

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea in Informatica



SVILUPPO
DI UN SISTEMA AD AGENTI PER LA
SIMULAZIONE DI TITOLI AZIONARI

Relazione di:

Francesco Loprete

Matr. 709153

Anno Accademico: 2012/2013

*'While markets appear to work in practice, we are not sure how
they work in theory.'*

Maureen O'Hara

Indice

1	Introduzione	5
1.1	Nozioni preliminari	5
1.1.1	Mercato Azionario	6
1.1.2	Aggiotaggio	6
1.1.3	Insider trading	7
1.2	Considerazioni sul sistema	7
1.2.1	Caratteristiche temporali	7
1.2.2	Rappresentazione numerica	8
1.2.3	Scambi	8
1.3	Hardware	9
2	Strumenti utilizzati	10
2.1	Python	10
2.2	Matplotlib	11
2.3	Strumenti alternativi	11
3	Il sistema	12
3.1	Classi	12
3.2	Funzionamento	14
4	Strategie	18
4.1	Strategia 01	18
4.2	Strategia 02	19
4.3	Strategia 03	20
4.4	Strategia 04	21

<i>INDICE</i>	3
4.5 Strategia 05	22
4.6 Strategia 06	23
4.7 Strategia 07	24
5 Valutazioni finali	27
5.1 Conclusioni	27
5.2 Sviluppi futuri	27

Elenco delle figure

3.1	Primo esempio di variazione del valore del titolo.	15
3.2	Secondo esempio di variazione del valore del titolo.	16
3.3	Terzo esempio di variazione del valore del titolo.	17
4.1	Esempio di esecuzione con agenti operanti con la strategia 01.	19
4.2	Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 02.	20
4.3	Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 03.	21
4.4	Esempio di esecuzione con agenti TOP operanti con la strategia 04.	22
4.5	Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 05.	23
4.6	Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 06.	24
4.7	Esempio di esecuzione con agenti TOP e BIG operanti con la strategia 07.	25
4.8	Spaccato dei soli agenti operanti l'aggiotaggio	26

Capitolo 1

Introduzione

Lo scopo di questo lavoro è la creazione di un sistema ad agenti per la simulazione di un titolo azionario. Si vuole studiare il comportamento congiunto di agenti, che interagendo su uno o più titoli, con differenti strategie e diversi livelli di conoscenza, cercheranno di raggiungere l'obiettivo di massimizzare il proprio profitto. Proprio come accade nel sistema azionario reale, gli agenti saranno in competizione tra loro, salvo nel caso dell'aggiotaggio in cui più agenti cooperano tra loro per massimizzare il profitto. Il sistema risulta intrinsecamente complesso in quanto lo stato del sistema viene modificato dalle scelte di ciascun singolo agente. Vedremo in questo capitolo alcune tematiche economiche toccate da questo progetto con le rispettive definizioni, alcune considerazioni sulle semplificazioni adottate nel sistema creato rispetto al modello reale ed infine una breve descrizione dell'hardware su cui sono state eseguite le simulazioni.

1.1 Nozioni preliminari

Iniziamo a dare alcune nozioni di base utili per la comprensione dell'elaborato. Tutte le definizioni in ambito economico sono prese da Wikipedia [1]

1.1.1 Mercato Azionario

In finanza il mercato azionario è il luogo, non necessariamente fisico, dove sono negoziati i titoli azionari. Tale mercato si distingue in primario e secondario. Sul mercato primario sono collocate le azioni di nuova emissione, mentre su quello secondario sono negoziati titoli già in circolazione. Le imprese emittenti pertanto raccolgono nuove risorse finanziarie solo tramite il mercato primario.

1.1.2 Aggiotaggio

L'aggiotaggio è un reato, disciplinato dal codice penale, che all'articolo 501, intitolato Rialzo e ribasso fraudolento di prezzi sul pubblico mercato o nelle borse di commercio, recita:

«Chiunque, al fine di turbare il mercato interno dei valori o delle merci, pubblica o altrimenti divulga notizie false, esagerate o tendenziose o adopera altri artifici atti a cagionare un aumento o una diminuzione del prezzo delle merci, ovvero dei valori ammessi nelle liste di borsa o negoziabili nel pubblico mercato, è punito con la reclusione fino a tre anni e con la multa da euro 516 a 25.822. Se l'aumento o la diminuzione del prezzo delle merci o dei valori si verifica, le pene sono aumentate.

1. se il fatto è commesso dal cittadino per favorire interessi
2. stranieri; se dal fatto deriva un deprezzamento della valuta nazionale o dei titoli dello Stato, ovvero il rincaro di merci di comune o largo consumo.

Le pene stabilite nelle disposizioni precedenti si applicano anche se il fatto è commesso all'estero, in danno della valuta nazionale o di titoli pubblici italiani. La condanna importa l'interdizione dai pubblici uffici».

L'etimologia del termine è solitamente riferita alla parola in francese *agiotàge*, derivata dal sostantivo italiano *aggio*, inteso come «vantaggio, opportunità che si dà o si riceve per aggiustamento della valuta di una moneta a quella di un'altra, ovvero per barattare la moneta peggiore nella migliore»

1.1.3 Insider trading

Con il termine inglese *insider trading* si intende la compravendita di titoli (valori mobiliari: azioni, obbligazioni, derivati) di una determinata società da parte di soggetti che, per la loro posizione all'interno della stessa o per la loro attività professionale, sono venuti in possesso di informazioni riservate non di pubblico dominio (indicate come informazioni privilegiate). Simili informazioni, per la loro natura, permettono ai soggetti che ne fanno utilizzo di posizionarsi su un piano privilegiato rispetto ad altri investitori del medesimo mercato. In questo senso si parla anche di asimmetria informativa. L'*insider trading* in senso stretto è per questo considerato reato.

1.2 Considerazioni sul sistema

Data la complessità del modello azionario reale, per la realizzazione del sistema, è stato necessario apportare alcune semplificazioni. Vediamo ora di descriverle ed analizzarle.

1.2.1 Caratteristiche temporali

Considerando il caso reale della borsa italiana la negoziazione è suddivisa in tre tempi:

- asta di apertura
- negoziazione continua
- asta di chiusura

Le aste di apertura e chiusura nel modello creato vengono ignorate in quanto mostrano comportamenti diversi rispetto alla più conosciuta fase di *negoziiazione continua*. La *negoziiazione continua* avviene da lunedì a venerdì dalle 9:00 alle 17:25 (per maggiori informazioni [2]). Tendendo in considerazione che il prezzo del titolo rimane stabile per 3 secondi per permettere di effettuare gli ordini, possiamo presumere che il valore del titolo sia ricalcolato in questo intervallo di tempo 10100 volte (8 ore e 25 minuti equivale a 30300 secondi, diviso i 3 secondi per cui il prezzo rimane fisso si ha 10100). Volendo simulare un giorno completo di iterazioni bisognerebbe impostare IPD (paragrafo 3.1 per maggiori informazioni) a 10100, negli esempi proposti il valore di IPD varia tra i 100 e i 500, in quanto i tempi di simulazione risultano essere ingenti.

1.2.2 Rappresentazione numerica

All'interno del modello creato tutte le variabili che si occupano del valore del titolo sono intere, su cui vengono fatte solamente somme e sottrazioni. Il motivo di questa scelta è la perdita di precisione che si ha con operazioni in virgola mobile, e la criticità per un sistema economico di non avere perdita di denaro nelle transazioni.

1.2.3 Scambi

Nel sistema reale quando il titolo si muove verso un altro valore vengono eseguiti tutti gli scambi possibili per il valore di partenza e per i valori incontrati durante il percorso, si noti che la regola dei tre secondi non vale in questo caso e quindi per questioni temporali è possibile che alcuni ordini incontrati nel percorso non siano eseguiti, nel sistema creato invece vengono eseguiti solo gli ordini al prezzo di partenza ed a quello di arrivo, dato che simulare questo spostamento sarebbe stato complesso ed irrilevante allo scopo della simulazione.

1.3 Hardware

Il sistema, realizzato in Python, è stato testato sulla seguente macchina:

- Intel(R) Core(TM) i7-3520M CPU @ 2.90GHz
- 8 Gb Ram
- 500 Gb HD 5400rpm

I tempi di simulazione con un numero elevato di agenti (>200) e di iterazione (>400) richiedono tempi discretamente lunghi (superiori alle 2 ore).

Capitolo 2

Strumenti utilizzati

Vengono illustrati gli strumenti e le librerie utilizzate per la creazione del sistema, e successivamente presentati tool alternativi che sarebbe stato possibile utilizzare.

2.1 Python

Per la creazione dell'intero sistema si è scelto di utilizzare il linguaggio di programmazione Python, data la sua potenza espressiva e flessibilità.

Python è un linguaggio di programmazione ad alto livello, orientato agli oggetti, adatto, tra gli altri usi, per sviluppare applicazioni distribuite, scripting, computazione numerica e system testing. Fu ideato da Guido van Rossum alla fine degli anni novanta. Il nome fu scelto per via della passione di van Rossum per i Monty Python.

Python è un linguaggio multi-paradigma, che fa della dinamicità, semplicità e flessibilità i suoi principali obiettivi. Supporta il paradigma object oriented, la programmazione strutturata e molte caratteristiche di programmazione funzionale e riflessione. Le caratteristiche più immediatamente riconoscibili di Python sono le variabili non tipizzate e l'uso dell'indentazione per la definizione dei blocchi. Altre caratteristiche distintive sono l'overloading di operatori e funzioni tramite delegation, la presenza di un ricco

assortimento di tipi e funzioni di base e librerie standard, sintassi avanzate quali slicing e list comprehension.

2.2 Matplotlib

Matplotlib è un libreria che permette di disegnare grafici in 2D, producendo figure di qualità in una varietà di formati e ambienti interattivi su diverse piattaforme. Matplotlib può essere utilizzato in script python, server di applicazioni Web. Matplotlib cerca di rendere le cose facili facili e quelle difficili possibili. È possibile generare grafici, istogrammi, spettri di potenza, grafici a barre, errorcharts, dispersione e molti altri, con poche righe di codice.

2.3 Strumenti alternativi

Sono disponibili diversi tool per la creazione di sistemi ad agenti, come ad esempio NetLogo e Jade. Per questo progetto si è scelto di non utilizzarli in quanto NetLogo si presta maggiormente a progetti in cui vi è una rilevante componente spaziale, difatti mette a disposizione degli strumenti grafici per mostrare l'evoluzione del sistema, mentre Jade offre un elevato grado di parallelismo, ma risulta più complesso nel suo utilizzo.

Capitolo 3

Il sistema

Andiamo ora ad illustrare il sistema creato ed il suo funzionamento analizzando le classi e le loro funzionalità.

3.1 Classi

Il sistema si compone di poche classi chiave:

Market Rappresenta il mercato azionario, il cui compito è di trovare il valore del titolo per il quale vi sono scambi di azioni maggiori e successivamente eseguire tutti gli ordini aventi il prezzo trovato in base alle loro quantità. Questo aspetto risulta fondamentale in quanto è il fulcro del mercato.

Titolo Rappresenta il titolo azionario, caratterizzato da un identificativo e dal valore.

Ordine La classe Ordine identifica l'ordine di acquisto o di vendita eseguito dagli Agenti di Borsa ed inviato al Market. Il sistema prevede anche la vendita allo scoperto dei titoli fino ad una soglia massima.

Event Generator Questa classe genera casualmente degli eventi che vanno ad influenzare direttamente il valore del titolo, questo per simulare casi

reali in cui eventi esterni, quali fusioni di compagnie o problematiche di vario tipo, impattano sull'andamento del mercato.

Test Alla classe Test è affidato il compito di inizializzare il sistema attraverso i dati presenti in un file di configurazione, ed eseguire la simulazione rilevando ad ogni iterazione i dati sulla ricchezza degli agenti e sull'andamento del titolo. Al termine della computazione i dati vengono mostrati in forma grafica per una rapida consultazione.

Esempio di file di configurazione:

```
Project SAE configuration file
*TITOLO*
ID=MPBS
PRICE=2345
INST=1
*MARKET*
ID=Banche Italiane
*AGENTI*
TOP=10
BIG=25
RETAIL=120
*SCHEDULE*
DAYS=1
IPD=150
```

Dove INST indica il coefficiente di instabilità ovvero quanto il titolo è influenzato da eventi esterni. Il valore deve essere compreso in un range tra 0 e 100. I parametri per gli agenti si limitano al numero di agenti da creare per ciascuna tipologia.

Per quanto riguarda lo schedule vengono indicati i giorni e le Iterazione per giorno (IPD) da eseguire.

Agente La classe Agente delinea la figura dell'Agente di Borsa, definito secondo alcuni parametri fondamentali, quali:

- id
- Budget

- gain
- investimento
- liquidita

Inoltre al suo interno sono implementate le strategie che vengono applicate per operare sul titolo. La classe permette di fare tre distinzioni per la tipologia di agente basate sul budget:

- Retail: budget da 1000 a 10000
- Big: budget da 20000 a 400000
- Top: budget da 1000000 a 10000000

3.2 Funzionamento

Il sistema una volta avviato legge il file di configurazione ed inizializza il titolo, crea il numero di agenti richiesto, assegnandogli una strategia ed impostando le variabili di ciclo per le iterazioni. L'assegnazione delle strategie può essere arbitraria nel caso si voglia studiare particolari configurazioni o casuale.

Terminata questa fase di inizializzazione si comincia l'esecuzione vera e propria, la parola viene data agli agenti che possono scegliere di rimanere in attesa o applicare una strategia. Dopo che ciascun agente ha avuto l'opportunità di agire il market viene aggiornato spostando il valore del titolo a seconda degli ordini ricevuti. Il tutto si ripete per il numero di iterazioni specificato. Durante l'esecuzione vi sono altre due azioni di supporto che vengono eseguite, la raccolta di statistiche sull'andamento del titolo e sul capitale degli agenti, e l'estrazione di occasionali eventi che vanno ad influire sull'andamento del titolo. L'output mostrato ad ogni iterazione dal programma Python non è altro che l'iterazione corrente e le medie dei capitali degli agenti divisi per tipologia. Al termine invece vengono mostrati dei grafici riassuntivi aventi sull'asse delle ascisse il tempo rappresentato dal numero di iterazioni mentre sulle ordinate il valore.

Sono state fatte alcune prove, oltre a quelle che verranno mostrate nel capitolo 4, in cui si suppone che gli agenti creati (in questi due casi 160), applicando tutti una strategia casuale:

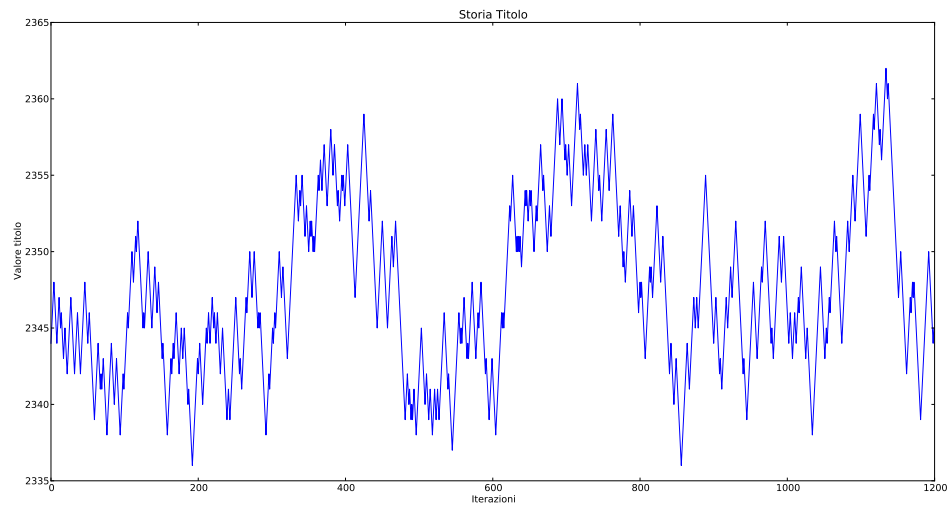


Figura 3.1: Primo esempio di variazione del valore del titolo.

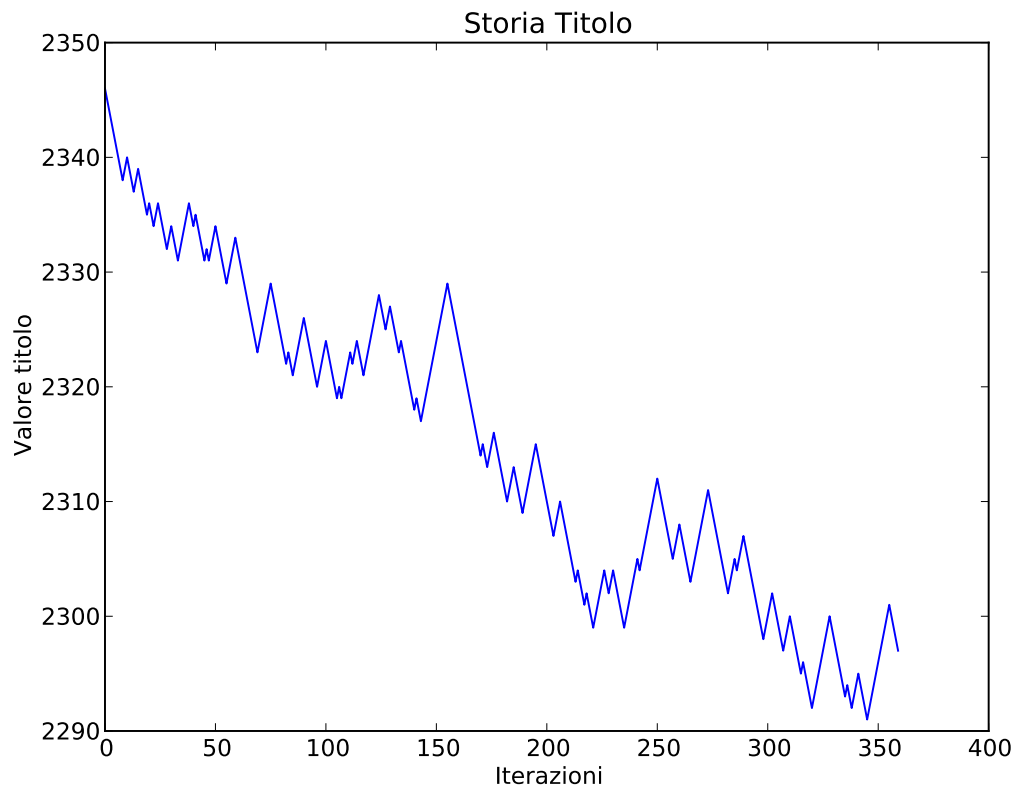


Figura 3.2: Secondo esempio di variazione del valore del titolo.

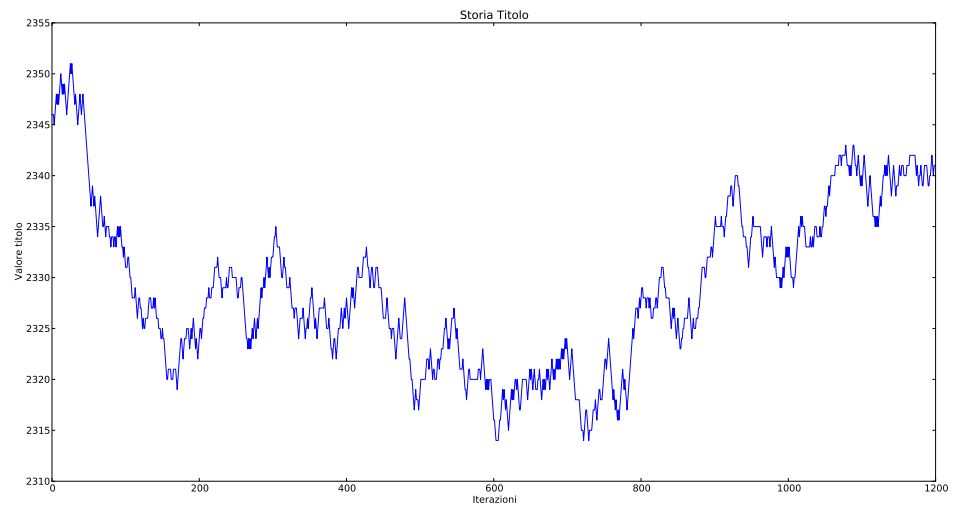


Figura 3.3: Terzo esempio di variazione del valore del titolo.

Capitolo 4

Strategie

Vediamo adesso in maniera dettagliato le strategie implementate all'interno della classe agente dato che rappresentano l'effettivo cuore del sistema. Risulta necessario specificare che nessuna strategia *fair* può essere applicata con successo a tutte le situazioni del mercato, anzi alcune di esse risultano vincenti solo in determinate circostanze. Le strategie *unfair* come l'insider trading e l'aggiotaggio risultano favorite nella maggior parte delle situazioni, in quanto si avvalgono di più informazioni, ma in determinate condizioni di mercato, come momenti con elevati scambi ad elevate quantità, anche queste ultime potrebbero non dare risultati ottimali.

4.1 Strategia 01

Questa prima strategia è naive, in quanto non tiene conto dello stato del Titolo ne del Market, ma unicamente del budget a disposizione dell'agente. Opera sul titolo in maniera casuale. Questa strategia è indicata per un ridotto numero di agenti Retail, in quanto è plausibile pensare che agenti alle prime armi non abbiano ancora implementato strategie più complesse. La figura 4.1 mostra un esempio di esecuzione dove tutti i 155 agenti presenti utilizzano questa strategia. I dati non risultano particolarmente indicativi dato che nessun gruppo di agenti riesce ad ottenere un profitto nel tempo, nonostante questo si può notare come l'andamento del titolo sia comparabile a casi reali.

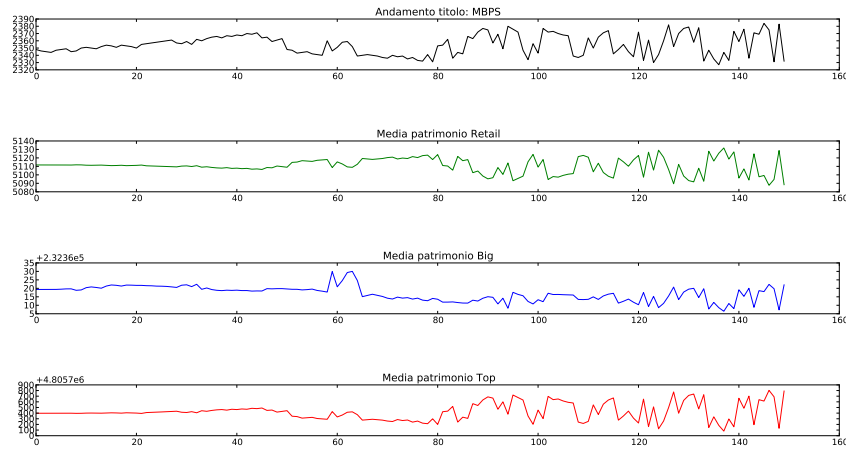


Figura 4.1: Esempio di esecuzione con agenti operanti con la strategia 01.

4.2 Strategia 02

Questa strategia prima di operare sul titolo si crea uno storico con gli ultimi valori assunti dal titolo, successivamente cerca di riconoscere momenti di ascesa o discesa del titolo per provare a guadagnare sul breve periodo. Applicabile a Retail. Dalla figura 4.2 si nota come la strategia si comporti bene durante le prime iterazioni con una leggera ricchezza del patrimonio degli agenti BIG (che implementano questa strategia), successivamente però quando il titolo inizia ad oscillare rapidamente la strategia risulta essere inadeguata.

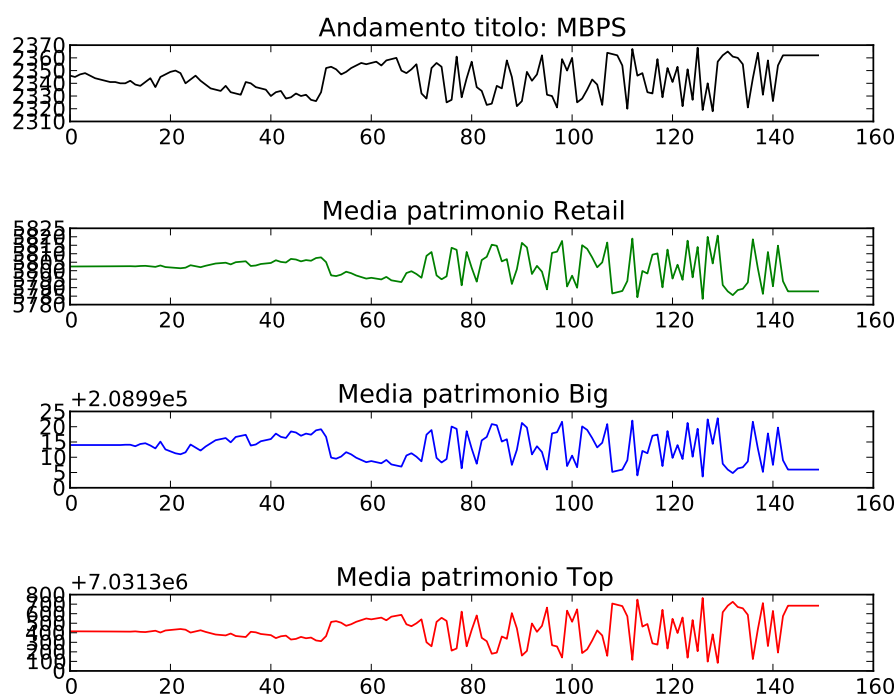


Figura 4.2: Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 02.

4.3 Strategia 03

La strategia 03 risulta essere più conservativa rispetto alle altre, e si applica su tempi ridotti, possibilmente in momenti di forte oscillazione del titolo. Dopo un primo ordine, si attende finché il gain non risulta essere maggiore di una certa soglia, prima di piazzare un altro ordine per chiudere la posizione. Vi è la possibilità di dover mantenere la posizione per lungo tempo in seguito ad impreviste variazioni del titolo in senso opposto all'aspettativa. I guadagni possibili risultano essere bassi ma con un valore di certezza sicuramente maggiore rispetto ad altre strategie. L'esempio riportato (Figura 4.3) si può notare come seppure con parecchie oscillazioni il valore del patrimonio dei BIG (operanti con la strategia 03) si mantenga leggermente superiore a quello

iniziale per quasi tutta la durata della simulazione.

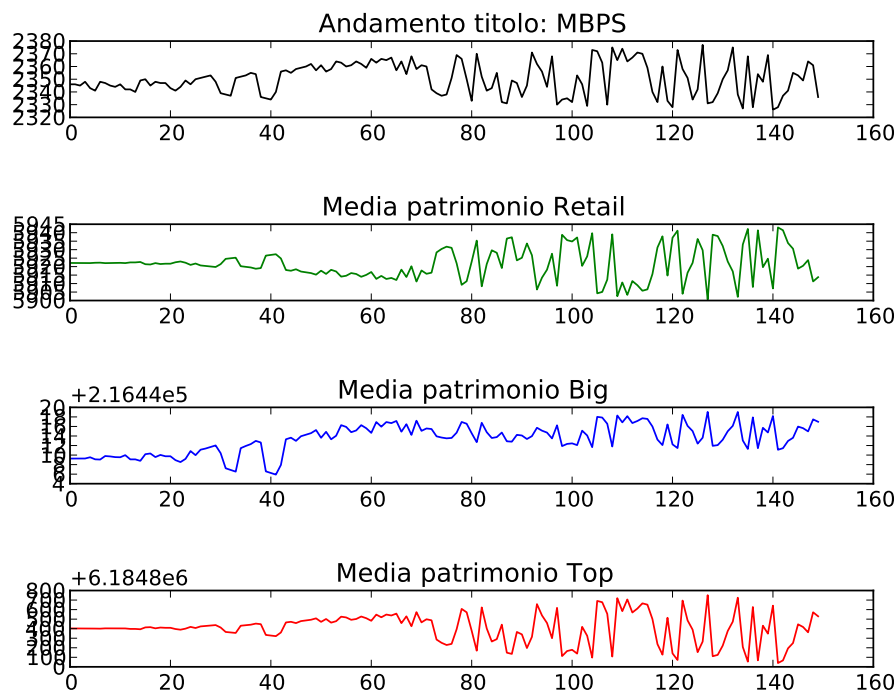


Figura 4.3: Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 03.

4.4 Strategia 04

Il principio dietro questa strategia è che gli agenti con maggiori capitali possono influenzare l'andamento del titolo con ordini di grandi dimensioni. Strategia indicata per i TOP. Un esempio di questa strategia ((Figura 4.4) mostra come rimanga altamente dipendente dal valore dl titolo, sicuramente ne influenza il valore ma non riesce ad ottenerne un profitto *sicuro*.

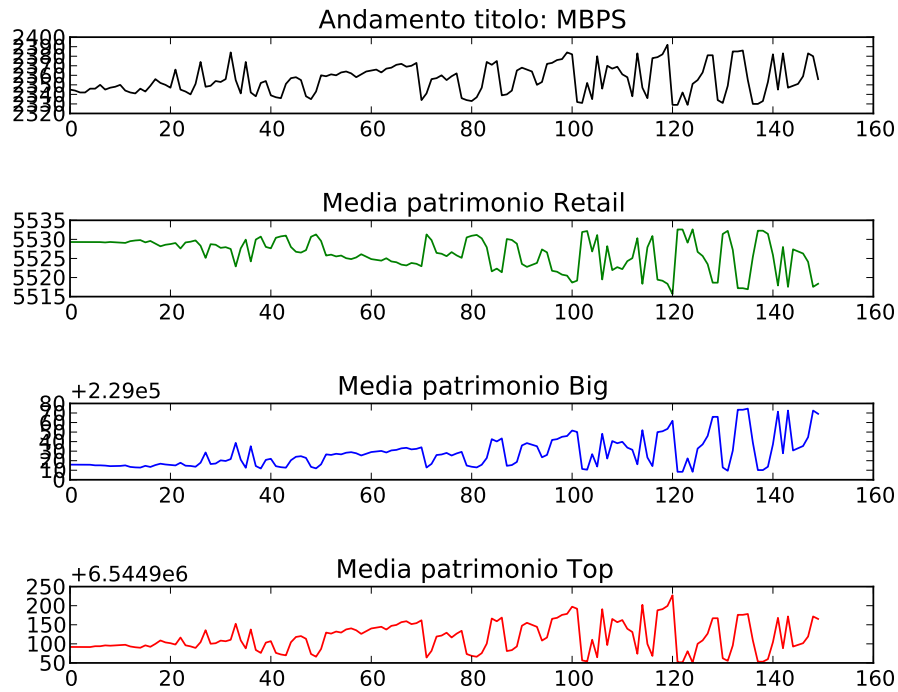


Figura 4.4: Esempio di esecuzione con agenti TOP operanti con la strategia 04.

4.5 Strategia 05

In questa strategia prima di effettuare qualunque ordine vengono analizzati gli ordini piazzati dagli altri agenti per tentare di prevedere l'andamento del mercato. Gli ordini piazzati sono visibili a tutti anche nel caso reale. Da come si evince (Figura 4.5) gli agenti BIG tendono ad avere un gain positivo sul lungo periodo.

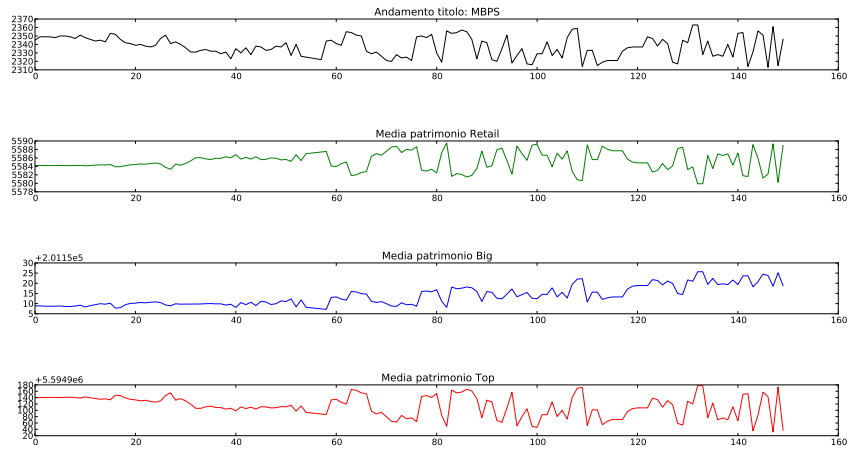


Figura 4.5: Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 05.

4.6 Strategia 06

Questa strategia mostra un esempio di insider trading, eseguito da agenti aventi la conoscenza degli eventi esterni che andranno a colpire il valore del titolo. Come mostrato nell'esempio (Figura 4.6) gli agenti BIG implementano la strategia 06 e riescono sul lungo periodo ad ottenere un gain positivo, le fluttuazioni del guadagno sono dovute all'impossibilità di chiudere la posizione istantaneamente, ma il dover attendere che ciò sia reso possibile dal mercato.

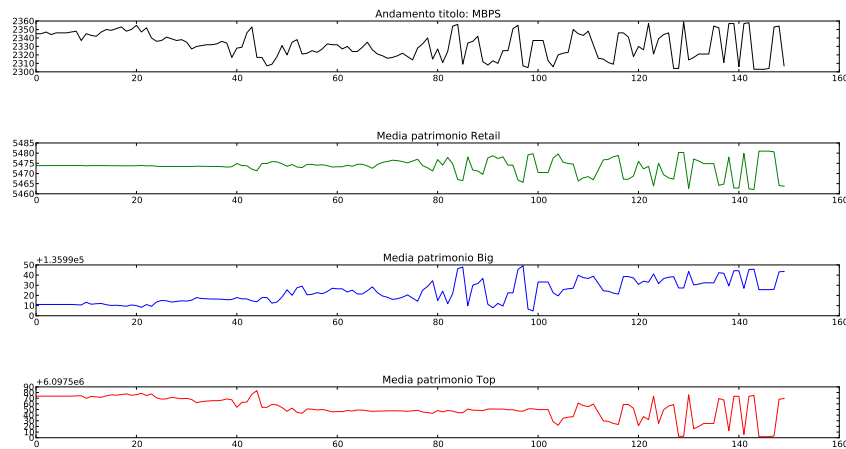


Figura 4.6: Esempio di esecuzione con agenti BIG operanti con la strategia 06.

4.7 Strategia 07

L'ultima strategia implementa l'aggrottaggio, è la strategia più complicata, nel quale un gruppo di agenti si coordina per modificare il prezzo del titolo e ricavarne un profitto. Per quanto riguarda la sincronizzazione, ogni agente dichiara agli altri di fare parte della strategia ed si sceglie un compito. I compiti possibili sono:

- Investitore: il suo compito è piazzare i primi ordini con elevate quantità
- Inseguitori: aspettano gli ordini piazzati dagli investitori e li assecondano facendoli guadagnare

I due ruoli si invertono nel tempo per permettere a tutti di guadagnare sfruttando questa modalità. La sincronizzazione avviene attraverso una struttura a semaforo, ogni agente deve aver completato il suo compito prima che tutti possano passare all'operazione successiva.

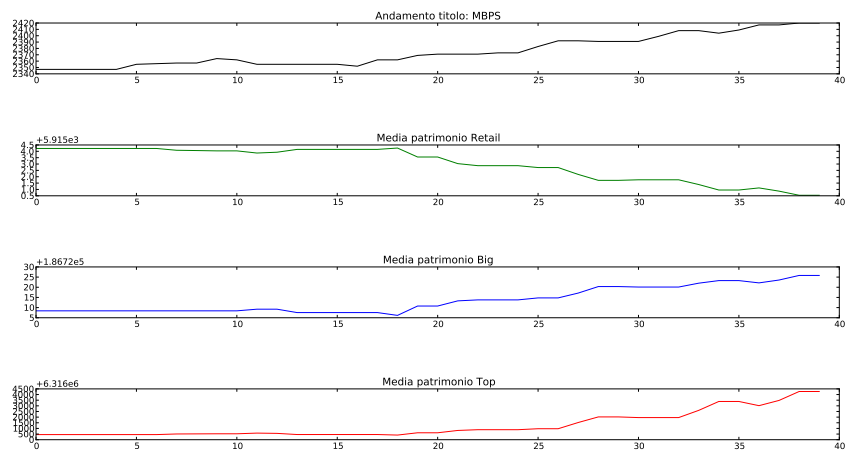


Figura 4.7: Esempio di esecuzione con agenti TOP e BIG operanti con la strategia 07.

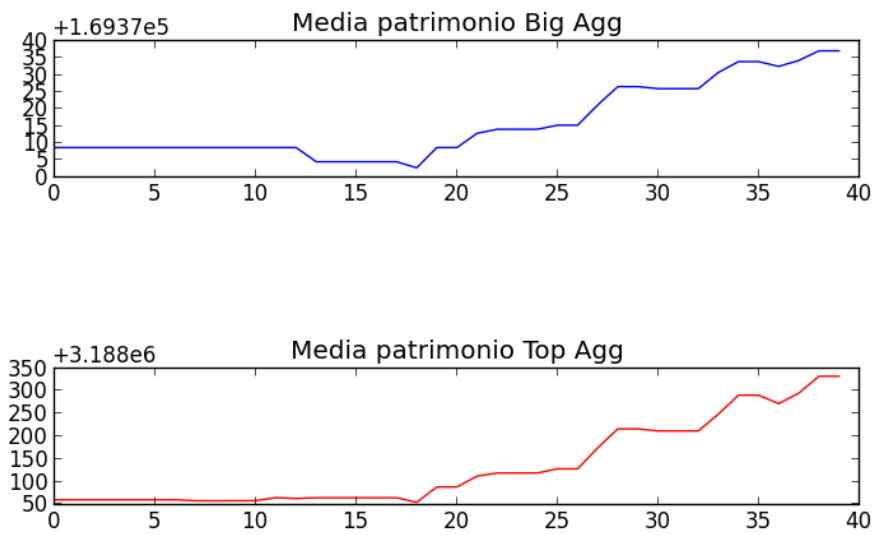


Figura 4.8: Spaccato dei soli agenti operanti l'aggiotaggio

Capitolo 5

Valutazioni finali

5.1 Conclusioni

Il sistema ad agenti realizzato riesce a simulare in maniera accettabile il comportamento di un titolo azionario evidenziando il comportamento degli agenti in base alle strategie da loro utilizzate. In un sistema azionario - *onesto* gli agenti implicati non dovrebbero comunicare tra loro, quando questo accade gli agenti possono cooperare per raggiungere il loro comune obiettivo: massimizzare il profitto. Nonostante la possibilità di comunicare non è detto che sia facile per gli agenti ottenere un maggiore profitto, in quanto il sistema azionario è complesso e qualunque operazione su di esso ne va a modificare lo stato in quanto risorsa condivisa tra tutti gli agenti.

5.2 Sviluppi futuri

Vi è la possibilità di estendere il sistema con alcune funzionalità quali:

- Strategie più complesse, integranti modelli di predizione statistica (ad esempio Markov Chain, reti bayesiane...)
- Aggiungere la possibilità di inserire più titoli i cui andamenti siano correlati

- Aggiunta di parametri sul comportamento del titolo e dell'agente per ricreare e studiare condizioni singolari

Bibliografia

- [1] Definizioni economiche di: Mercato azionario, aggrottaggio, insider trading.
<http://it.wikipedia.org/>.
- [2] Orari di erogazione della borsa italiana. <http://www.borsaitaliana.it/notizie/sotto-la-lente/nuovi-orari-borsa.htm>.