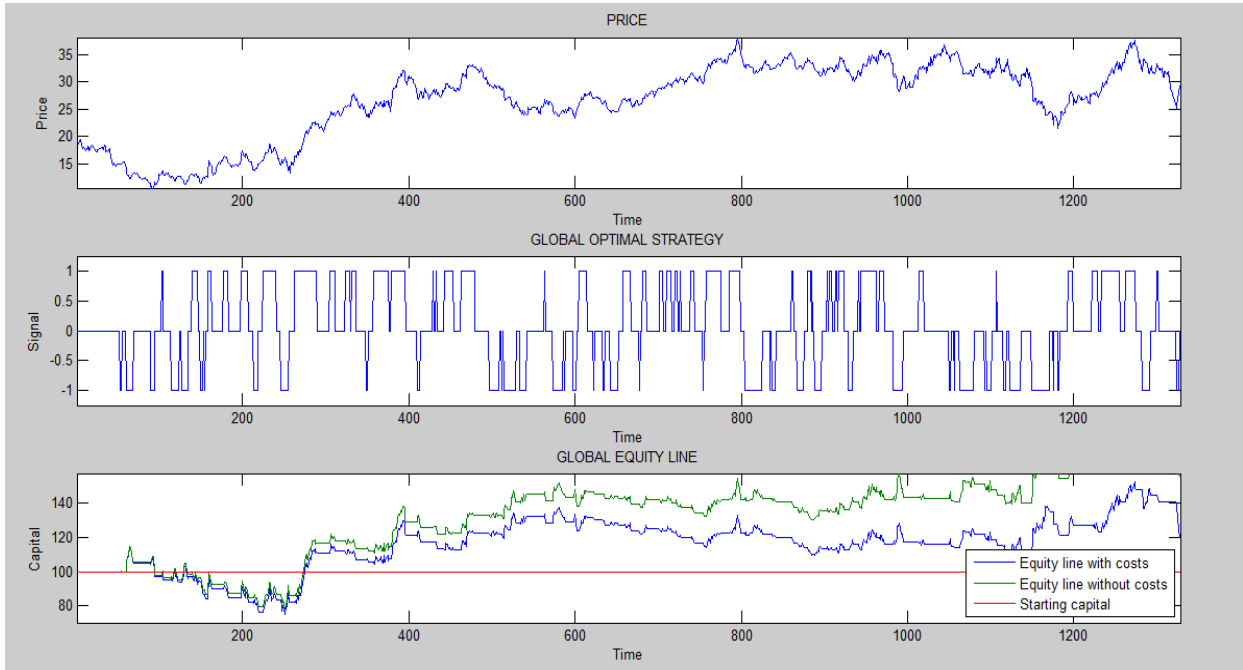




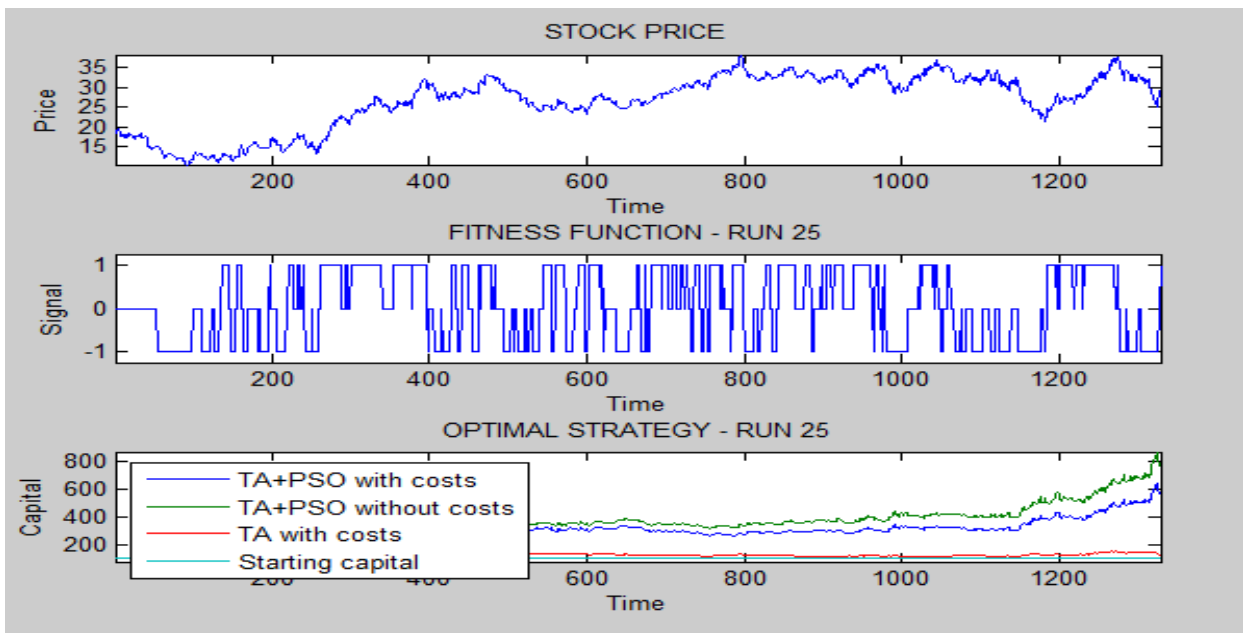
## APPENDICE D

Deutsche Bank AG (DBK.DE)

Strategia finale (solo analisi tecnica)



Esempio grafico della strategia TA+ PSO (run 25)





Analisi del campione Deutsche Bank AG (DBK.DE)

Lunghezza delle finestre nei vari run

Run	Fast EMA	Slow EMA	RSI	MACD	MACD	MACD	Bollinger
TA	12	26	26	12	26	9	26
TA+PSO1	1	10	33	1	21	50	18
TA+PSO2	2	7	33	1	22	51	18
TA+PSO3	49	49	27	3	20	32	5
TA+PSO4	45	49	3	1	1	26	30
TA+PSO5	3	8	33	1	4	15	18
TA+PSO6	4	42	3	4	5	51	32
TA+PSO7	1	1	33	2	28	52	5
TA+PSO8	6	37	5	3	45	52	1
TA+PSO9	3	13	33	1	15	51	12
TA+PSO10	4	5	33	1	8	52	29
TA+PSO11	1	1	27	2	16	52	5
TA+PSO12	3	12	33	1	17	18	29
TA+PSO13	2	7	33	1	12	39	18
TA+PSO14	2	18	23	1	14	20	13
TA+PSO15	4	5	33	1	8	26	18
TA+PSO16	3	13	33	1	17	22	12
TA+PSO17	32	44	4	1	2	47	12
TA+PSO18	3	52	3	1	1	25	32
TA+PSO19	43	51	4	1	1	41	18
TA+PSO20	42	52	3	1	8	52	30
TA+PSO21	4	17	28	1	1	40	41
TA+PSO22	3	13	33	1	28	38	12
TA+PSO23	4	5	27	1	1	44	18
TA+PSO24	2	25	5	7	30	38	1
TA+PSO25	3	13	27	4	5	42	5

Valori strategia TA+PSO

Run	C(T)	Min C(t)	Max C(t)	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
TA	119.9023	75.0804	75.0804	3.6467%		
TA+PSO1	564.8432	97.9118	807.3527	40.729%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO2	823.9938	99.4824	1226.0464	51.6164%	51.6164%	99.9247%
TA+PSO3	237.6461	97.9118	324.1408	18.6275%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO4	539.4203	97.9118	595.3943	39.4558%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO5	681.1145	97.6479	989.8173	46.0245%	95.5572%	99.6235%
TA+PSO6	293.1731	97.9118	425.9365	23.6463%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO7	936.106	99.4824	946.1833	55.4816%	94.7289%	99.8494%
TA+PSO8	370.7724	99.85	428.3088	29.5109%	95.7078%	99.6235%
TA+PSO9	760.6659	97.9118	1085.2789	49.2425%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO10	621.575	99.4824	903.1888	43.4122%	95.5572%	99.9247%
TA+PSO11	915.0625	99.218	1088.0859	54.7855%	94.6536%	98.6446%
TA+PSO12	526.0308	97.9118	622.6789	95.7078%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO13	823.9938	99.4824	1226.0464	51.6164%	95.5572%	99.9247%
TA+PSO14	523.674	97.9118	619.8891	38.6429%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO15	842.8857	99.4824	1254.1563	52.2961%	95.5572%	99.9247%
TA+PSO16	607.7025	97.6479	889.3536	42.7748%	95.6325%	99.6988%
TA+PSO17	394.5456	97.9118	530.1792	31.1089%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO18	287.7561	97.9118	378.6272	23.1921%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO19	604.0529	97.9118	666.7337	42.6052%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO20	543.9511	97.9118	600.3953	39.6862%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO21	592.1675	97.0317	684.0599	42.0471%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO22	760.6659	97.9118	1085.2789	49.2425%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO23	700.4038	99.4824	1015.7726	46.8314%	95.5572%	99.9247%
TA+PSO24	391.8049	97.9118	452.6051	30.9287%	95.7078%	99.7741%
TA+PSO25	564.0754	97.5862	637.4722	40.6912%	95.7078%	99.6235%

$C(T)$  = Valore finale dell'equity line

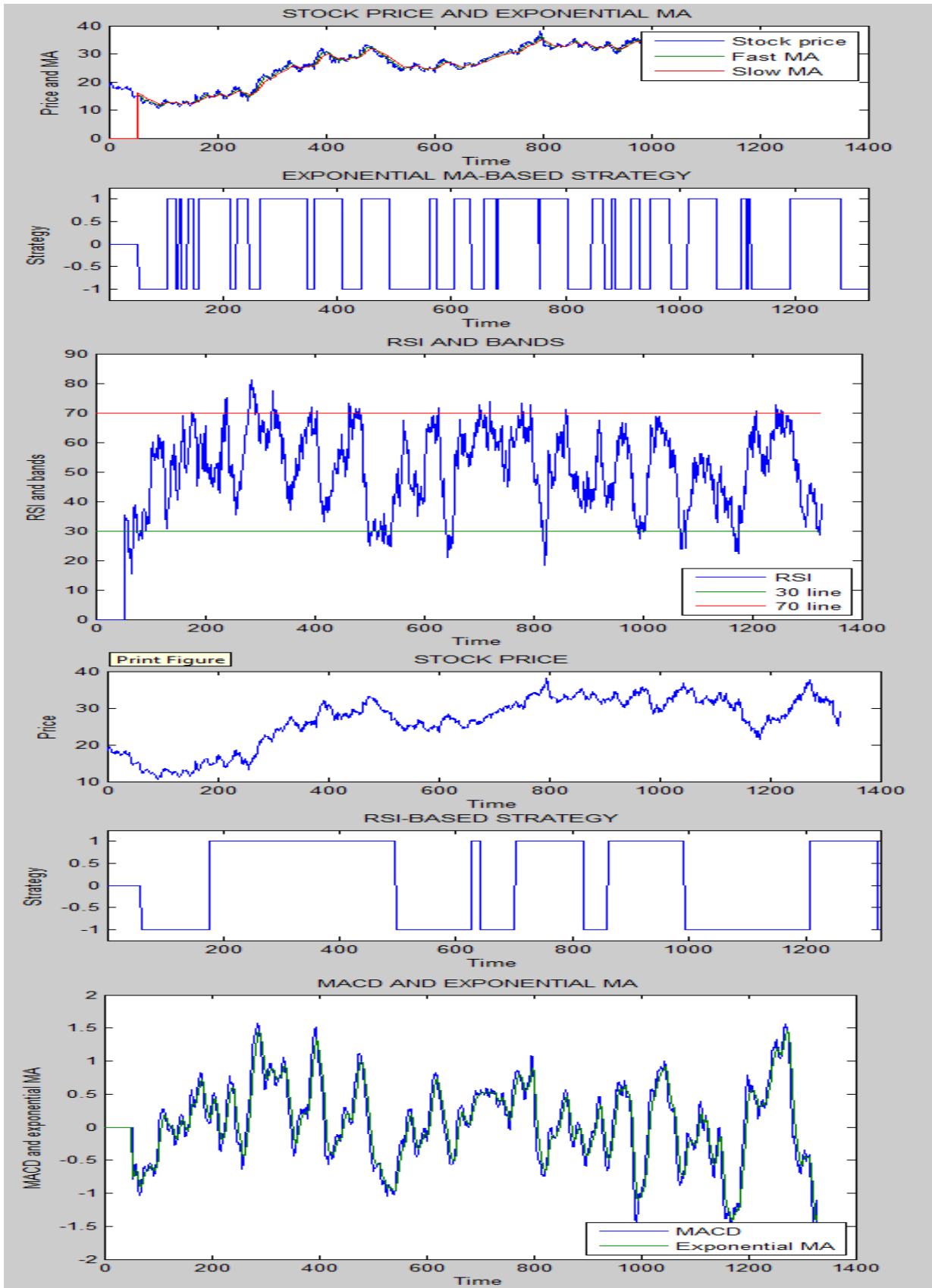
$Min C(t)$  = Valore minimo dell'equity line

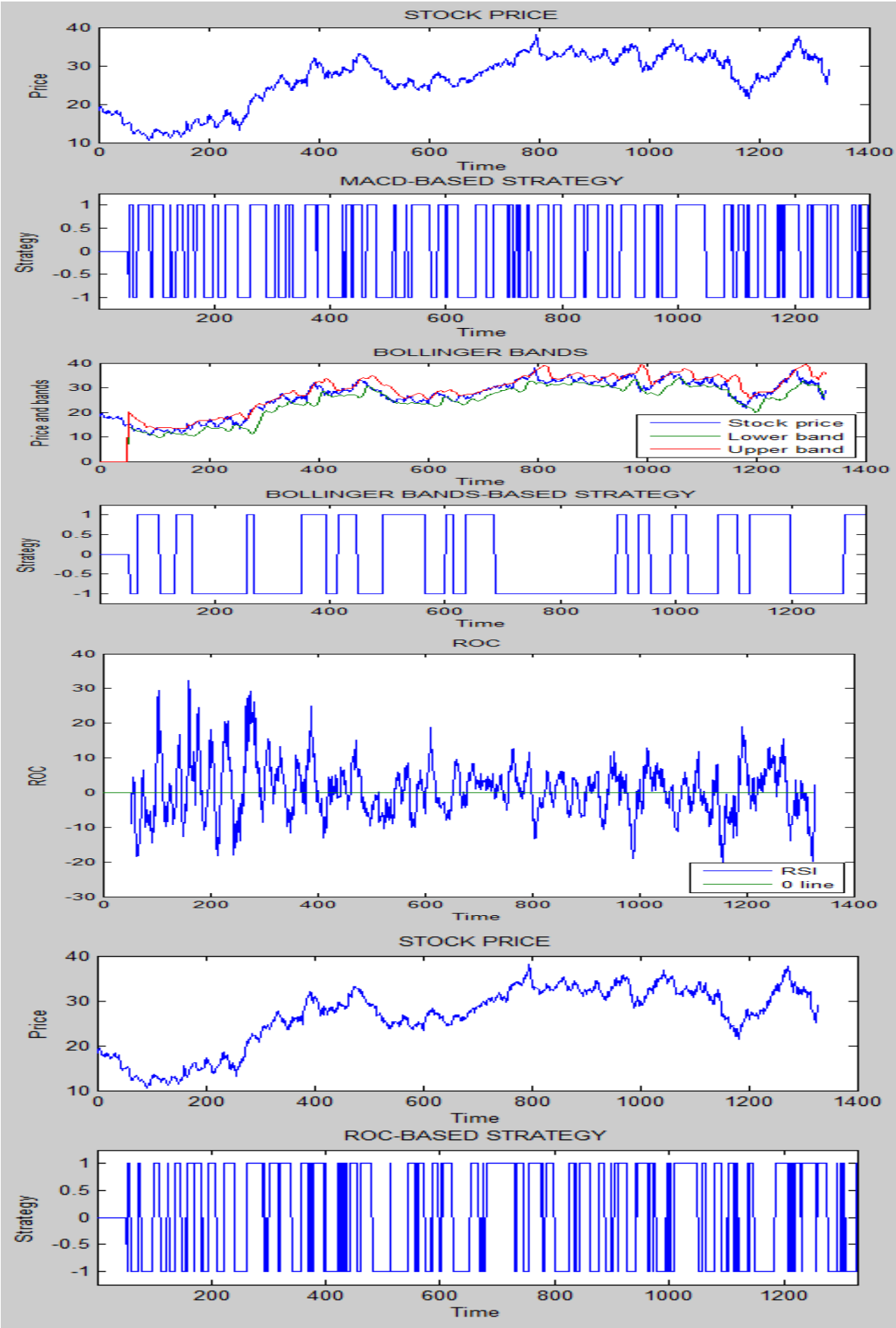
$Max C(t)$  = Valore massimo dell'equity line

Mean annual return = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

Grafici analisi tecnica Deutsche Bank AG (DBK.DE)

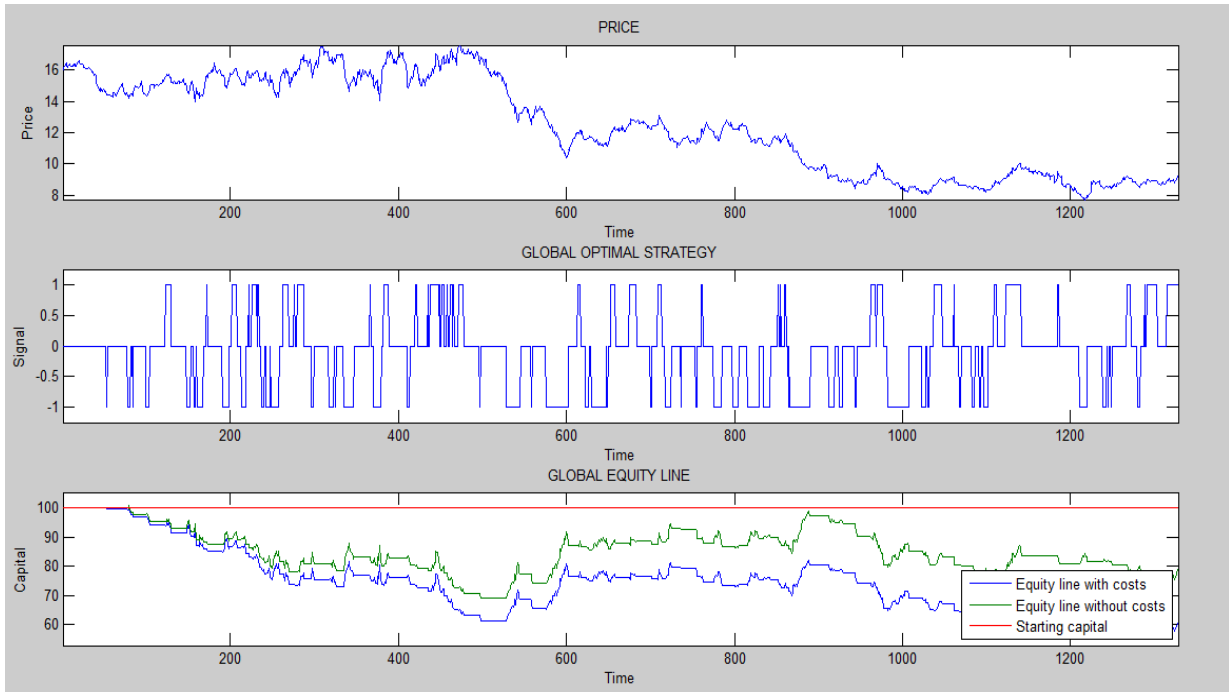




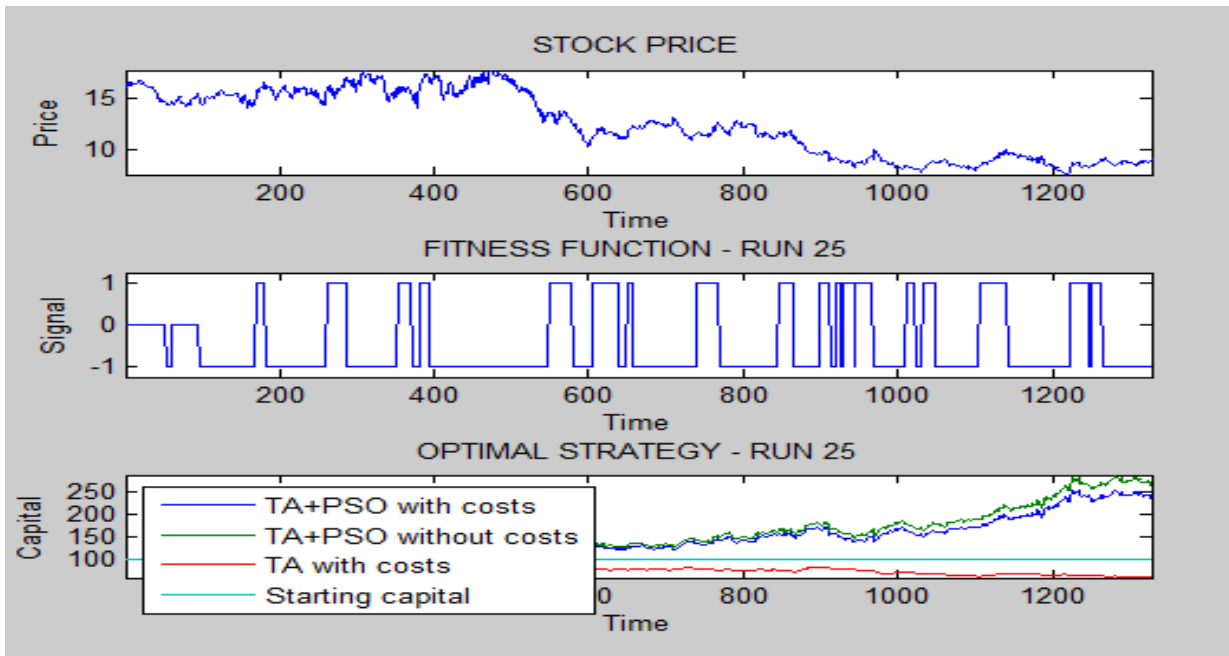
## APPENDICE E

Deutsche Telekom AG (DTE.DE)

Strategia finale (solo analisi tecnica)



Esempio grafico della strategia TA+ PSO (run 25)



Analisi del campione Deutsche Telekom AG (DTE.DE)

Lunghezza delle finestre nei vari run

<b>Run</b>	<b>Fast EMA</b>	<b>Slow EMA</b>	<b>RSI</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD</b>	<b>MACD</b>	<b>Bollinger</b>
<b>TA</b>	12	26	26	12	26	9	26
<b>TA+PSO1</b>	23	23	52	1	16	48	6
<b>TA+PSO2</b>	1	15	50	1	14	48	52
<b>TA+PSO3</b>	2	9	50	1	9	22	52
<b>TA+PSO4</b>	1	1	50	10	19	47	39
<b>TA+PSO5</b>	18	32	50	15	19	35	6
<b>TA+PSO6</b>	1	1	52	1	15	51	6
<b>TA+PSO7</b>	1	15	51	14	30	30	52
<b>TA+PSO8</b>	23	23	51	13	14	51	51
<b>TA+PSO9</b>	10	32	50	11	17	50	51
<b>TA+PSO10</b>	17	48	52	15	17	33	20
<b>TA+PSO11</b>	17	39	50	1	8	36	52
<b>TA+PSO12</b>	16	49	50	15	17	40	6
<b>TA+PSO13</b>	16	16	50	4	11	16	52
<b>TA+PSO14</b>	2	9	50	1	13	43	52
<b>TA+PSO15</b>	7	7	52	16	19	46	6
<b>TA+PSO16</b>	13	13	51	11	17	49	51
<b>TA+PSO17</b>	17	39	51	1	18	42	52
<b>TA+PSO18</b>	10	10	43	6	6	18	20
<b>TA+PSO19</b>	29	29	52	1	14	36	6
<b>TA+PSO20</b>	1	43	50	1	18	33	52
<b>TA+PSO21</b>	14	14	52	11	18	52	6
<b>TA+PSO22</b>	8	8	52	1	28	38	6
<b>TA+PSO23</b>	16	16	52	9	22	47	6
<b>TA+PSO24</b>	7	46	50	11	17	50	51
<b>TA+PSO25</b>	15	15	51	11	17	49	52

Valori strategia TA+PSO

Run	C(T)	Min C(t)	Max C(t)	Mean annual return	PSO+AT>AT	PSO+AT≥AT
TA	60.1509	57.7441	100.4559	-9.5443%		
TA+PSO1	165.6024	97.2527	212.4567	10.4664%	95.1054%	99.0964%
TA+PSO2	267.495	88.1097	289.796	21.4298%	90.5873%	94.5783%
TA+PSO3	302.718	85.1952	327.9556	24.4305%	88.7801%	92.7711%
TA+PSO4	256.5352	94.5261	277.9225	20.4315%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO5	171.1962	85.2705	205.5662	11.1929%	94.5783%	98.5693%
TA+PSO6	312.6704	98.6774	365.579	25.2273%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO7	229.1944	87.2103	248.3023	17.7828%	90.5873%	94.5783%
TA+PSO8	274.8761	92.3776	297.7924	22.0838%	93.9006%	97.8916%
TA+PSO9	169.2229	80.6216	185.6075	10.9388%	92.3946%	96.3855%
TA+PSO10	186.5284	85.5642	204.9885	13.091%	94.0512%	98.0422%
TA+PSO11	198.8815	87.9306	223.1154	14.5312%	90.8133%	94.8042%
TA+PSO12	168.9817	88.9692	198.668	10.9076%	94.8795%	98.8705%
TA+PSO13	280.0437	92.0395	306.6265	22.5334%	94.0512%	97.9669%
TA+PSO14	302.718	85.1952	327.9556	24.4305%	88.7801%	24.4305%
TA+PSO15	289.4154	98.6774	319.843	23.3319%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO16	276.2694	93.3342	299.3019	22.2057%	94.3524%	98.3434%
TA+PSO17	182.6442	79.5568	207.7439	12.6224%	89.1566%	93.1476%
TA+PSO18	260.4708	75.4966	312.3475	20.7939%	92.6205%	96.5361%
TA+PSO19	312.6704	98.6774	365.579	25.2273%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO20	189.0866	75.4799	241.5113	13.3954%	88.8554%	92.8464%
TA+PSO21	309.7086	98.6774	336.6684	24.9924%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO22	312.6704	98.6774	365.579	25.2273%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO23	314.8085	97.8394	342.2122	25.3959%	95.4819%	99.4729%
TA+PSO24	171.6488	81.7204	194.4925	11.2509%	92.7711%	96.762%
TA+PSO25	236.0341	92.146	255.7122	18.4682%	93.9006%	97.8916%

$C(T)$  = Valore finale dell'equity line

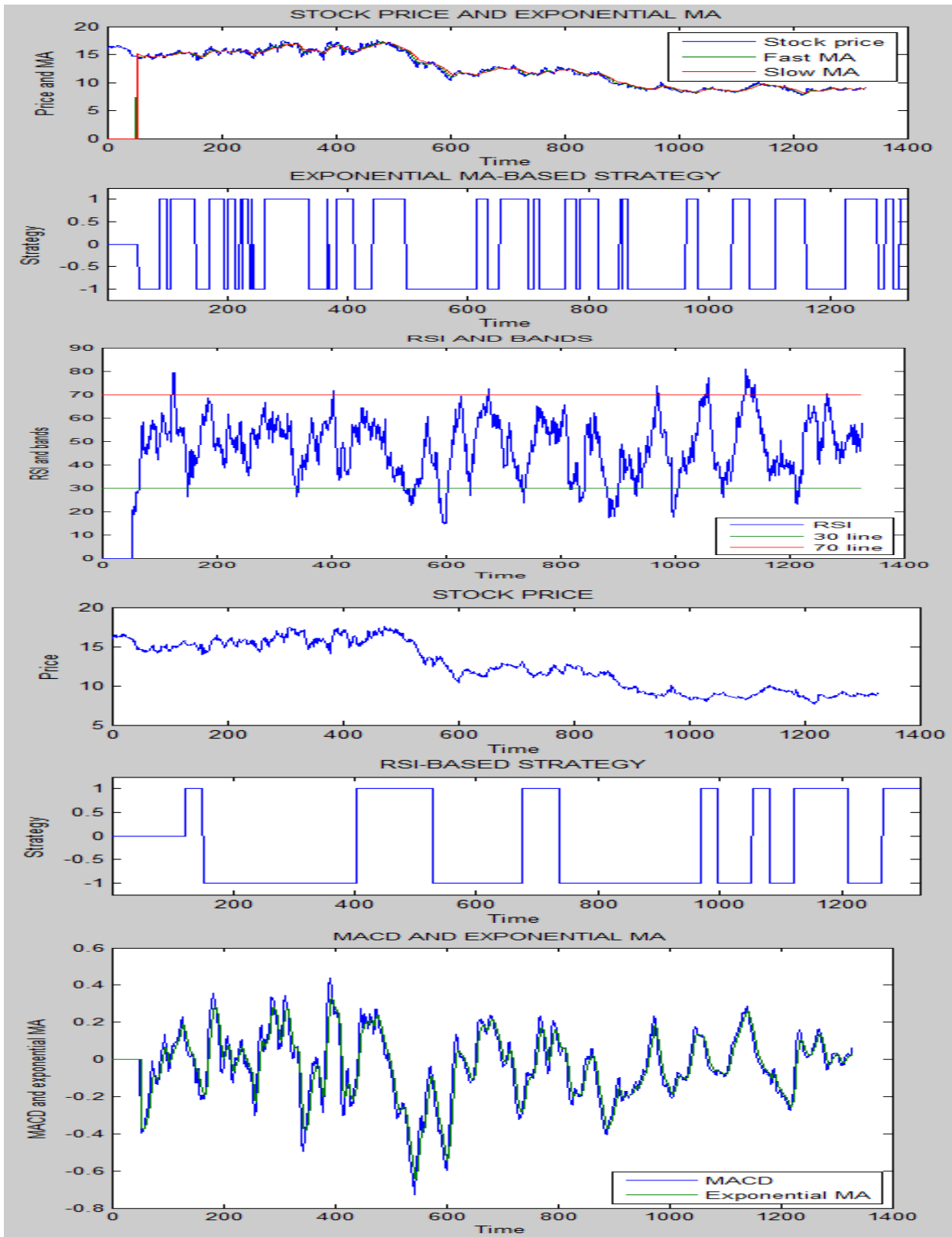
Min  $C(t)$  = Valore minimo dell'equity line

Max  $C(t)$  = Valore massimo dell'equity line

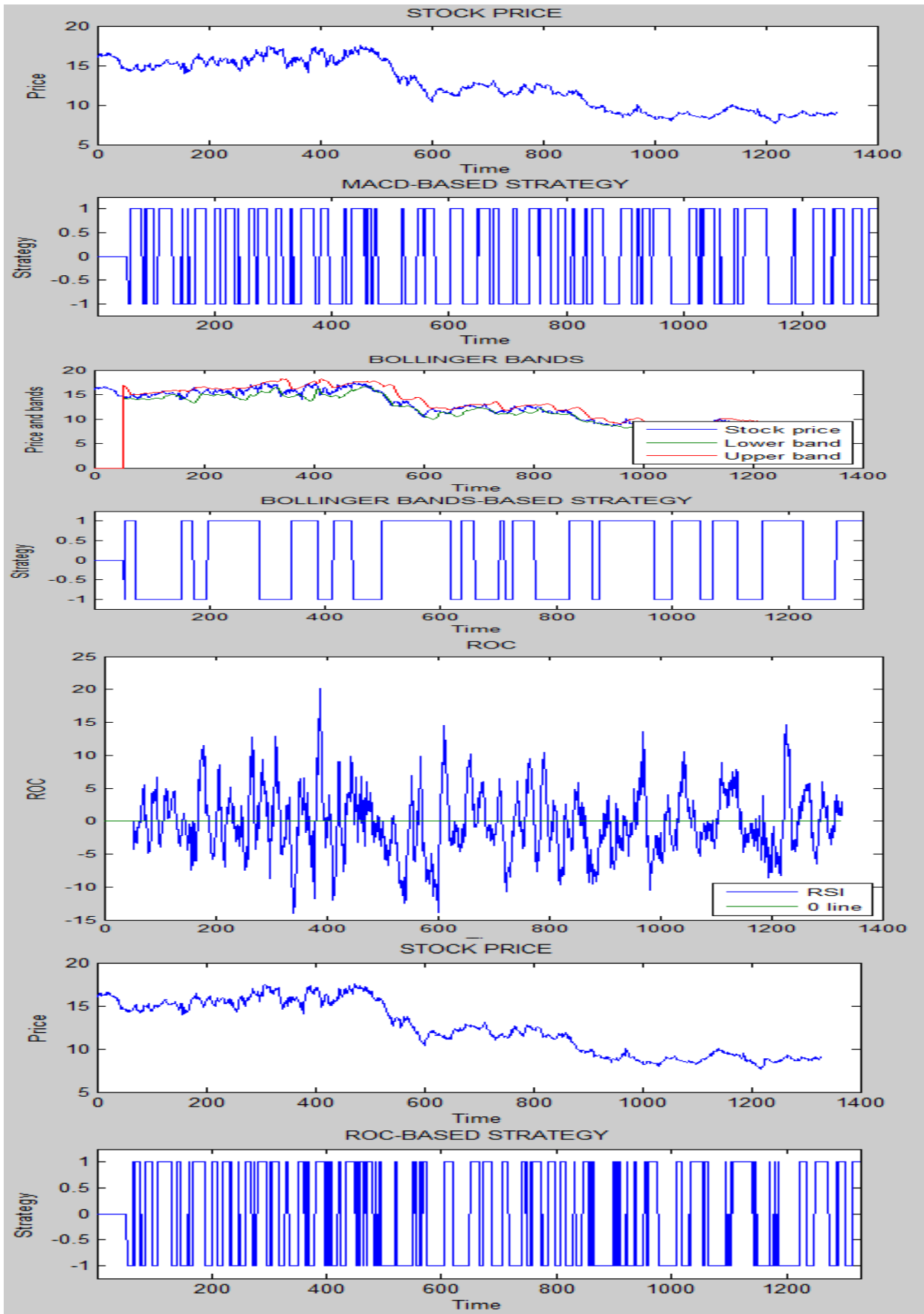
Mean annual return = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

Grafici analisi tecnica Deutsche Telekom AG (DTE.DE)



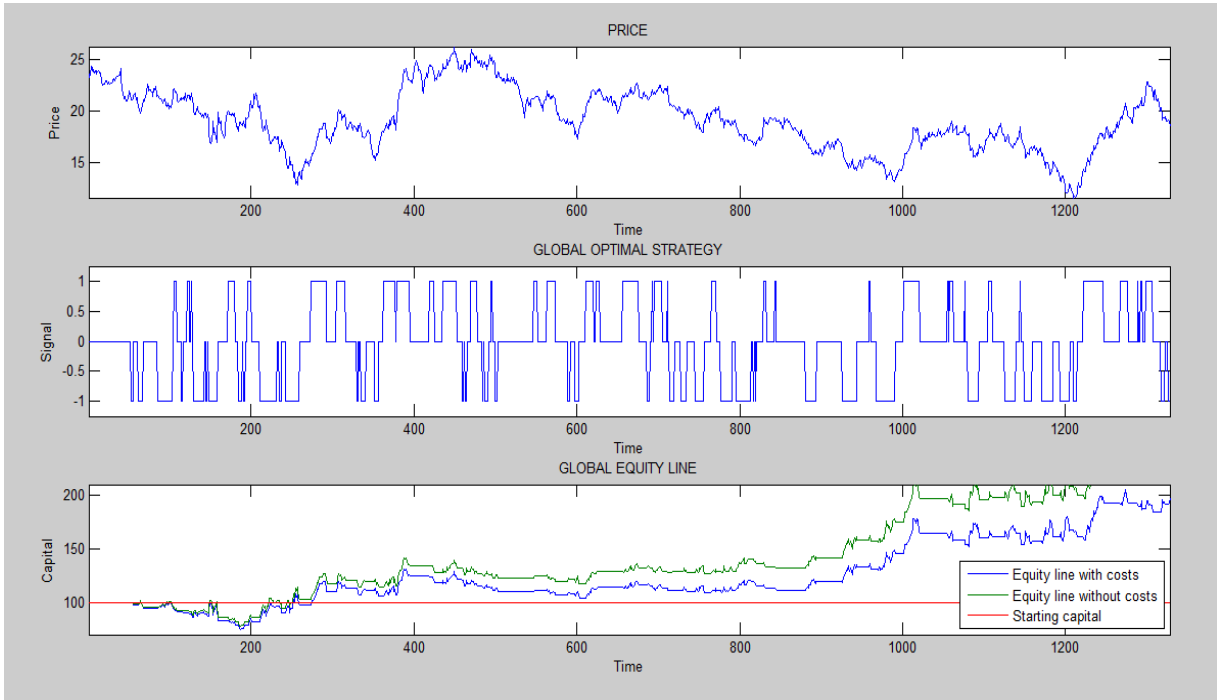




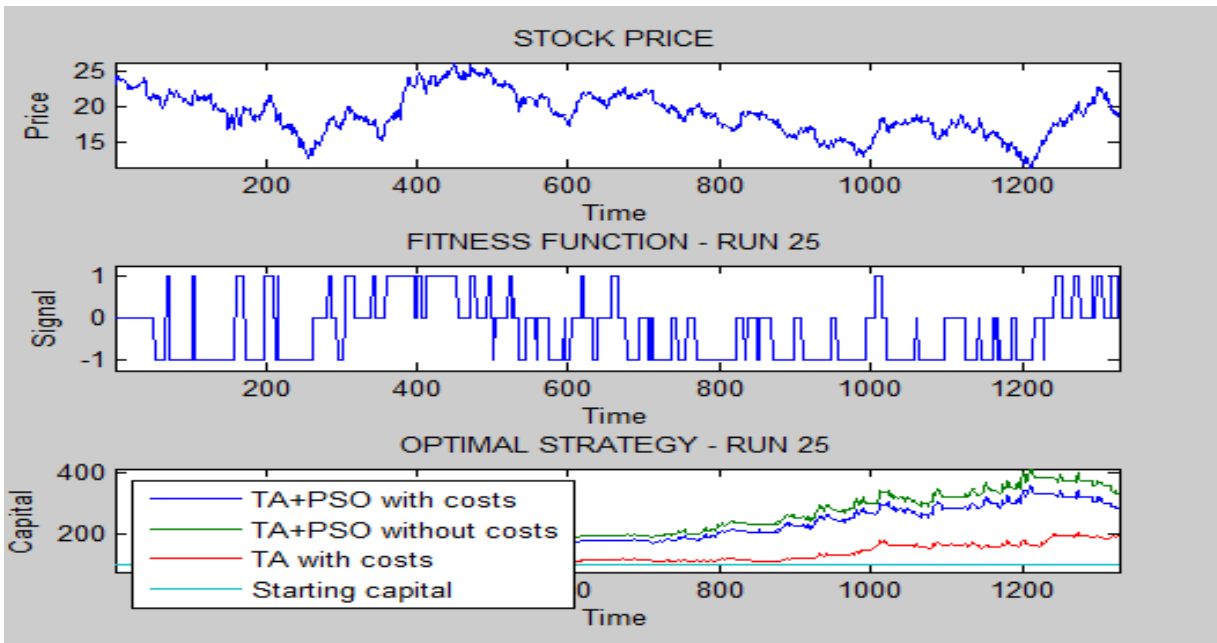
## APPENDICE F

ThyssenKrupp AG (TKA.DE)

Strategia finale (solo analisi tecnica)



Esempio grafico della strategia TA+ PSO( run 25)



Analisi del campione ThyssenKrupp AG (TKA.DE)

Lunghezza delle finestre nei vari run

Run	Fast EMA	Slow EMA	RSI	MACD	MACD	MACD	Bollinger
TA	12	26	26	12	26	9	26
TA+PSO1	25	46	7	1	26	49	23
TA+PSO2	26	42	43	22	23	45	27
TA+PSO3	32	32	15	7	19	44	28
TA+PSO4	9	9	43	8	36	43	27
TA+PSO5	1	1	15	22	23	46	27
TA+PSO6	5	5	43	22	24	52	27
TA+PSO7	22	50	5	21	24	45	32
TA+PSO8	8	8	15	9	11	44	27
TA+PSO9	1	1	43	14	28	45	45
TA+PSO10	11	11	43	23	23	52	27
TA+PSO11	5	17	43	21	21	36	27
TA+PSO12	13	13	15	19	28	43	27
TA+PSO13	25	45	7	1	19	28	23
TA+PSO14	26	39	5	17	46	50	1
TA+PSO15	26	40	5	18	29	43	32
TA+PSO16	6	6	43	23	23	52	27
TA+PSO17	30	30	15	3	50	52	27
TA+PSO18	26	40	4	5	23	36	1
TA+PSO19	12	12	15	8	15	52	27
TA+PSO20	26	40	5	21	23	47	32
TA+PSO21	3	14	43	17	30	43	27
TA+PSO22	3	14	15	1	26	41	27
TA+PSO23	24	42	5	18	28	45	1
TA+PSO24	7	14	43	1	13	39	45
TA+PSO25	22	51	43	7	21	40	23

Valori strategia TA+PSO

<b>Run</b>	<b>C(T)</b>	<b>Min C(t)</b>	<b>Max C(t)</b>	<b>Mean annual return</b>	<b>PSO+AT&gt;AT</b>	<b>PSO+AT≥AT</b>
TA	197.0611	74.826	204.4612	14.3236%		
TA+PSO1	391.0098	97.2624	440.1995	30.8762%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO2	313.6515	87.1243	347.5655	25.3048%	93.3735%	97.5151%
TA+PSO3	214.9342	82.1083	250.8246	16.2991%	93.9006%	98.0422%
TA+PSO4	474.8938	92.145	705.2114	35.9934%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO5	438.0108	76.9263	459.3186	33.841%	89.5331%	93.6747%
TA+PSO6	493.2645	97.2624	648.6056	37.0158%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO7	390.6548	81.8336	390.6548	30.8528%	93.8253%	97.9669%
TA+PSO8	508.7708	90.5511	613.2012	37.8553%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO9	328.7908	74.607	372.6734	26.4759%	53.3886%	57.4548%
TA+PSO10	493.2645	97.2624	648.6056	37.0158%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO11	366.0288	88.0955	406.5971	29.1822%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO12	389.7226	85.3602	442.9029	30.7911%	93.9006%	98.0422%
TA+PSO13	243.9923	93.5278	285.8485	19.246%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO14	380.7963	66.5449	380.7963	30.1944%	54.2922%	58.4337%
TA+PSO15	409.9989	81.8336	409.9989	32.1068%	93.8253%	97.9669%
TA+PSO16	448.0736	97.2624	589.1829	34.4422%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO17	275.5556	77.4612	276.0072	22.1433%	89.6837%	93.8253%
TA+PSO18	329.8941	64.2853	329.8941	26.5595%	71.5361%	75.6777%
TA+PSO19	403.9718	86.4044	526.0224	31.7212%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO20	399.8926	81.8336	399.8926	31.4577%	93.8253%	97.9669%
TA+PSO21	417.8976	84.4332	444.4397	32.6051%	95.7078%	99.8494%
TA+PSO22	521.014	61.7771	549.225	38.5037%	86.3705%	90.512%
TA+PSO23	413.8151	64.8654	413.8151	32.3485%	53.1627%	57.3042%
TA+PSO24	427.0264	70.9238	427.0264	33.1718%	53.8404%	57.9066%
TA+PSO25	283.6007	97.2624	358.2662	22.839%	95.7078%	99.8494%

**C(T)** = Valore finale dell'equity line

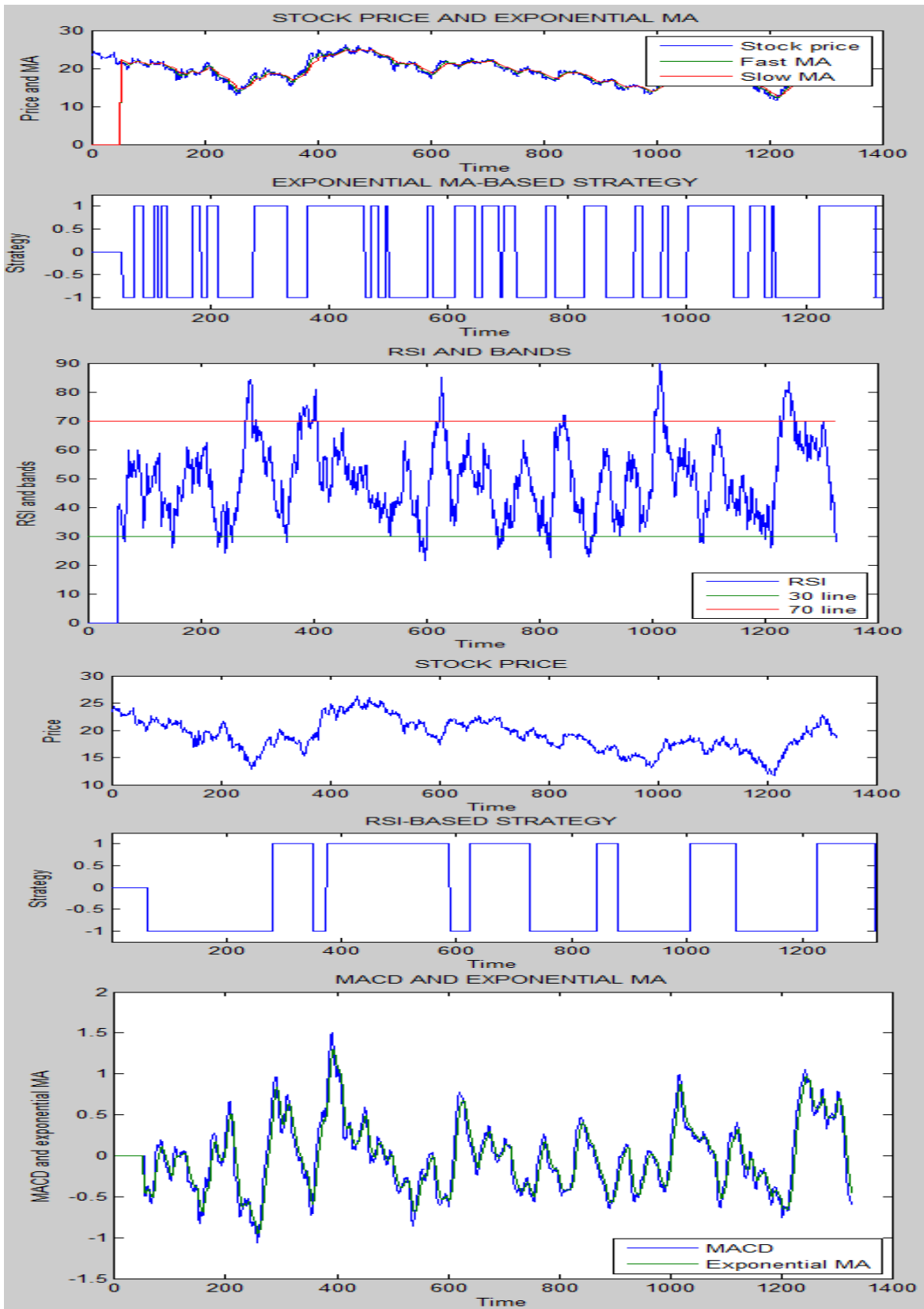
**Min C(t)** = Valore minimo dell'equity line

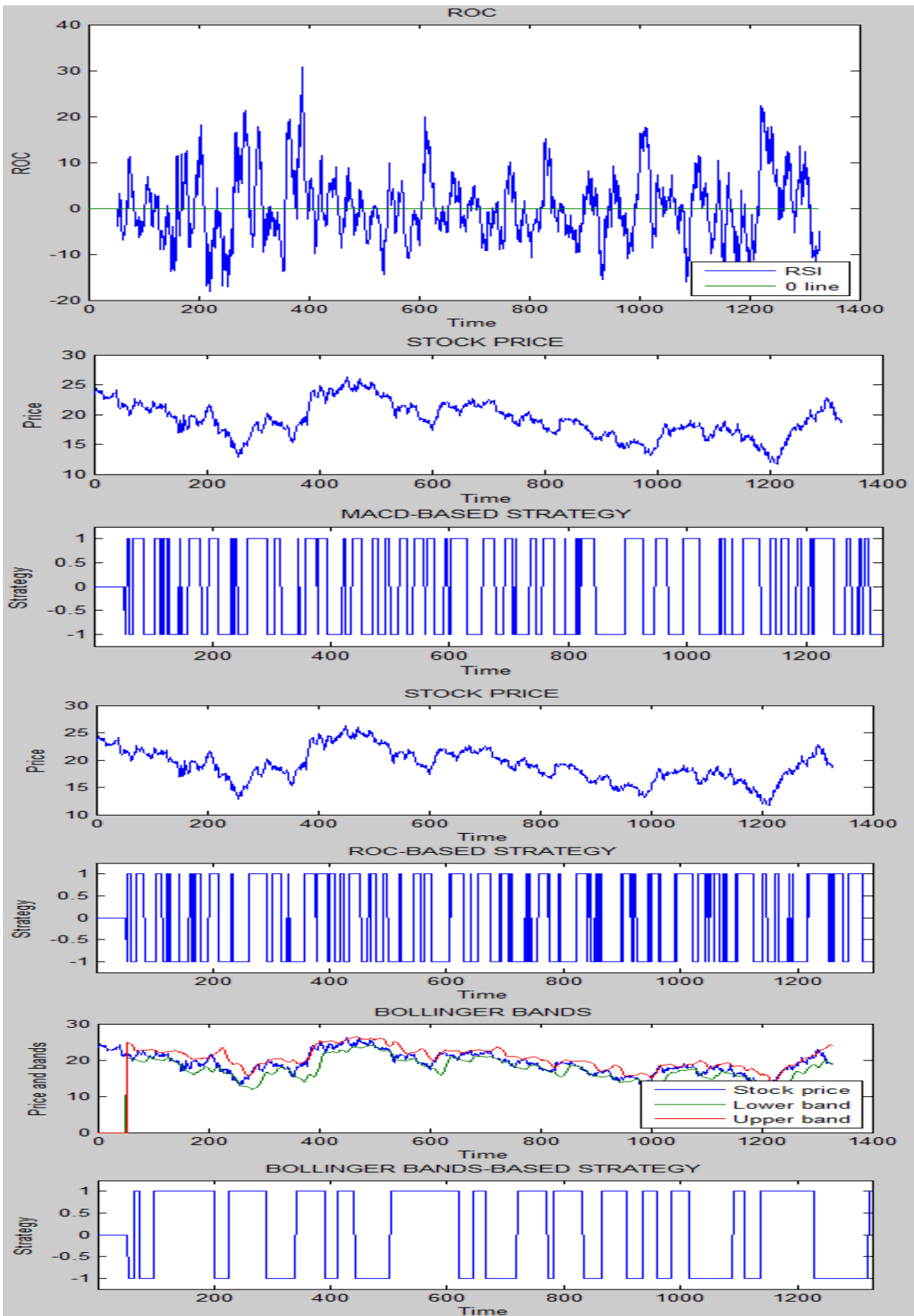
**Max C(t)** = Valore massimo dell'equity line

**Mean annual return** = Rendimento annuo PSO+AT

I dati evidenziati in verde sono i risultati ottenuti attraverso l'analisi tecnica senza ottimizzazione

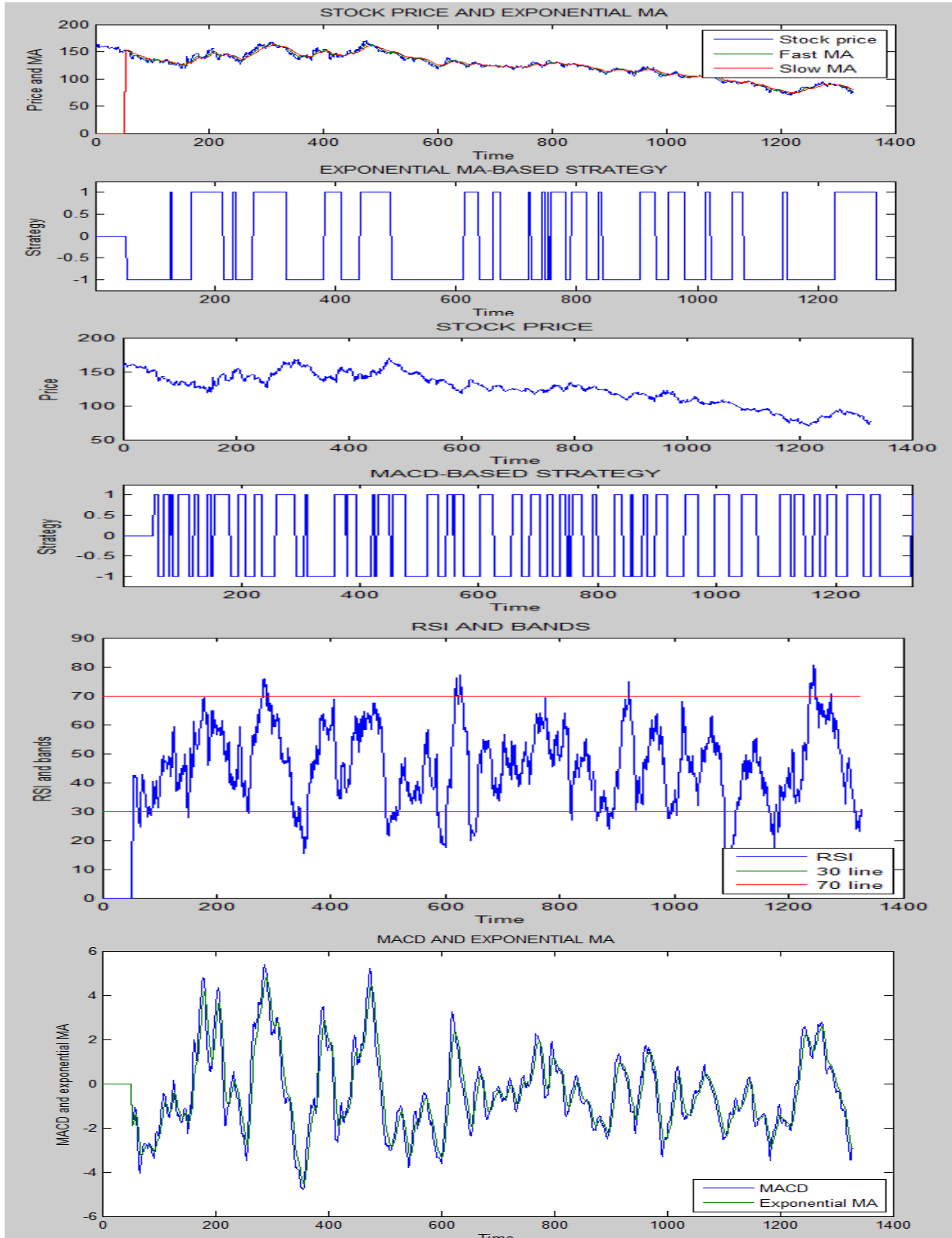
Grafici analisi tecnica ThyssenKrupp AG (TKA.DE)

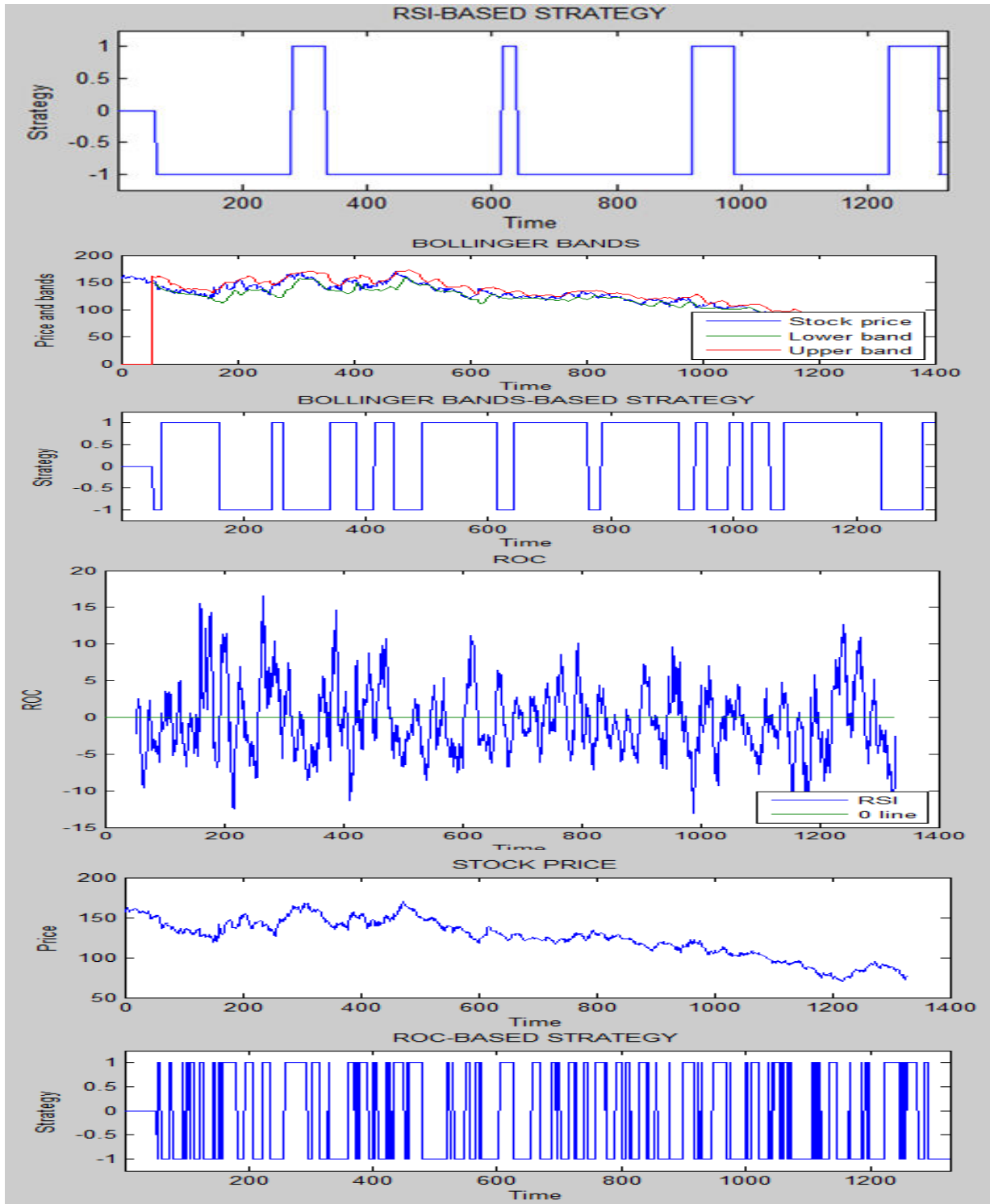




# APPENDICE G

## Grafici analisi tecnica Allianz SE







# APPENDICE H

Grafici analisi tecnica BASF SE (BAS.DE)

