

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÁ DI BOLOGNA
SEDE DI CESENA**

**FACOLTÁ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELL'INFORMAZIONE**

**LA TEORIA DEI FRATTALI NELL'ANALISI DEI MERCATI
FINANZIARI E NELLE PREVISIONI DEI CICLI DI BORSA**

Relazione finale in :
Calcolo delle probabilità e statistica

Relatore:
Chiar.ma Prof.ssa Annamaria Montanari

Presentata da:
Simone Giovagnoli

**Sessione I
Anno Accademico 2007/2008**

*Alla mia famiglia dedico questa tesi,
per la pazienza e la comprensione in tutti questi mesi.*

*A mio fratello il ringraziamento più importante,
per l'aiuto e la disponibilità in ogni istante.*

*Per esser maturato e aver dato un senso alla mia vita errante,
Ringrazio chi del mio appartamento è stato abitante o solo passante.
Agli amici che non mi hanno abbandonato nonostante l'allontanamento,
rimarrò sempre grato per avermi lasciato sereno e contento.*

*Per chi per ultima ha percorso la mia strada nella via dell'affetto,
metto da parte ogni titolo e le dono il frattale nascosto nel mio petto.*

Indice

INTRODUZIONE	.9
1. Cenni sui frattali	.13
1.1. Nell'universo tutto è ciclico	13
1.2. Cicli biologici	15
2. Benoit Mandelbrot	.17
2.1. Breve biografia	17
2.2. Gli studi di Mandelbrot	18
2.3. I meriti di Mandelbrot	19
3. Prima di Mandelbrot	.21
3.1. George Cantor	22
3.2. Giuseppe Peano	23
3.3. Helge von Koch	25
3.4. Waclaw Sierpinski	26
3.4.1. Metodo L. System	28
3.4.2. Metodo IFS	28
4. Applicazioni dei frattali	.31
4.1. I frattali nella natura	31
4.2. I frattali nella musica	36
4.3. I frattali nella computer grafica	37
4.4. I frattali nel corpo umano	39

5. La teoria dei frattali nella previsione dei cicli di borsa	.43
5.1. Cicli e stagionalità nei prezzi delle materie prime	44
5.2. I trend	45
5.3. I prezzi dell'avena	46
5.4. Il libero arbitrio	48
5.5. Il crollo del 1929 era prevedibile	49
5.6. Confronto tra Fractal Market Hypothesis e Efficient Market Hypothesis	51
5.7. L'andamento frattale della Borsa e le onde di Elliott	53
6. La filosofia di Hurst	.57
6.1. Il potere del coefficiente di Hurst	59
6.2. Il coefficiente di Hurst	61
6.3. Saper interpretare il coefficiente di Hurst	63
6.4. Individuare i cicli periodici	64
6.5. Il calcolo delle medie mobili	65
6.6. L'antipersistenza	70
6.7. La volatilità	73
7. Software per l'analisi e la previsione dell'andamento finanziario	.77
7.1. Programma in esecuzione	82
7.2. Esempi funzionali dei metodi presentati in questa tesi	84
CONCLUSIONE	.89

INTRODUZIONE

La fisica da secoli riesce con precisione scientifica nell'intento di spiegare fenomeni naturali come i movimenti dei pianeti, di pendoli, palline, carrelli... ed è stata perfino in grado di farci raggiungere la luna con navicelle spaziali. Con le equazioni lineari è infatti possibile offrire conoscenza e certezza su ogni movimento regolare degli oggetti.

Ci sono altri tipi di situazione in cui la fisica non se la cava altrettanto bene. Per esempio, tutto quello che ha a che fare con la turbolenza, l'aria che si muove lungo l'ala di un aereo, le condizioni meteorologiche, il sangue che fluisce al cuore. Tutti gli eventi che sembrano essere dipendenti da un numero imprecisabile di variabili spesso non sono affrontabili con i metodi della fisica classica. Inoltre, a contrario di ciò che afferma la geometria euclidea, il nostro mondo non è fatto di figure regolari e lisce come triangoli, coni, sfere o altre figure geometriche, ma da figure "rugose", "increspate", sicuramente irregolari, che a prima vista non mostrano alcun ordine. Infatti, fino a poco tempo fa non esisteva alcuna geometria in grado di riprodurre e spiegare i fenomeni naturali.

La geometria non è in grado di descrivere la forma di una nuvola, di una costa, di una montagna, di un albero...

A cavallo tra gli anni 70 e 80 però, il matematico polacco (naturalizzato francese) Benoit Mandelbrot, ipotizzò e evolvse la teoria della geometria dei frattali.

Nel suo libro *The Fractal Geometry of Nature* (W. H. Freeman & Co 1982) per la prima volta, con estrema chiarezza e utilizzo di immagini esplicative, viene spiegata la natura tramite formule matematiche.

Non a caso la matematica è considerata il linguaggio universale, l'unico con cui potremmo comunicare con altre ipotetiche forme di vita aliene intelligenti. Con la geometria frattale vengono descritte le apparentemente caotiche forme della natura, spiegando non solo gli

alberi, le nuvole, i laghi, i monti e le coste, ma anche il corpo umano stesso.

Mandelbrot non si specializzò unicamente sullo studio della natura, ma avanzò le proprie idee anche nello studio della finanza, l'argomento su cui questa tesi dedicherà più attenzioni.

Questo documento infatti si prefigge il compito di offrire al lettore una spiegazione semplice ma esaustiva dell'argomento frattali, per poi dedicarsi ai cicli di Borsa mantenendo un linguaggio accessibile a tutti e spiegare questioni complicate e spesso delicate.

La previsione dei cicli di borsa con l'utilizzo dei frattali rimane tutt'ora considerata da molti MAGIA o FANTASCIENZA, soprattutto per chi continua ad abbracciare la teoria dei mercati efficienti, per questo verrà mostrata l'efficacia di tali metodi con l'osservazione di serie storiche.

Nel primo capitolo verranno presentati i frattali mostrando come il concetto di ciclo appartenga da sempre alla natura in tutto ciò che ci circonda, come le stagioni, ma anche da ciò che ci compone, come l'energia elettrica nel nostro organismo. Con l'utilizzo di esempi di facile apprendimento comincerà l'avventura all'interno di questo affascinante mondo.

Nel secondo capitolo invece verrà illustrata al lettore la vita del creatore del concetto di frattale, Benoit Mandelbrot, in una biografia dettagliata e precisa, basata sulle parole dello stesso matematico.

Sarà tuttavia necessario leggere anche il terzo capitolo se si è intenzionati a conoscere le origini dei frattali, già presenti nell'arte e in geometria molto prima che Mandelbrot ne evolvesse e definisse i concetti.

Nel quarto capitolo il lettore avrà abbastanza informazioni sulla storia dei frattali per poter trovare riscontro coi frattali nella realtà di tutti i giorni. Qui infatti verranno mostrati alcuni tra i più rilevanti esempi di frattali nel mondo che ci circonda, evidenziando come, effettivamente, i frattali siano sempre intorno a noi.

Solo dal quinto capitolo si entrerà nel vivo di questa tesi, affrontando il mondo della finanza utilizzando tutti i metodi ereditati dallo studio dei frattali.

Proprio per questo verranno mostrati gli straordinari risultati che il metodo dei mercati frattali può offrire, a cominciare dallo studio dei cicli in alcune serie storiche sui prezzi dell'avena, per concludere con uno studio sul crollo di Wall Street del 1929 e su una sua possibile previsione tramite l'utilizzo di metodi semplici quanto efficienti.

Nel sesto capitolo invece si discuterà del coefficiente di Hurst, una semplice formula in grado di definire la tendenza del mercato. Questo valore compreso tra 0 e 1 è infatti in grado di dirci se la serie tenderà a seguire un andamento o se, al contrario, sarà soggetta a imprevedibili sbalzi o se seguirà le leggi del cammino casuale (random walk).

Per offrire al lettore un'ulteriore conoscenza dei mercati verrà spiegato il metodo delle medie mobili, definendo un algoritmo che giorno dopo giorno ci può suggerire con facilità quale operazione finanziaria eseguire.

Oltre a riproporre conoscenze note tramite libri e documenti specifici, verranno offerte alcune riflessioni personali atte a mostrare i risultati inaspettati che i metodi conosciuti offrono.

Sarà poi accennato il concetto di volatilità, un indice in grado di informare l'investitore sulle quantità di denaro che possono essere vinte o perse investendo su un titolo di cui conosce la serie storica.

Inoltre verranno fornita la descrizione, l'utilizzo e il codice di un software, scritto in linguaggio c++ con l'utilizzo di librerie glui e opengl, atto a mostrare e rispondere ad alcuni quesiti che il lettore si troverà a porsi durante la lettura di questa tesi.

In particolare il programma, tramite la selezione di un file contenente una serie storica e le variazioni giornaliere, sarà in grado di fornire all'utente un calcolo preciso del coefficiente di Hurst, in grado di mostrare il trend del titolo, il valore della volatilità delle ultime 22 osservazioni, ossia la percentuale di guadagno o perdita massimi possibili investendo sul titolo in esame e infine sarà possibile calcolare le medie mobili per ricevere in risposta un suggerimento credibile sull'atteggiamento istantaneo da tenere riguardo i propri investimenti.

1. Cenni sui frattali

“Il concetto di base che unisce lo studio dei frattali alle discipline come la biologia e quindi anatomia e fisiologia parte dalla convinzione di un necessario superamento della geometria euclidea nella descrizione della realtà naturale. Volendo essere molto sintetici, i frattali servono a trovare una nuova rappresentazione che parta dall’idea di base che il piccolo in natura non è nient’altro che una copia del grande. La mia convinzione è che i frattali saranno presto impiegati nella comprensione dei processi neurali, la mente umana sarà la loro nuova frontiera”.

Benoit Mandelbrot

1.1. Nell’universo tutto è ciclico

Allo stato dell’arte, è possibile affermare che tutto ciò che esiste possiede un andamento ciclico.

Basti pensare alla terra stessa su cui viviamo: ogni 24 ore essa gira intorno a se stessa, mentre ogni 365 giorni e un quarto gira attorno al sole. Nel primo caso parleremo di ciclo del giorno e della notte mentre nel secondo parleremo di ciclo annuale.

La luna poi scandisce la durata dei mesi con i suoi 29 giorni e mezzo di ciclo lunare. La stessa luna ha influenze cicliche sulle maree e le sue quattro fasi lunari (luna nuova, mezza luna crescente, luna piena e mezza luna calante) scandiscono la durata delle settimane.

Fondamentalmente ogni pianeta visibile sottostà a leggi cicliche universali, distinte ognuna da durate particolarmente lunghe.

Ma anche cicli ben più veloci invadono il nostro quotidiano: l’orologio che abbiamo al polso segna continuamente un andamento ciclico per scandire il tempo grazie al quarzo al suo interno che, in particolari condizioni, crea una piccola corrente oscillante con una frequenza ben definita (32 Mhz) e precisa nello scandire il tempo.

La parola frequenza già da sola è sinonimo di ciclo, infatti la sua definizione dice che la frequenza è il numero di ripetizioni di uno stesso evento durante un periodo di tempo stabilito.

La fisica ci insegna che la frequenza concerne il suono, la luce e tutti i segnali elettrici che inevitabilmente dominano il mondo moderno. La frequenza viene misurata in Hz (Hertz) che indicano solitamente il numero di cicli in un secondo.

L'orecchio umano percepisce i suoni con frequenze comprese tra i 20Hz (suoni bassi o gravi) e i 16.000 Hz (suoni acuti o alti). La voce umana è percepibile grazie alla vibrazione delle corde vocali che si propagano nell'aria come un'onda di pressione e oscilla tra i 200 Hz dell'uomo e i 400 Hz della donna. In musica 220 Hz e tutti i suoi multipli, corrispondono, ad esempio, alla nota LA.

Le onde radio, quelle che permettono la comunicazione a distanza grazie a un microfono, un'antenna e un ricevitore, oggi invadono quasi tutto il nostro mondo e la frequenza di trasmissione del segnale varia solitamente in base alle distanze da coprire e alla potenza del segnale.

Inoltre, come detto in precedenza, anche la luce è un fenomeno ondulatorio e quindi ciclico. La sua natura è elettromagnetica e la sua frequenza (elevatissima) varia tra i 428 e i 740 THz. I raggi X, infrarossi, ultravioletti, e i raggi gamma, non sono altro che onde elettromagnetiche ad elevate frequenze.

Se il lettore non dovesse essere ancora convinto della presenza incessante di cicli nell'universo, il nominare la meccanica quantistica dovrebbe togliere ogni dubbio.

Essa infatti, per quanto sia ancora una scienza in fase embrionale a causa della sua estrema complessità, dimostra che all'interno di ogni atomo ci sono particelle elettricamente cariche, gli elettroni, in rotazione attorno al nucleo, anch'esso elettricamente carico, a evidenziare la presenza di fenomeni ciclici. Queste conclusioni furono raggiunte in anticipo anche da Einstein con la sua nota formula $E=mc^2$, che dimostra come tutta la materia non sia altro che una manifestazione di energia, e quindi ciclicità.

2.2. Cicli biologici

Come interessante curiosità, può essere utile proporre la ciclicità all'interno del corpo umano.

Il cuore batte con una ciclicità dipendente dall'attività fisica delle persona.

Nelle nostre vene, dunque, il sangue circola seguendo una frequenza variabile, ma ciò che più stupisce è che può variare non solo in funzione dell'affaticamento, ma anche in merito ad altri cicli, come appunto quello lunare o solare. Infatti la pressione del sangue, a parità di condizioni, trova un suo minimo alle 3 della notte e un massimo alle 3 del pomeriggio. L'adrenalina invece viene prodotta in gran quantità attorno alle 6 del mattino, per favorire il risveglio, mentre verso le 5 del pomeriggio entra in gioco un senso di debolezza. Lo stesso ciclo mestruale della donna segue una precisa durata di 28 giorno ("mestruazione" deriva infatti dalla parola MESE).

Il respiro è scandito da una frequenza.

In tutto il nostro corpo, inoltre, circola continuamente una leggera corrente elettrica che trova l'invio degli impulsi all'interno del cervello. Le onde cerebrali variano a seconda dell'input inviato, ma la loro frequenza ha delle caratteristiche particolari che offrono dell'ordine nella caoticità del pensiero umano:

in stato di veglia infatti il cervello è inondato da onde beta, che oscillano intorno ai 15-20 Hz.

In caso di rilassamento si scende sugli 8-10 Hz e si parla di onde alfa.

In stato di dormiveglia o sonno leggero la frequenza è di 5-6 Hz e si parla di onde theta.

Ci sono poi le onde delta, 2-3 Hz, che caratterizzano il sonno profondo.

2. Benoit Mandelbrot



Figura 1 Una recente immagine di Benoit Mandelbrot

2.1. Breve biografia

Benoît Mandelbrot (Varsavia, 20 novembre 1924) è un matematico polacco nato in una famiglia con forte tradizione accademica: sua madre era una dottoressa e suo zio Szolem Mandelbrot un famoso matematico. Il padre invece era un rivenditore di abiti. Emigrato nel 1936 con la sua famiglia in Francia, dove frequentò il Liceo Rolin di Parigi fino all'inizio della Seconda Guerra Mondiale, Mandelbrot più di una volta temette per la propria vita, e si trovò costretto a saltare gran parte delle lezioni, sostituite dall'istruzione impartita dallo zio.

Dopo aver completato gli studi liceali a Lione, nel 1944 entrò all'Ecole Polytechnique di Parigi dopo una breve e sfortunata parentesi all'Ecole Normale. Si recò successivamente negli Stati Uniti in visita presso il California Institute of Technology.

Ottenne il PhD all'Università di Parigi, per poi lavorare presso il Centre National de la Recherche Scientifique, dove però rimase solo fino al 1958. Infatti, in disaccordo con la cultura matematica dominante in Francia a quel tempo, ripartì definitivamente per gli Stati Uniti, dove iniziò la sua

fondamentale collaborazione con l'IBM, che gli permise, in anticipo su qualsiasi altro centro di ricerche, l'utilizzo dei primi computer come calcolatori di complesse operazioni matematiche. Proprio grazie a questa (allora) innovativa tecnologia fu in grado di approfondire i suoi studi sugli insiemi di Julia (e quindi sulla propria teoria dei frattali) ad un livello di calcolo fino ad allora improponibile. I suoi lavori sui frattali in quanto matematico impiegato all'IBM gli fruttarono un "Emeritus Fellowship" ai laboratori di ricerca T. J. Watson. Dopo aver ricoperto incarichi di insegnamento presso prestigiose istituzioni, attualmente é professore di Scienze Matematiche presso l'università di Yale, negli Stati Uniti. Ha ricevuto numerosi premi e onorificenze come riconoscimento dei suoi importanti risultati sulla geometria frattale.

Nel 1993 gli è stato conferito il prestigioso premio Wolf per la fisica, "per aver trasformato la nostra visione della natura" e recentemente anche l'università di Pisa ha voluto premiare il fisico con una laurea honoris causa in medicina e chirurgia.

2.2.Gli studi di Mandelbrot

L'interesse di Mandelbrot verso gli studi che lo portarono a evolvere la teoria dei frattali nacque in seguito alla scoperta della dimensione di Hausdorff-Besicovitch, ossia una teoria che dimostra l'esistenza di dimensioni a numeri reali (quindi differenti dall'idea di dimensioni cartesiane), rimase entusiasta e desideroso di avanzare tali ricerche.

Le sue ricerche ebbero i primi riscontri solo durante la sua permanenza lavorativa all'IBM, ambiente nel quale poté usufruire della potenza di calcolo dei computer ben prima che i personal computer invadessero le case di tutti.

Dopo soli 3 anni di ricerca all'IBM, Mandelbrot raggiunse il primo traguardo, proprio in un campo in cui non aveva alcuna competenza, la finanza. Casualmente, durante una lezione di finanza precedente ad una sua lezione, notò un grafico sui prezzi del cotone identico a quello che avrebbe dovuto usare nel suo corso. In seguito, dopo alcuni test al calcolatore trovò un modello di variazione dei prezzi nelle speculazioni finanziarie.

In economia i prezzi non devono per forza essere un insieme continuo: se dovesse entrare in gioco una nuova informazione, il prezzo potrebbe variare, ad esempio, da 100 a 10 o da 100 a 300, perciò si può applicare una nozione di discontinuità ai modelli di prezzo.

Questa idea risultò rivoluzionaria.

La sua ricerca, ipotizzata negli anni 60, fondamentale parlava di frattali ben prima che la sua teoria fosse elaborata.

Mandelbrot affermò che non è possibile distinguere in borsa una variazione azionaria mensile da una settimanale o giornaliera.

Già allora si parlava di autosimilarità, e già esistevano dei modelli per descriverne l'origine.

In seguito studiò la variazione dei disturbi nelle trasmissioni telefoniche, questione a cui teneva molto l'IBM, che trasmetteva dati e informazioni tramite le linee telefoniche ordinarie. Usando gli stessi costrutti teorici usati per studiare la variazione dei prezzi nei titoli azionari, ossia le "patologie", si rese conto che la matematica e la fisica sarebbero stati il mezzo con cui spiegare il disordine della natura.

2.3.I meriti di Mandelbrot

Come già accennato nell'introduzione, Mandelbrot non si dedicò unicamente allo studio della natura, ma avanzò le proprie idee anche nello studio della finanza, dei linguaggi o nella creazione di computer.

Il fisico polacco fin da giovane ebbe il dono di trasformare qualsiasi calcolo complesso, che avrebbe richiesto numerose formule matematiche, in una rappresentazione geometrica, che semplificava qualsiasi problema. Era perciò in grado di spiegare in modo intuitivo e matematico qualsiasi formula trasformandola in forme geometriche.

Abbandonando i principi platonici per cui la matematica doveva esser distaccata dagli oggetti e dalle sensazioni, Mandelbrot si avvicinò alla natura offrendo forme alla matematica, peculiarità che lo costrinse ad

abbandonare i suoi studi all' ECOLE NORMALE, una delle scuole più importanti di Francia.

Si iscrisse così all'École Polytechnique dove la maggior libertà di ricerca e un piano di studio più elastico gli permisero di approfondire e mettere a frutto le sue doti matematiche.

In seguito, partendo da alcune ricerche del meteorologo Louis Fry Richardson, che misurò la lunghezza delle linee costiere su scale differenti, Mandelbrot notò che cercando di misurare su diverse cartine topografiche la lunghezza della costa dell'Inghilterra, si ricavano lunghezze differenti a seconda del livello di dettagli. Più ci si avvicinava alla dimensione originale, più la costa si allungava. Il concetto poteva essere portato all'infinito.

Da questo concetto nacque la dimensione frazionaria e il seguente concetto di Frattale.

All'IBM ideò un algoritmo per il computer. La macchina doveva riprodurre un'immagine che simulasse la morfologia del suolo, un primo caso di computer grafica.

Per primo Mandelbrot considerò l'irregolarità della natura un argomento a se, non da un punto di vista generale ma matematico e nel suo primo libro del 1975 diede il nome alla sua creazione: FRATTALE.

La scelta derivò dalla sua cultura classica, in particolare dal latino, la cui parola FRACTUS risultò particolarmente appropriata nel descrivere irregolarità e fratture.

3. Prima di Mandelbrot

Mandelbrot non fu il primo ad avanzare strutture geometriche autoricorsive, prima di lui esistevano già formulazioni matematiche e geometriche altrettanto affascinanti, quest'oggi catalogate come frattali.

Le patologie, scoperte da Cantor (l'insiemistica di Cantor), Peano, Sierpinski (triangolo di Sierpinski) e Von Koch (curva di Koch) alla fine del 1800, erano luoghi matematici, privi di relazioni con la natura, vicini al concetto di frattale.

Essi indagavano unicamente la natura dei problemi matematici, per questo non vennero presi sul serio, relegandoli a "giochini" per i matematici. Mandelbrot li recuperò e scoprì che la natura aveva creato quelle regole per spiegare ogni sua creazione.

Grazie ai suoi studi, ora sappiamo che moltissimi modelli della natura sono correlate da alcune semplici leggi matematiche.

Prima di approfondire gli studi di Mandelbrot è quindi necessario conoscere, senza approfondire troppo, le scoperte di coloro che ispirarono il matematico polacco e che in anticipo su tutti i tempi proposero dei modelli matematici tutt'ora considerati fondamentali per raggiungere la comprensione della teoria dei frattali.

3.1. Georg Cantor

“ Nessuno potrà cacciarci dal Paradiso che Cantor ha creato”.

David Hilbert



Figura 2 George Cantor

Georg Ferdinand Ludwig Philipp Cantor (San Pietroburgo, 3 marzo 1845 – Halle, 6 gennaio 1918) grazie alla sua “insiemistica” mostrò uno dei primi frattali mai studiati.

Egli lasciò un'impronta indelebile dimostrando l'esistenza di due differenti tipi di ordine di infinito e esponendo per la prima volta la teoria degli insiemi. Purtroppo la sua incredibile dedizione allo studio lo portò ben presto alla pazzia e ad affermazioni piuttosto inusuali per uno scienziato. Cantor infatti identificò il suo concetto di INFINITO ASSOLUTO nell'immagine di Dio, non prima però di cadere in una terribile crisi di nervi in seguito al suo confronto con il Paradosso di Russell ("In un villaggio c'è un unico barbiere. Il barbiere rade tutti, e soli, gli uomini che non si radono da soli. Il barbiere rade sé stesso?").

Nell'insiemistica di Cantor apparve una prima regola di auto similarità, evidente nelle immagini sottostanti:



Figura 3 L'insiemistica di Cantor

Prendendo una linea ($p=0$) e togliendo il terzo centrale, ricaveremo due linee uguali ($p=2$). Analogamente, togliendo la parte centrale da ciascuna delle due linee e continuando così per ogni iterazione resterà l'insieme di Cantor.

Dimostrò così che la lunghezza complessiva dell'insieme di Cantor è zero, ma anche che è costruito da infiniti punti, vanificando così la classica definizione di dimensione.

3.2. Giuseppe Peano

“ Provai una grande ammirazione per lui quando lo incontrai per la prima volta al Congresso di Filosofia del 1900, che fu dominato dall'esattezza della sua mente”.

Bertrand Russell



Figura 4 Giuseppe Peano

Giuseppe Peano (Spinetta di Cuneo, 27 agosto 1858 – Torino, 20 aprile 1932), attorno al 1890, scoprì la "curva che riempie lo spazio".

Egli creò una curva ideale che gira in modo così complesso da toccare ogni punto del piano.

Partendo dall'elemento base sottostante (Figura 5)

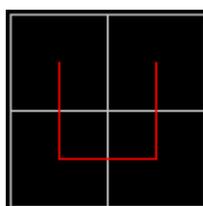


Figura 5

Peano diede vita ad una struttura ricorsiva che, come si può notare dall'immagine (figura 6), replica per quattro volte l'elemento iniziale riducendone le dimensioni a un quarto delle originali, mantenendo

3.3. Helge von Koch

“Se la curva di Von Koch fosse dotata di vita, non sarebbe possibile annientarla senza sopprimerla al primo colpo, poi ch  in caso contrario rinascerrebbe incessantemente dalle profondit  dei suoi triangoli, come la vita nell'universo”.

Cesàro



Figura 8 Helge von Koch

Helge von Koch (Stoccolma, 25 gennaio 1870 – 11 marzo 1924) illustr  per primo la "curva a fiocco di neve”.

La sua costruzione   tanto semplice quanto stupefacente:

Prendendo una linea e dividendola in tre parti, da cui estrarre la parte centrale, ci troviamo in una situazione analoga a quella della curva di Peano, ma questa volta le due linee vengono collegate tramite altre due linee unite a formare un triangolo senza base (figura 9), ricavando cos  quattro nuove linee su cui, ricorsivamente (figura 10),   possibile ricreare le stesse condizioni iniziali (figura 11).



Figura 9

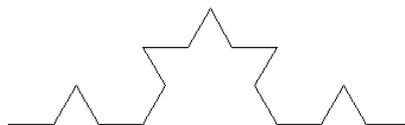


Figura 10

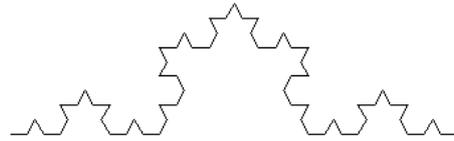


Figura 11

Come si evince dalla figura 11, la curva si allunga all'infinito nonostante sia contenuta in un'area finita. Solo Mandelbrot si accorse, però, che anche il mondo reale aveva preso a modello quelle curve (le coste, le foci dei fiumi, le arterie...).

3.4. Waclaw Sierpinski



Figura 12 Waclaw Sierpinski

Waclaw Franciszek Sierpinski (Varsavia, 14 marzo 1882 – Varsavia, 21 ottobre 1969) fisico polacco, nel 1916 introdusse la sua versione di frattali, rifacendosi a principi già noti agli artisti da millenni (figura).

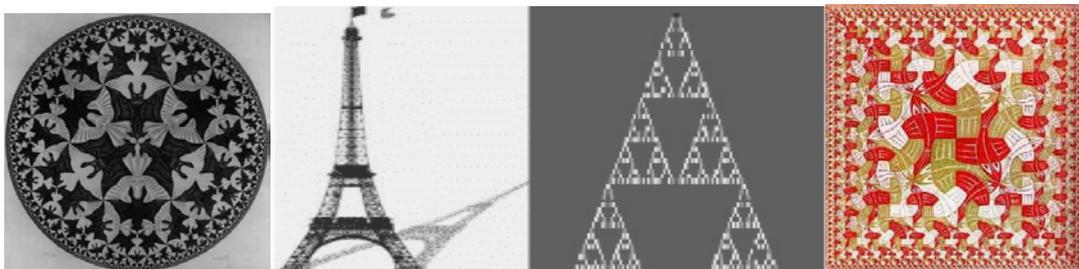


Figura 13 Esempi di frattali nell'arte

Il suo triangolo è costituito in realtà da 3 diverse copie dello stesso ma di dimensioni dimezzate. Queste forme rivelano tutte una serie infinita di motivi ripetuta in tutte le scale.

Il suo è un esempio base di insieme auto-similare, cioè matematicamente generato da un pattern che si ripete allo stesso modo su scale diverse.

La sua costruzione risulta geometricamente molto semplice ed è ricostruibile, come già detto, copiando lo stesso triangolo in scala all'infinito(figura 15), ma anche rimuovendo dei quadrati da un quadrato di partenza (figura 14).

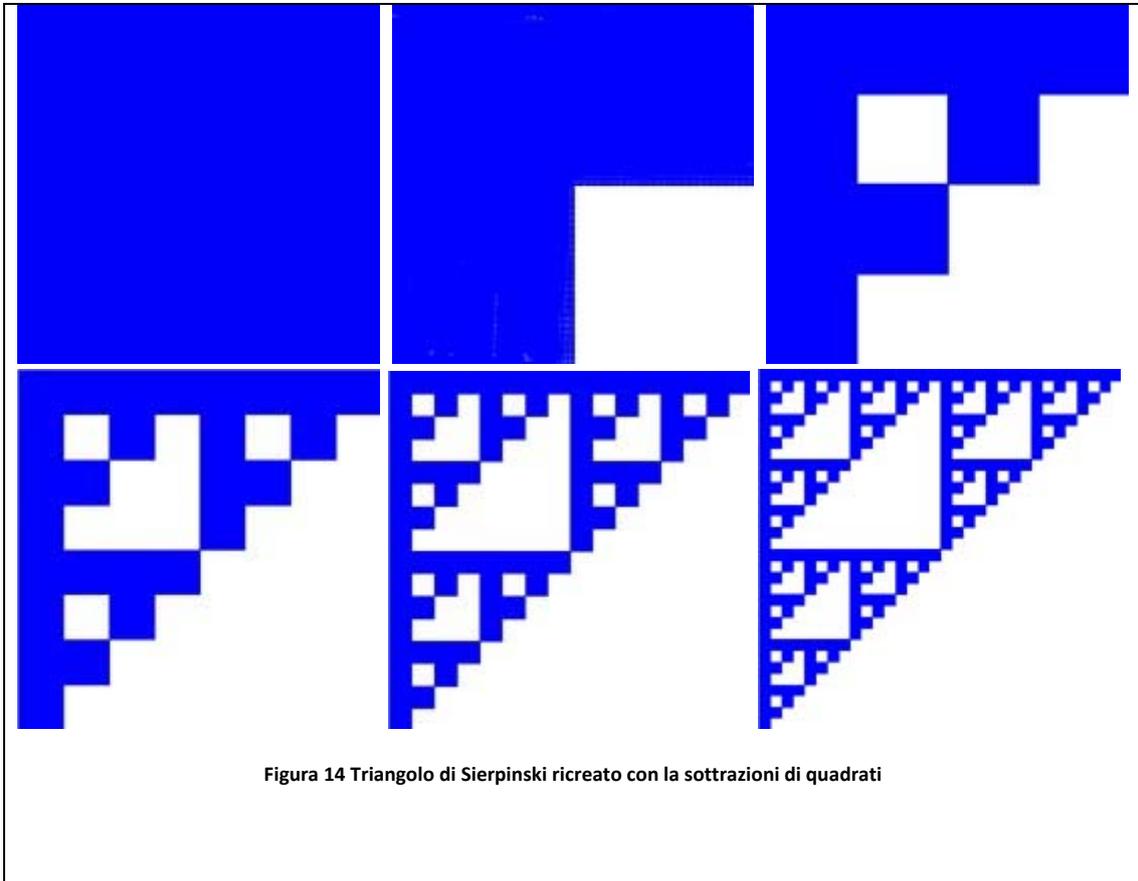


Figura 14 Triangolo di Sierpinski ricreato con la sottrazioni di quadrati

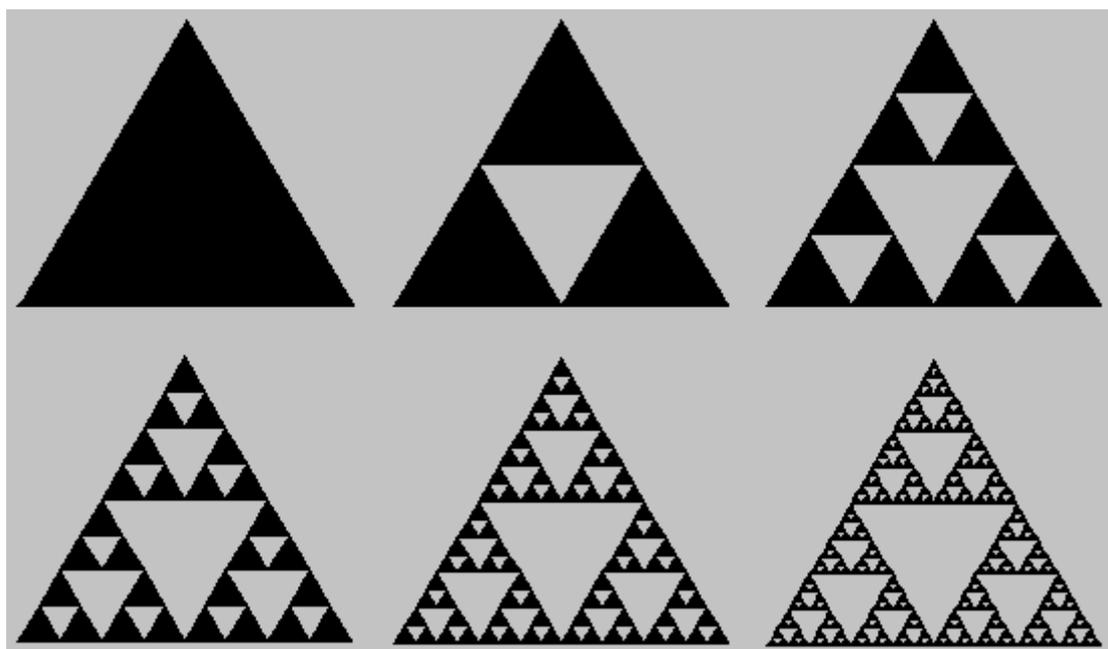


Figura 15 Triangolo di Sierpinski con triangoli in scala riprodotti all'infinito

In realtà esistono svariati metodi per riprodurre il triangolo di Sierpinski. Il metodo mostrato è quello iterativo. I più conosciuti e utilizzati, per facilità computazionale, sono:

3.4.1. Metodo L. System

(abbreviazione di Lindenmayer-Systems, dal nome di Aristide Lindenmayer, biologo olandese che per primo sviluppò la tecnica usata per generare questi frattali) per svilupparlo si parte da un disegno iniziale, che può essere, ad esempio, un segmento o anche una poligonale. Questo disegno viene riprodotto al computer usando delle regole ben precise:

Regola F

Avanzare di un segmento di lunghezza assegnata

Regola f

Avanzare di un segmento di lunghezza assegnata ma senza lasciare traccia

Regola +

Ruotare in senso antiorario di un angolo assegnato

Regola -

Ruotare in senso orario di un angolo assegnato

Lo scopo di Lindenmayer era di riprodurre in modo virtuale la crescita di svariati tipi di organismi.

3.4.2. Metodo IFS

IFS è l'acronimo di Iterated Function System, sistema di funzioni iterate. Il metodo IFS fu ideato da John Hutchinson nel 1871, quindi sviluppato da Michael Barnsley.

Si applica ad un singolo punto una trasformazione geometrica contrattiva, scelta a caso fra un certo numero di trasformazioni. Il punto ottenuto

viene disegnato sullo schermo, e costituisce il nuovo punto di partenza a cui applicare un'altra trasformazione, sempre scelta a caso fra lo stesso gruppo.

Per non allontanarci troppo dall'obiettivo di questa tesi, i due metodi non verranno ulteriormente approfonditi.

Oltre al celebre triangolo di Sierpinski, può essere utile mostrare anche il "tappeto di Sierpinski" (figura 16), ossia una struttura geometrica tecnicamente molto simile al triangolo. I passi per crearlo sono infatti altrettanto semplici:

Si prende come figura di partenza un quadrato e lo si divide in 9 quadrati uguali. Dall'immagine ottenuta si elimina il quadrato centrale e con metodo ricorsivo si ripete la stessa cosa sugli otto quadrati restanti.

Graficamente il risultato sarà il seguente:

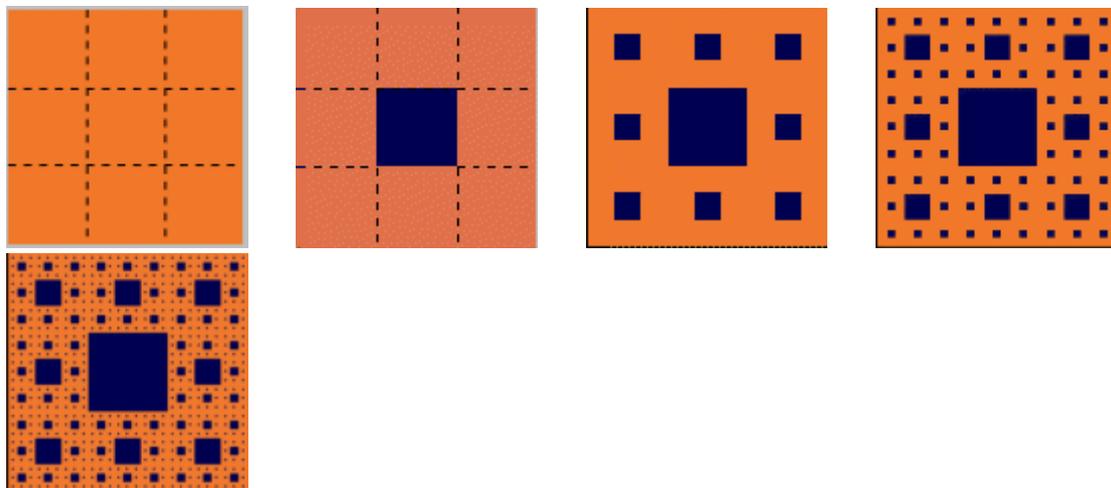


Figura 16 Il tappeto di Sierpinski

Anche in questo caso si può generare il frattale, oltre con il metodo geometrico, con la tecnica dell' L-SYSTEM e dell' IFS.

4. Applicazioni dei frattali

Da quando la parola frattale è stata coniata da Manderlbrot, i riscontri con la realtà non si sono limitati alle (non più) entropiche leggi della natura, ma han mostrato la propria presenza anche in altri campi e hanno aiutato gli scienziati, i fisici e gli artisti ad avanzare nuove teorie.

Anche se i frattali ormai son riconosciuti in tutto il mondo, soprattutto grazie al famoso insieme di Mandelbrot, non tutti sanno che da centinaia di anni l'universo artistico della musica e della pittura conoscono la sua struttura e che, proprio come la natura che ci circonda, anche il nostro corpo è pieno di frattali. Inoltre, questa scoperta è entrata forzatamente tra le conoscenze indispensabili per l'evoluzione e l'ottimizzazione della computer grafica, nonché delle telecomunicazioni attraverso le antenne frattali.

4.1.I frattali nella natura

Gli alberi, le foglie, la neve, le coste, sono solo alcuni esempi di frattale riscontrabile nella natura.

Osservando uno ad uno gli esempi sopra elencati diventa evidente come in realtà sia semplice e tutt'altro che casuale l'evoluzione degli oggetti della natura.

L'albero non è altro che una composizione producibile con il solo utilizzo del tronco principale. Esso, infatti, può essere semplificato in un rettangolo, da solo sufficiente a creare la figura finale.

Se il nostro rettangolo principale lo sottoponiamo a diverse trasformate, quindi ridimensionamento, allungamento e rotazione, e lo aggiungiamo alla nostra immagine principale, avremo un primo grosso ramo. Se a questo ramo poi uniamo se stesso nuovamente ridimensionato, avremo un ulteriore piccolo ramo che a sua volta produrrà altri piccoli. Seguendo il procedimento all'infinito avremo un'immagine particolarmente simile a quella di un albero naturale (figura 17).

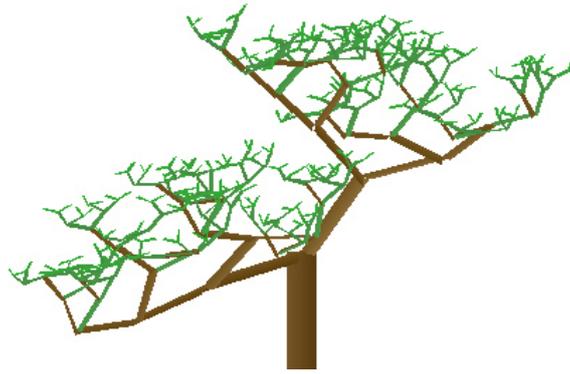


Figura 17 Un albero frattale

Un accenno è necessario anche per le spirali, una delle forme più nobili di frattale:

Nel 1957 A. E. Bosman parlò di geometria nel pianeta presentando l'albero di Pitagora (figura 18), ossia un semplice metodo per creare una spirale utilizzando il teorema di Pitagora.

Un quadrato ha un lato in comune con un triangolo rettangolo isoscele, che a sua volta ha gli altri due lati in comune con altri due quadrati e così via. La somma delle aree dei due quadrati più piccoli, per il teorema di Pitagora, è uguale all'area del quadrato iniziale e così anche le aree dei quadrati che si formano nei passaggi successivi, sommate, daranno l'area del primo quadrato. Si può avere un albero asimmetrico semplicemente costruendo un triangolo rettangolo qualsiasi sul lato del primo quadrato.

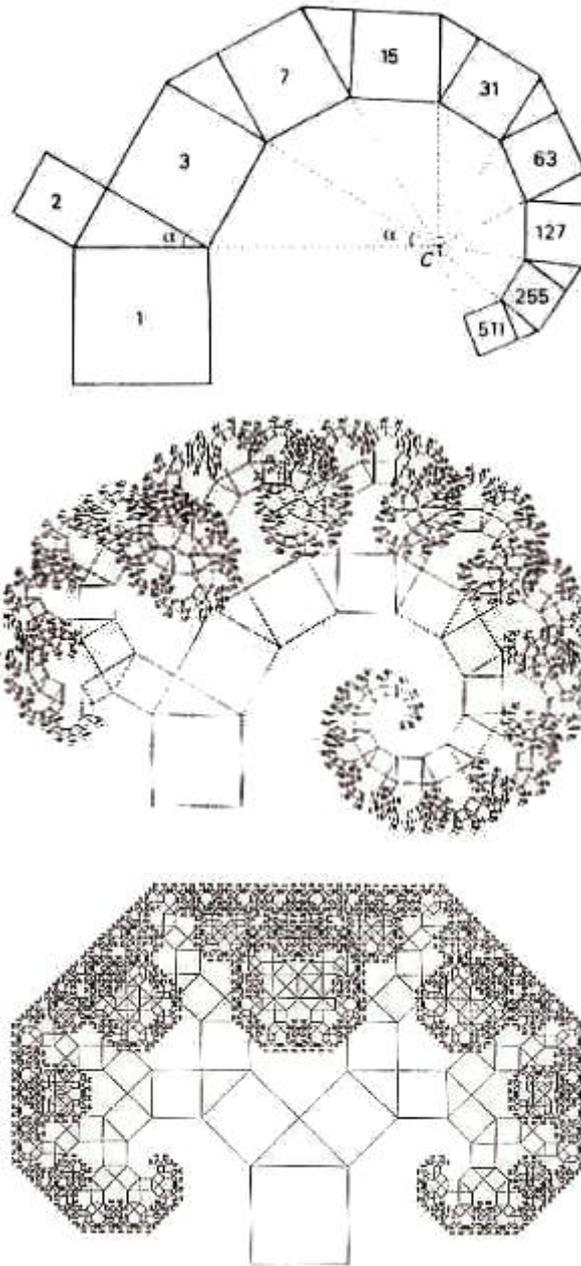


Figura 18 Esempi di albero di Pitagora

Procedimento analogo lo si può fare con le foglie, e un esempio particolare ci viene offerto dalle FELCI (figura 19). Esse infatti, sia che vengano viste in un dettaglio che nella loro completezza, mostreranno sempre la stessa identica immagine, ossia la foglia stessa in diverse scale.

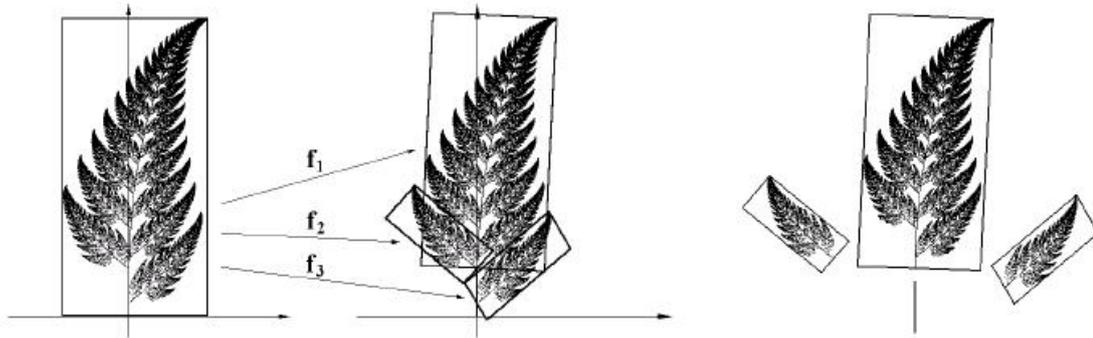


Figura 19 I frattali nelle felci

In questo caso la natura ci viene particolarmente incontro e come è facilmente visibile dalle immagini, una foglia di felce non è altro che un'infinita ripetizione di se stessa in scale differenti.

Per quanto riguarda la neve, invece, Von Koch ci ha mostrato l'estrema semplicità con cui la sovrapposizione di svariati triangoli ruotati e modificati nelle dimensioni permette una riproduzione esatta della struttura cristallina del fiocco di neve. Nelle immagini sottostanti viene mostrato un secondo metodo, concettualmente più facile di quello proposto in precedenza, per riprodurre il fiocco di neve di Koch.

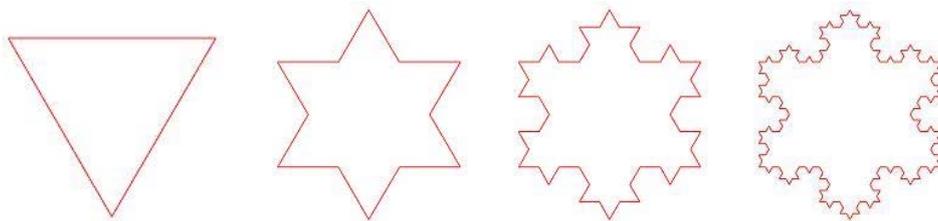


Figura 20 Fiocco di neve di Koch

In questo esempio (figura 20) il primo triangolo equilatero, viene scomposto in 3 triangoli identici e le tre figure ottenute vengono aggiunte sulla parte centrale di ogni lato, ottenendo così il poligono concavo della seconda figura. Qui, ognuno dei 12 lati sarà lungo $1/3$ rispetto il lato del triangolo iniziale. Ripetendo la stessa procedura sui 6 triangoli presenti ora all'interno del poligono, ci troveremo di fronte alla terza immagine. Continuando con lo stesso metodo, avremo esattamente quei fiocchi di neve che nell'immaginario collettivo fanno da sfondo ai paesaggi natalizi.

Se guardiamo la terra dallo spazio, possiamo osservare i continenti con le loro coste, gli oceani e i mari, i fiumi maggiori.



Figura 21

Ingrandendo, la struttura del paesaggio non cambierà: ancora coste e corsi d'acqua.



Figura 22 Le coste sono un chiaro esempio di frattale nella natura

Le coste (figura 22), come detto in precedenza, hanno infinita lunghezza anche se sono chiuse in una superficie finita, e i dettagli, per quanto ingranditi, non cambiano. Ecco, di nuovo, i frattali!

Un altro esempio, in grado di rendere chiaro il concetto di frattali anche ad un bambino, sta nel seguire la costa Genova-Imperia tramite gli occhi di personaggi differenti, il cui passo sorvola differenti porzioni di terreno. Se il topografo, seguendo la cartina, con un passo di 2 Km, misura 159Km di costa, un risultato differente avrà l'uomo, che percorrendo tutto il tragitto con un passi (medio) di 1 m, camminerà per 498 Km. Se il soggetto invece dovesse essere un granchio, il cui passo misura 1 cm, la costa sarebbe lunga 780Km. La sorte più sfortunata, capiterebbe alla povera formichina, che per seguire completamente tutta la costa, si

ritrovrebbe costretta a percorrere ben 1400Km a causa del suo misero passo di 1mm.

Nonostante questi risultati siano sensibilmente diversi l'uno dall'altro, la costa Genova-Imperia è sempre la stessa.

4.2.I frattali nella musica

Finora abbiamo visto i frattali solo in forma visiva, ma essendo funzioni matematiche, è possibile ritrovarle anche nella musica, associando quindi una rappresentazione sonora.

L'altezza e la durata di una nota sono scelte con lo stesso criterio con cui viene scelto il colore nella rappresentazione grafica di un punto. Nella musica può capitare di notare alcune regolarità e ripetizione della stessa melodia nello stesso tema. Questo è un chiaro esempio di auto similarità, già affrontata con chiarezza nelle immagini.

Un brano di musica che consiste di note scelte a caso ci risulta fastidioso, così come la ripetizione senza fine dello stesso motivo diventa noiosa. Più gradevoli sono i suoni che hanno una loro struttura e varietà.

Verso la fine del 1700 Mozart, in anticipo su tutti, propose un primo algoritmo musicale con struttura frattale. Un unico tema musicale venne ripetuto con tempi e scale differenti, producendo 176 possibili misure per un minuetto e 96 possibili forme ternarie.

Lo stesso venne fatto, più recentemente dal compositore elettronico Brian Eno.

In uno dei suoi brani due semplici cicli melodici di diversa durata si ripetono separatamente, potendo così sovrapporsi in maniera arbitraria. Per esempio, un ciclo di 30 secondi e uno di 50 secondi si sovrappongono perfettamente ogni 1.500 secondi (30 moltiplicato 50). Di qui l'uso di diversi registratori a nastro, ciascuno contenente un ciclo, fatti suonare tutti insieme, in modo che lo stesso suono perfettamente sincrono sarebbe stato ripetuto solo dopo anni.

Due grandi compositori, Charles Wuorinen e Goerge Ligeti andarono da mandelbrot perchè percepivano di non aver compreso cosa fosse la musica. quando si compone un pezzo musicale si ha a che fare con le

note che possono essere considerati dei luoghi in una sorta di spazio tempo.

4.3.I frattali nella computer grafica

Se il significato della parola frattale è meno noto della parola stessa, non possiamo dire altrettanto dei videogiochi. Forse nel '52, quando per la prima volta venne creato un primo esempio di videogioco con una rappresentazione del TRIS (tic tac toe), tra l'altro a scopo didattico e non ludico, probabilmente nessuno si sarebbe immaginato un futuro dell'intrattenimento giovanile basato sull'utilizzo di un computer. Di certo però, dieci anni dopo, i sei ricercatori del Massachusetts Institute of Technology, quando crearono il primo vero videogioco (spacewar! Figura 23), divennero veri e propri pionieri dell'attuale e ormai assodato business dei videogame.



Figura 23 Spacewars! il primo videogioco della storia

Indubbiamente da allora le cose si sono evolute in modo inimmaginabile, soprattutto dal punto di vista elettronico e informatico, ma ancora oggi tutto è gestito da un calcolatore, da uno schermo e da una periferica esterna di comando, sia che si parli di computer che di console. Proprio il fatto che tutto è gestito da un calcolatore, ha permesso ai frattali di entrare prepotentemente e direttamente dalla porta principale in un universo che ancora oggi cerca di simulare la realtà nel miglior modo possibile. Infatti, senza l'utilizzo dei frattali nella computer grafica, oggi non sarebbe computazionalmente possibile immaginarsi uno scenario con dinamicità nelle nuvole, negli alberi, nelle foglie, nelle coste ecc... L'utilizzo di motori 3d ha necessariamente richiesto l'ingresso in campo

di un metodo per ricreare oggetti della natura che non fossero più semplici immagini incollate allo schermo che avrebbero perso dettagli in fase di avvicinamento o avrebbero richiesto quantità di memoria assurde per la presenza di un singolo elemento. Così furono introdotti i frattali con lo scopo di trasformare ogni oggetto della natura in gioco in elementi geometrici creati con apposite formulazioni matematiche basate sul concetto di frattale. In questo modo un paesaggio che in una immagine statica avrebbe occupato centinaia di Kb, divenne un paesaggio dinamico ed esplorabile formato da semplici formule e da piccolissime textures ripetute in sequenza all'interno delle forme geometriche prodotte.



Figura 24 Paesaggio frattale nei videogiochi

Oltre a semplificare il lavoro del programmatore e l'utilizzo di videogiochi graficamente complessi anche su macchine di media potenza, i frattali portarono una incredibile e innovativa sensazione di realismo, grazie proprio alla loro derivazione naturale.



Figura 25 Altro esempio di paesaggio frattale in un videogioco. Le montagne e le nuvole sono oggetti che seguono la geometria frattale

Un altro esempio di frattale è presente in alcuni algoritmi di compressione d'immagine che sfruttando la presenza di oggetti della natura riproducibili con i frattali, memorizzano la struttura di tali oggetti evitando così di memorizzare informazioni per ogni singolo pixel. Purtroppo questo metodo è poco efficace ed è stato notevolmente surclassato da altri algoritmi di compressione gratuiti come il Jpg.

4.4.I frattali nel corpo umano

Leonardo da Vinci ha indubbiamente il merito di aver, da solo, contribuito alla creazione di gran parte delle tecnologie approfondite dopo il 19° secolo.

Pur non avendo in mente il termine frattale, intuì prima di tutti la presenza di questo moderno algoritmo all'interno del corpo umano. Tra i suoi innumerevoli studi infatti affrontò anche la medicina e lasciò alcuni disegni che, oltre a fornire utilissimo materiale per i medici, mostrò l'autosimilarità presente all'interno dell'uomo.

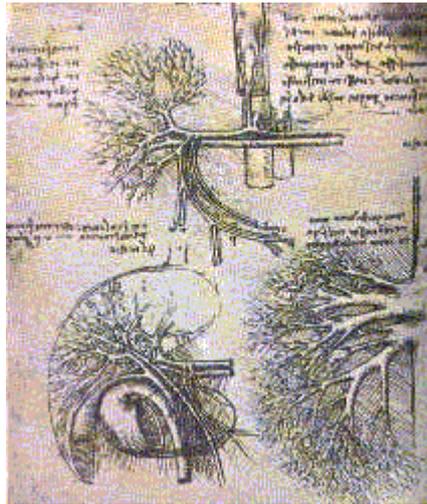


Figura 26 Appunti di Leonardo da Vinci che mostrano la struttura frattale dell'organismo umano

In questi disegni si possono riconoscere i vasi sanguigni, le fibre nervose e le strutture canalizzate, che altro non sono che oggetti frattali.

Anche se i vari organi assolvono a funzioni differenti, la loro struttura frattale consente di comprimere nel minimo spazio grandi capacità di estensione: se si pensa che la capacità respiratoria di un animale è direttamente correlata alla superficie dei suoi polmoni, e che questi, in un individuo normale, occupano uno spazio grande quasi come un campo da tennis, si comprende quanto efficace sia stata la scelta "frattale" fatta dalla natura per lo sviluppo dei nostri organi.

L'interno dei polmoni umani presenta una struttura ad albero, quindi a un frattale.

Anche lo sviluppo di un feto è riconducibile ai frattali.

Inoltre, è possibile studiare i tumori grazie all'utilizzo dei frattali.

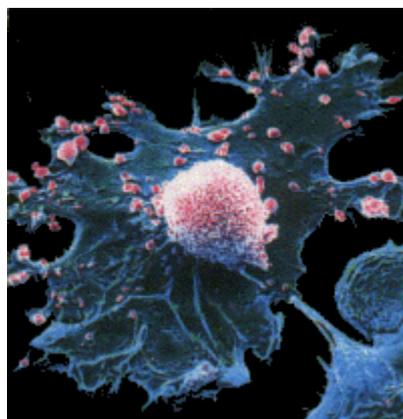


Figura 27 Cellule di un tumore che mostrano una struttura frattale

Si è scoperto, infatti, che nell'organismo colpito da tale patologia tendono a formarsi vasi sanguigni che nutrono, specificamente, le cellule tumorali. Fermare tale fenomeno significherebbe sconfiggere la malattia. Lo sviluppo di questi vasi sanguigni è misurabile con l'applicazione della matematica frattale.

Anche i neuroni hanno una struttura simile ai frattali. Se si esaminano a basso ingrandimento si possono osservare delle ramificazioni, i dendriti. A ingrandimento leggermente superiore si osservano ramificazioni più piccole a partire da quelle più grandi. Aumentando ulteriormente l'ingrandimento, si può scorgere un altro livello di dettaglio: nuovamente auto similarità.

L'intestino tenue, come si evince dall'immagine (figura 28), è un chiaro esempio di frattale con evidente auto similarità.

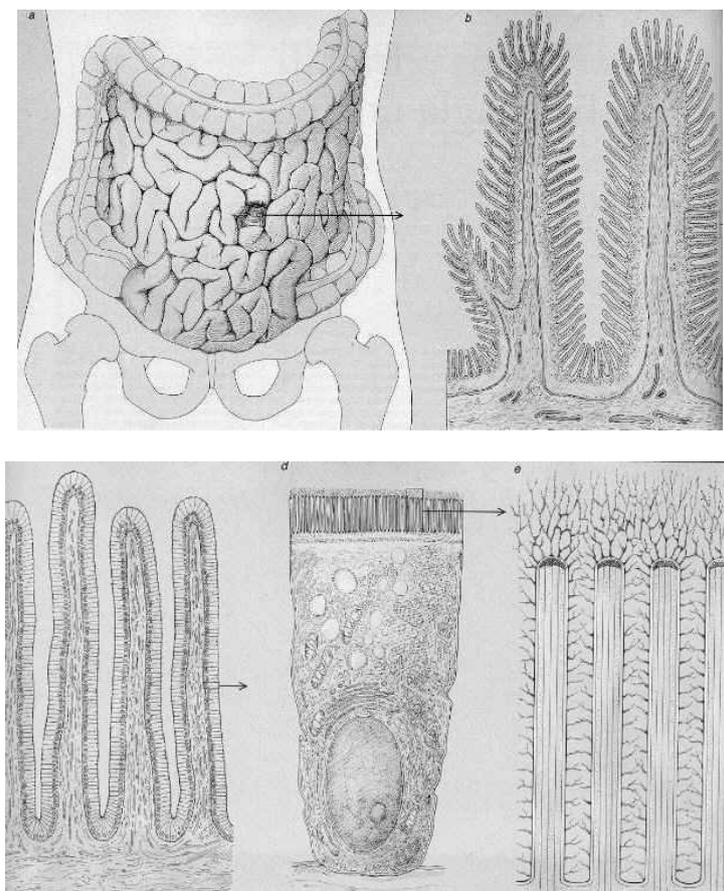


Figura 28 L'intestino ha una struttura frattale

5. La teoria dei frattali nella previsione dei cicli di borsa

Come già detto in apertura, tutti i fenomeni naturali evidenziano un andamento ciclico, proprio come succede in biologia o nello studio del cervello umano. Per questo non è azzardato aspettarsi una certa ciclicità anche nell'andamento della borsa, fornendo quindi una certa prevedibilità.

Molti economisti considerano sciocca questa ipotesi dal momento che le influenze dei vari investitori e i vari fattori esterni che modificano l'andamento dei titoli, sono troppo numerosi e stocastici per poter essere previsti. Per questo è stata creata la “teoria del mercato efficiente” (Efficient Market Hypothesis), un concetto simile a quello del “random Walk” che in scienze si utilizza, ad esempio, per descrivere il moto browniano, ossia il movimento di una molecola di gas, sottoposta a urti con miliardi di altre molecole. Le variabili in gioco sono talmente tante che ogni previsione su una singola molecola è destinata a fallire.

Tuttavia, osservando con attenzione i dati della Borsa o di qualsiasi mercato, diventa piuttosto evidente, con l'utilizzo di certi mezzi, una particolare ciclicità.

Per questo è stato introdotto un numero, detto coefficiente di HURST, che può essere calcolato in riferimento all'andamento della Borsa, in grado di definire o meno la presenza di una ciclicità.

Questo numero, che verrà affrontato nei prossimi capitoli, dimostra che una ciclicità esiste anche nei mercati finanziari e che la teoria del mercato efficiente non ha più alcun valore.

Nonostante queste scoperte, molti economisti si rifiutano di abbracciare le teorie del mercato frattale, convinti che se funzionasse già qualcuno si sarebbe arricchito. Il fatto, è che nessuno forse li ha avvisati che qualcuno si è veramente arricchito con questo tipo di previsione.

5.1. Cicli e stagionalità nei prezzi delle materie prime

“Ciò che è stato è ciò che sarà e ciò che si è fatto è quello che si farà: niente di nuovo avviene sotto il sole”.

(Ecclesiaste 1,9)

In economia, quando si parla di prodotti base, il termine utilizzato è “COMMODITIES”. Esse riguardano i prodotti base, come i grani, i prodotti agricoli (cotone, zucchero, caffè, cacao, ecc.), i metalli preziosi come oro, argento e rame, o ancora i combustibili.

Per queste risorse sono rintracciabili diversi cicli caratteristici, di cui sicuramente il più evidente è quello annuale, detto anche ciclo stagionale o stagionalità.

Per esempio i grani presentano una forte stagionalità:

Il prezzo della soia tendenzialmente sale nei primi mesi dell'anno, per poi rallentare e raggiungere un massimo in giugno e quindi cala a picco raggiungendo un minimo attorno settembre/ottobre. Lentamente poi il prezzo risale per ricominciare il ciclo sopra descritto.

Il granturco invece raggiunge un minimo verso novembre mentre il grano è sfasato indietro di alcuni mesi rispetto la soia.

Ovviamente, questa è solo una statistica generalizzata e non necessariamente questi dati sono validi per tutti gli anni. Per poter raggiungere una previsione più fedele alla realtà sarà necessario considerare ulteriori cicli che forniranno un maggior numero di dati in grado di modificare sensibilmente la nostra previsione con l'utilizzo del principio della sovrapposizione.

Tre sono i fattori chiave che influenzano in prezzo:

La legge economica della domanda e dell'offerta.

Le condizioni meteorologiche.

La psicologia dell'investitore.

L'ipotesi di fondo è che tutti e tre questi elementi presentino un comportamento ciclico, saltando così lo studio dettagliato di questi tre cicli e dedicandosi allo sviluppo di modelli basati sui cicli.

In breve, l'andamento frattale dei mercati è dovuto all'esistenza di un gran numero di cicli di diverso periodo che si sovrappongono per creare l'andamento reale della borsa.

5.2.I trend

Secondo molti economisti l'unico margine di prevedibilità della borsa è ricercabile unicamente nello studio dei TREND economici, ossia delle tendenze del mercato al rialzo o al ribasso.

Capita infatti che l'innalzamento dei titoli azionari persista per periodi di tempo più o meno lungo, per poi far posto ad una perdita dilatata nel tempo o viceversa. La conoscenza di queste tendenze risulta basilare per chiunque decida di investire in borsa. Esse infatti, se previste con sufficiente anticipo, sono in grado di portar enormi successi. In borsa infatti, oltre alla possibilità di acquistare i titoli sperando che guadagnino punti percentuali, è necessario vendere (in gergo "vendere allo scoperto" o "andare corto") un future un attimo prima che il suo valore cali, in modo da avere forti guadagni anche in quel senso. Se infatti riuscissimo a prevedere con esattezza ogni andamento finanziario, comprando prima che il valore salga e vendendo prima che il valore scenda, avremmo un vincita pari al 100% del ricavabile.

Sfortunatamente non esiste nessuno azionista, matematico, mago o stregone in grado di fare tali previsioni, tuttavia è possibile, con i metodi che vedremo nei prossimi capitoli, fare previsioni abbastanza fedeli alla realtà, con ritardi minimi, in modo da garantirsi una probabilità di vincita superiore al 50%. Statisticamente, se la probabilità è maggiore del 50%, il risultato finale sarà necessariamente un guadagno. Nonostante avremo molte perdite, gli incassi saranno superiori. Purtroppo, non tutti hanno i nervi abbastanza saldi per accettare grosse perdite pur partendo dal presupposto che il risultato finale sarà vantaggioso. Per questo la popolarità dei metodi frattali risultano applicati con disinvoltura solamente da chi non ha problemi finanziari, confermando il detto "i soldi vanno ai ricchi".

Trovare i cicli che regolano i trend è sicuramente una impresa ardua che richiede forti conoscenze matematiche e l'utilizzo dell'analisi di Fourier nel caso di cicli particolarmente precisi. Purtroppo per i cicli a breve termine è quasi impossibile avere informazioni abbastanza precise, per questo è necessario l'utilizzo dell'analisi frattale, concetto altrettanto complesso.

Per ora, basti sapere che esistono dei trend ciclici e l'Italia ne ha un esempio con la propria borsa. Pur trattandosi di qualcosa di orientativo, è utile sapere che ogni 4 anni si completa un ciclo nella borsa italiana, composto da 2 anni di trend positivo e 2 anni di trend negativo. In base a questa informazione, sappiamo che se sono passati due anni da quanto il trend ha cominciato a salire, è lecito aspettarsi l'inizio di un trend negativo. Le uniche eccezioni tra il 1960 e oggi si sono verificate nel 1974, quando il trend negativo durò circa 3 anni e nel 2000, quando ci fu un massimo anomalo in un periodo in cui ci si aspettava un minimo.

Ovviamente la regola dei 4 anni non va considerata affidabile al 100%, tuttavia è sicuramente utile utilizzarla come suggerito in precedenza, vendendo o comprando in prossimità del passaggio dei due anni.

5.3.I prezzi dell'avena

Un esempio significativo di trend e ciclicità è riscontrabile nel prezzo dell'avena negli anni 50. Essa presentava un netto ciclo di 26,64 mesi con una forma triangolare. Sovrapponendo al grafico dell'andamento il ciclo stagionale di 12 mesi, si ottiene una proiezione piuttosto fedele di ciò che accadde dopo gli anni '50.

Sovrapponendo i due cicli, il risultato sarà un grafico più complesso rispetto i due singoli andamenti (figura 29) . Per ottenere un risultato ancora più fedele, alcuni matematici hanno aggiunto anche un trend leggermente decrescente, ottenendo la curva E.

Nella curva F è invece possibile notare la fedeltà ottenuta rispetto l'andamento originale.

Indubbiamente, l'aver raggiunto un tale successo sovrapponendo solamente due cicli, è qualcosa di impressionante e difficile da ripetere. Seguendo l'andamento trovato, avremo raggiunto un incredibile 90% di

successi. Se consideriamo che già un 60% di probabilità di vincere è un successo garantito a lungo andare, il nostro risultato sarà ancora più sorprendente. L'unica difficoltà sta nel aver abbastanza pazienza e nervi per accettare le perdite che spesso possono abbattere l'investitore.

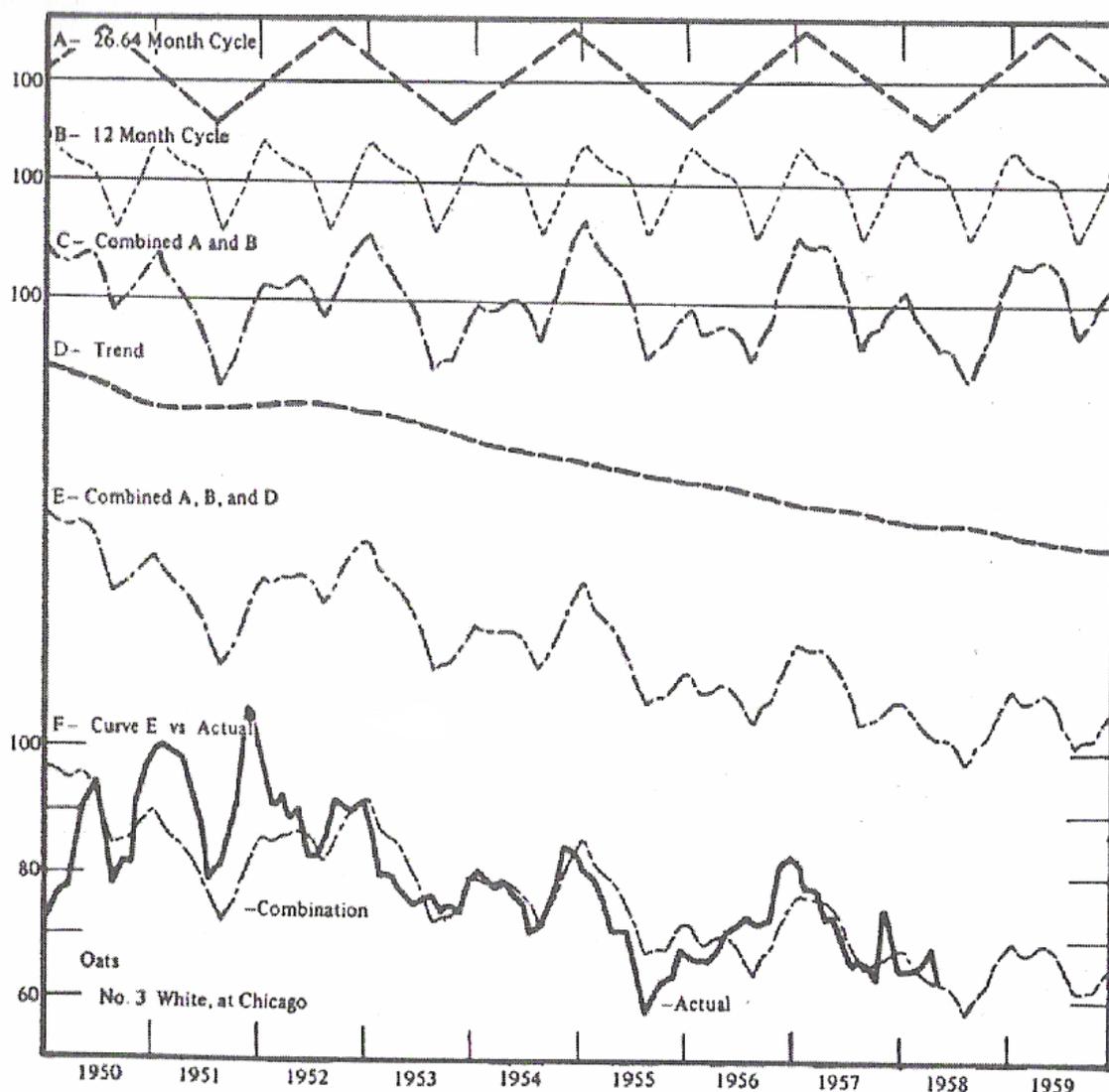


Figura 29 Il grafico dei prezzi dell'avena tra il 1950 e il 1959 mostra come con la somma di due soli cicli e un trend negativo avremmo avuto una previsione piuttosto precisa degli eventi

Dal grafico (figura 29) dell'avena si evince come avremo potuto avere successo con una ventina di operazioni in rialzo e ribasso, dal momento che sui contratti future è possibile operare anche al ribasso. Negli ultimi mesi del 1951, per esempio, avremmo comprato future, mentre nei primi mesi del 1953 avremmo venduto. Osservando il grafico solo poche operazioni sarebbero state in perdita.

5.4. Il libero arbitrio

Affermando che i cicli di borsa sono prevedibili o, più in generale, che quasi tutto presenta una ciclicità, è normale chiedersi se allora si può ancora parlare di libero arbitrio, dal momento che tutto sembra esser già scritto tramite legge matematiche più o meno complesse.

Fortunatamente noi non siamo dei burattini guidati dai cicli, la nostra volontà è e rimane libera. Il concetto di determinismo che dai tempi di Democrito possiede numerosi sostenitori, ha perso molta credibilità in seguito alle recenti scoperte, in particolare alla meccanica quantistica.

Gli esseri coscienti come l'uomo sono in grado di modificare l'ambiente circostante a proprio piacere e i cicli, nonostante creino una particolare prevedibilità, possono semplicemente influenzare le singole persone, ma non regolarle.

Seguendo le regole matematiche, come la legge dei grandi numeri, non è possibile sapere se, ad esempio, lanciando una moneta verrà testa o croce. La probabilità sarà perfettamente bilanciata sul 50%. Tuttavia lanciando 1000 volte la stessa moneta sarà praticamente impossibile avere 1000, 900 o 800 volte la stessa faccia. Il risultato si aggirerà attorno a 500.

Paradossalmente, quindi, con lo studio delle probabilità è possibile fare una previsione piuttosto precisa anche nelle situazioni stocastiche. Con le leggi della statistica è perfino possibile determinare una deviazione standard, ossia l'oscillazione d'errore, in questo caso uguale a 16. Il nostro lancio di mille monete perciò avrà, con una probabilità talmente elevata da considerarsi certezza, un numero di croci compreso tra 484 e 516. Se dai lanci dovessero uscire oltre 700 volte la stessa faccia, potremmo dire con certezza che la moneta è truccata o il lancio è influenzato da fattori esterni.

L'influenza dei cicli in borsa fa in modo che in certi momenti ci siano più compratori che venditori, variando di conseguenza il prezzo. La previsione che è possibile fare quindi concerne l'andamento generale della borsa, e non l'influenza di un singolo operatore. La stessa cosa succede in meccanica quantistica dove è possibile fare misurazioni e previsioni precisissime grazie al comportamento collettivo delle particelle, ma è impossibile prevedere il comportamento di una singola particella.

Facendo un ulteriore esempio esplicativo, qualche studioso potrebbe affermare che la natalità del 2020 sarà doppia rispetto quella del 2008 con il solo studio dei normali cicli storici del censimento mondiale, ma, ovviamente, non sarà possibile dire chi avrà una gravidanza o chi non l'avrà.

5.5. Il crollo del 1929 era prevedibile

Generalmente le previsioni borsistiche basate sui cicli risultano ottime a lungo periodo, mentre quelle a breve periodo, che permetterebbero guadagni maggiori, sono tendenzialmente più difficili da prevedere poiché possiedono variazioni di ampiezza importanti in periodi di tempo notevolmente brevi. Tuttavia questo tipo di previsione rimane possibile, a patto di studiarne l'andamento frattale, quindi altamente frastagliato e lontano dalla perfezione, dei prezzi.

Tra il 1929 e il 1932 vi fu un periodo di grande depressione economica negli Stati Uniti che influenzò anche altri paesi. L'indice Dow Jones perse l'80% in meno di 3 anni. Questo avvenimento, noto come “ il crollo del 1929” o “la grande depressione”, iniziò il 29 ottobre 1929 con una terribile caduta dell'indice Dow Jones del 15% in un solo giorno, ma il suo trend negativo continuò fino al 1932. La colpa fu attribuita a :

- * cattiva distribuzione del reddito;
- * cattiva struttura delle aziende industriali e finanziarie;
- * cattiva struttura del sistema bancario;
- * eccesso di prestiti a carattere speculativo;
- * errata scienza economica (perseguimento ossessivo del pareggio di bilancio e quindi assenza di intervento statale considerato un fattore penalizzante per l'economia).

La questione sorprendente è che questo crollo fu prevedibile e, in effetti, previsto da qualcuno.

William D. Gann infatti nel suo libro “THE TUNNEL THRU THE AIR”, pubblicato nel 1927, fece la suddetta previsione grazie alla sua profondo

conoscenza dei cicli. Egli proiettò nel futuro i cicli tra il 1792 e i suoi giorni, notando un crollo tremendo della borsa attorno al 1930.

Nel libro “la teoria dei frattali e le previsioni dei cicli di borsa”, Fabrizio Coppola dimostra come, con l’utilizzo di soli 3 cicli storici tra 1792 e il 1927 è possibile prevedere il crollo del 1929. I cicli sono i seguenti:

Ciclo di 111.65 mesi.

Ciclo di 71.16 mesi.

Ciclo di 40.68 mesi.

Dal grafico (figura 30) è possibile notare come questi tre cicli sovrapposti, riescono a fornire una previsione piuttosto fedele degli avvenimenti conseguenti al 1927 facendo delle semplici proiezioni degli stessi cicli.

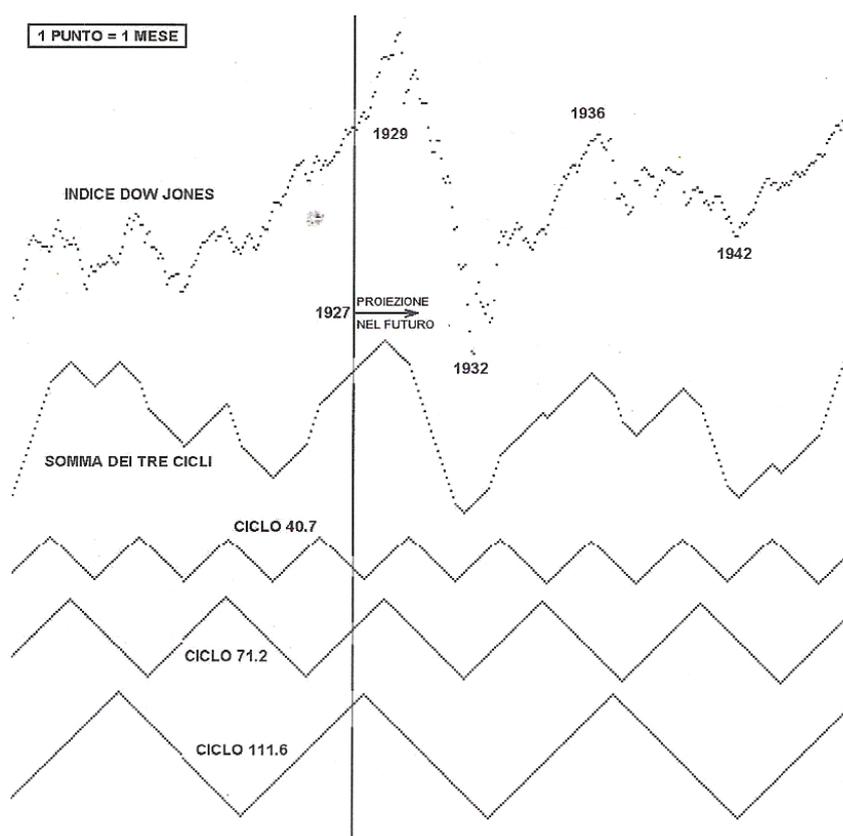


Figura 30 Il crollo del 1929 era prevedibile utilizzando 3 soli cicli

5.6. Confronto tra Fractal Market Hypothesis e Efficient Market Hypothesis

Agli inizi degli anni sessanta, un giovane studente universitario di Boston, Eugene Fama, di chiare origini italiane, lavorò per una piccola casa editrice col compito di analizzare i dati dei mercati finanziari e cercare di trarre delle indicazioni sui titoli.

La frustrazione derivante dalla difficoltà nell'interpretare i "segnali" lanciati dai mercati spinse Fama a buttarsi a capofitto negli studi di economia presso la University of Chicago ed a conseguire un Ph.D nel 1965.

Proprio alla tesi di dottorato di Eugene Fama viene introdotta la definizione della "Teoria del Mercato Efficiente": Nel gennaio del 1965 il "Journal of Business" pubblicò l'intera tesi di dottorato di Fama, un lavoro di ben 70 pagine, con il titolo "The Behavior of Stock Market Prices" mentre nove mesi dopo una sintesi del lavoro venne pubblicata sul "Financial Analysts Journal" col titolo "Random Walks in Stock Market Prices".

Secondo questa teoria, in una situazione in cui gli investitori conoscono la serie storica dei prezzi (forma debole), le informazioni di dominio pubblico (forma semi-forte) e informazioni privilegiate (forma forte), gli investimenti bilanciano tutto il mercato.

In un mercato efficiente, quindi, non sarebbe possibile "battere" il mercato stesso, vale a dire ottenere performance costantemente superiori a quelle medie di mercato, in quanto non solo tutte le informazioni disponibili sono già incorporate nei prezzi, ma anche perché l'alto numero dei partecipanti al mercato assicurerebbe che i prezzi si assestino su valori di equilibrio. Per tale motivo essi sono considerati razionali: conoscono, in senso collettivo, quali sono le informazioni importanti e quali lo sono di meno.

Tuttavia, molti economisti suggeriscono l'impossibilità nel conoscere tutte le informazioni esistenti per l'andamento di un titolo e l'inevitabile differenza di interpretazione dei vari dati posseduti. Infatti non sarebbe realistico ipotizzare che gli operatori si comportino in modo assolutamente razionale così come i mercati non sono efficienti nel senso ipotizzato dalla teoria dell'efficienza. Molti investitori non si fanno

scrupoli a rischiare, giocando situazioni che potrebbero portare grossi vantaggi ma anche enormi perdite, e in questo caso la teoria di Fama si perderebbe.

Poiché, secondo Fama, in ogni situazione l'analista professionista ha il cinquanta per cento di probabilità di battere il mercato, anche se le sue capacità specifiche non esistessero egli non batterebbe di molto il mercato.

Nel 1991 Edgard Peters affermò che l'andamento delle serie storiche dei rendimenti su base giornaliera, settimanale e mensile dell'indice S&P 500 per 40 osservazioni successive risultano assolutamente simili e non distinguibili nel caso in cui non vengano specificate le scale sugli assi, dunque riconoscendo un'auto-somiglianza qualitativa, in senso temporale, delle serie storiche ed aprendo le porte alla Fractal Market Hypothesis.

Essa infatti afferma che le distribuzioni dei rendimenti calcolati su differenti orizzonti temporali (orari, giornalieri, mensili, ecc.) condividerebbero le stesse proprietà statistiche: il rischio ha quindi una natura comune per tutti gli investitori, una volta corretto per un fattore di scala legato all'orizzonte temporale d'investimento. È proprio in quest'auto-similarità temporale che risiede la natura frattale del mercato. Nel momento in cui questa natura venga compromessa, i mercati diventano instabili: ciò può verificarsi quando gli investitori di lungo periodo diventano essi stessi investitori di breve periodo, per esempio in reazione a eventi economici o politici di natura tale da relegare momentaneamente in secondo piano il quadro di riferimento.

Per questo è fondamentale avere nervi e pazienza se si decide di giocare in borsa basandosi sulle regole del mercato frattale. Esse infatti non danno troppo peso ad influenze esterne, ma si basano unicamente sulla storia del titolo in questione. Ne è prova lo studio della crisi del '29, che è prevedibile tramite l'utilizzo di questo metodo. Al contrario, sono spesso le crisi finanziarie proprie ad influenzare gli avvenimenti politici o militari.

Ad esempio, come già discusso nei capitoli precedenti, William D. Gann fu uno dei più grandi speculatori economici della storia, la cui

percentuale di successi superava il 90%. I suoi metodi sono tuttora materia di studi, ma è certo che si basasse sullo studio della ciclicità, anche se lui stesso ha sempre preferito definirsi un uomo premiato dal Dio e dalle leggi naturali per la sua fedeltà alle parole della Bibbia. Egli, nel 1927, scrisse un libro di fantascienza in cui prevedeva l'arrivo di una guerra tra il 1930 e il 1932 e l'invasione dell'America da parte di una grande coalizione di altre potenze mondiali.

La guerra, come sappiamo, non avvenne, ma la previsione di Gann non fu errata poiché l'inizio della guerra, ipotizzata per l'inizio del 1930, sarebbe arrivata solo in seguito ad un'ininterrotta caduta a picco della borsa americana (appunto negli ultimi mesi del 1929) e riportò un paio di date precise di quell'epoca, in cui ci sarebbero stati momenti di panico a Wall Street. Le sue previsioni finanziarie si avverarono tutte. Fortunatamente non successe lo stesso con la guerra, ma proprio l'idea di un tale conflitto, era una infondata previsione basata sul crollo della borsa che invece prevedette con successo grazie ai suoi studi sui cicli finanziari. Gann invece di ragionare "quando c'è una guerra la borsa scende", pensò "dato che la borsa scende, probabilmente ci sarà una guerra".

5.7.L'andamento frattale della Borsa e le onde di Elliott

Se immaginiamo che in un mese un indice di borsa qualsiasi passa, per esempio, da 40.000 a 44.000, avremo un guadagno di 4.000 punti. Tuttavia, dal momento che la nostra osservazione è avvenuta tra due misurazioni distanti 30 giorni l'una dall'altra, non necessariamente possiamo dire di aver avuto il miglior guadagno possibile. L'andamento, considerato settimanalmente, avrebbe potuto avere oscillazioni differenti:

Prima settimana da 40.000 a 42.600.

Seconda settimana da 42.600 a 41.800.

Terza settimana da 41.800 a 44.300.

Quarta settimana da 44.300 a 44.000.

Osservando questo andamento più dettagliato diventa ovvio come avremmo potuto aumentare la nostra vincita comprando la prima

settimana, vendendo la seconda, ricomprando la terza e rivendendo la quarta. Il guadagno totale sarebbe stato di $2.600 + 800 + 2.500 + 300 = 6.200$ punti invece di 4000.

Se fossimo andati ancora più nel dettaglio e seguito l'andamento ora per ora, avremmo sicuramente avuto incassi superiori.

Pur non esistendo un metodo talmente preciso da prevedere l'andamento orario, è importante sapere che andando più nel dettaglio è possibile cogliere più fluttuazioni da sfruttare a nostro favore.

Questo andamento frastagliato viene definito andamento frattale. Uno studioso di andamenti frattali fu Ralph Nelson Elliott (1871-1948), un ingegnere statunitense che, a partire dal 1927, si dedicò allo studio delle serie storiche dei prezzi rilevati dal 1850 sui mercati mobiliari e delle materie prime nordamericane; egli elaborò un'originale teoria pubblicata in una serie di articoli su *Financial World* e poi raccolta nelle opere *The Wave Principle* (1938) e *Nature's Law: The Secret of the Universe* (1946). Elliott non parlò mai di frattali ma ritenne di poter ricondurre l'andamento dei mercati a un certo modello, che egli descrisse nella sua teoria delle onde. Indubbiamente oggi il suo modello, che si basa sui numeri di Fibonacci, verrebbe considerato un modello frattale. Il suo modello però, sembra essere più basato su regole estetiche piuttosto che matematiche.

Elliott chiamò "onda" ciascun movimento del mercato al rialzo o al ribasso. Secondo la sua teoria, ogni onda al rialzo è composta da 5 onde minori, numerate da 1 a 5, seguite da un'onda al ribasso divisa in 3 onde minori, chiamate a, b e c (figura 31).

Ciascuna onda minore, rievocando il concetto di autosimilarità introdotto in precedenza, presenta la stessa struttura, cioè è suddivisa in 5 onde minori al rialzo e 3 al ribasso, e così via. Purtroppo non è affatto facile riuscire a vedere tale struttura nell'andamento dei mercati, per cui è una legge che viene seguita solo da pochi analisti esperti.

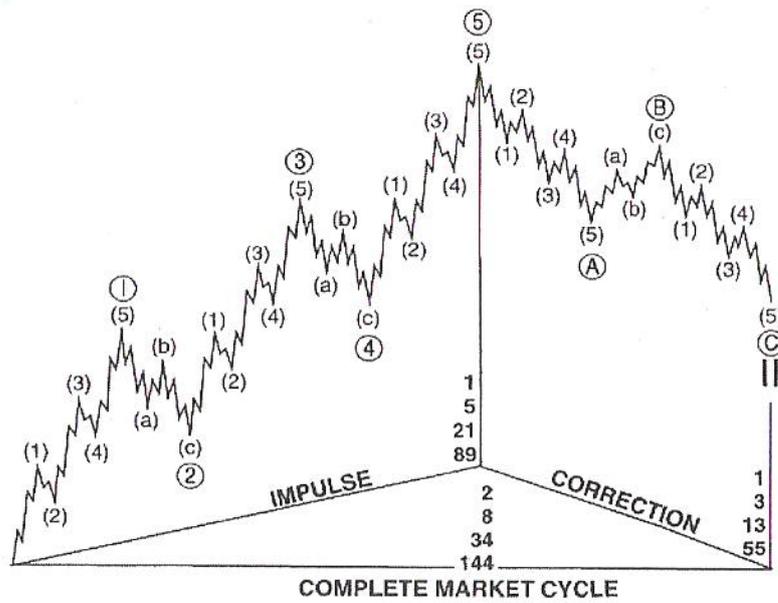
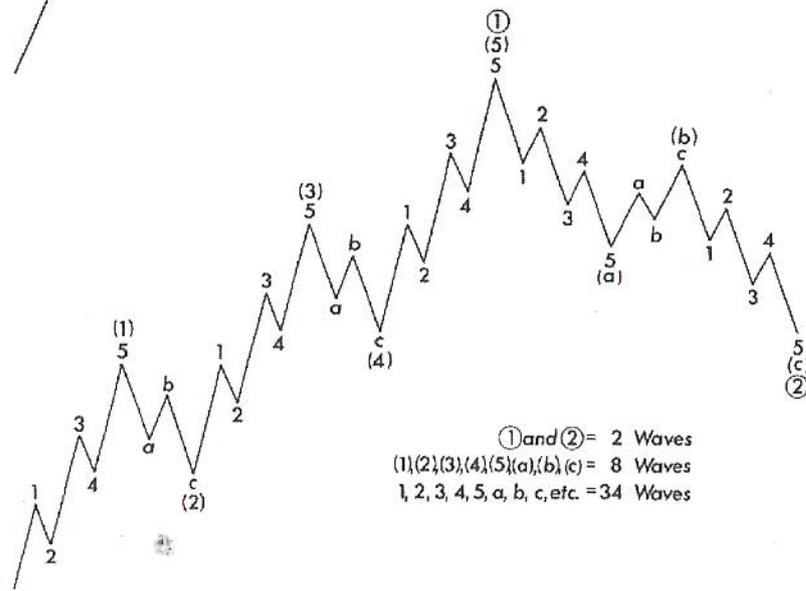
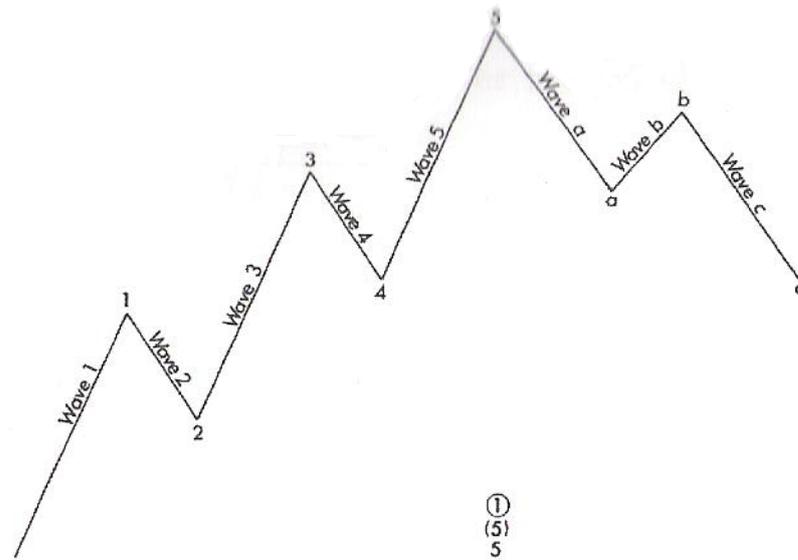


Figura 31 Le onde di Elliott

6. La filosofia di Hurst



Figura 32 Harold Hurst

Harold Edwin Hurst (1880-1978) fu un idrologo inglese, noto per aver lavorato dal 1951 al progetto di una diga sul fiume Nilo in Egitto. Il suo compito era quello di studiare un sistema di controllo della quantità di acqua contenuta nel lago artificiale in modo che questa non fosse mai troppa o troppo poca.

Il fattore principale che influenza il livello di acqua in una diga è senza dubbio la quantità di pioggia caduta e, siccome usualmente si tende ad ipotizzare che tale quantità segua un random walk, Hurst decise di provare se effettivamente il livello di acqua nella diga, misurato in periodi di tempo successivi, seguiva o meno un cammino casuale.

Per fare ciò, mise a punto un nuovo strumento statistico denominato da Mandelbrot l'"esponente di Hurst (H)" che, si rivelò in grado di distinguere una serie casuale da una non casuale anche se la serie casuale non è normalmente distribuita. Hurst misurò il modo in cui il livello del lago fluttuava intorno alla propria media con l'andare del tempo. Egli capì che il range di questa fluttuazione dipendeva dalla lunghezza del periodo

di tempo utilizzato per la misurazione. Se la serie era casuale, il range cresceva con la radice quadrata del tempo.

Ora, per fare un esempio, quando si gioca a testa o croce, si può avere lo stesso risultato molte volte di seguito (altrimenti nessuno vincerebbe). La formula è semplice: la differenza tra la massima vincita in un certo momento del gioco e la massima perdita in un altro momento varia in proporzione alla radice quadrata del numero dei lanci.

E' necessario capire quindi che è molto importante TUTTA la serie storica.

Ipotizziamo la seguente sequenza di lanci: 3 volte testa, 2 volte croce, 6 volte testa, 9 volte croce. Puntando sempre su TESTA la massima vincita è 7 (seguendo tutta la serie storica $3-2+6=7$) mentre la massima perdita è 2 ($3-2+6-9=-2$). Perciò la differenza tra massimo e minimo sarà $7-(-2)=9$, che Hurst chiamò RANGE o R (nel prossimo capitolo verrà mostrata la formula in cui viene utilizzato questo valore).

Per quando riguarda la questione della radice quadrata, si intende che, nell'esempio qui sopra, otterrei il valore 90 come differenza tra massima perdita e massimo guadagno su 2000 lanci (20 lanci x 100 volte), invece di 900 (ossia 9 x 100). Per cui se aumento i lanci di 100 volte, il risultato attendibile come differenza tra la massima vincita e la massima perdita sarà 9 x (radice quadrata) di 100, ossia 9×10 . Su 20.000 lanci, quindi 20×1000 volte, il valore atteso sarà 900 e così via.

Se, in un caso reale questa differenza non dovesse essere regolata da questa regola della radice quadrata, significherebbe che la moneta utilizzata è truccata.

Per questo semplice motivo ne deriva che in finanza, se nell'analisi di una serie storica questa regola non risulta rispettata, l'andamento della borsa non è casuale. Al contrario, è lecito aspettarsi una regolarità, o più precisamente una tendenza.

Questa regola è anche alla base della teoria dei giochi, che tuttavia non approfondiremo per mancanza di legami con le nostre previsioni economiche.

Partendo da questi presupposti, il prossimo capitolo risulterà più chiaro.

6.1. Il potere del coefficiente di Hurst.

“Ecco stanno per venire sette anni, in cui sarà grande abbondanza in tutto il paese d'Egitto. Poi a questi succederanno sette anni di carestia; si dimenticherà tutta quella abbondanza nel paese d'Egitto e la carestia consumerà il paese.”

(Genesi 41, 29-30)

Prima di affrontare il discorso sul calcolo del coefficiente di Hurst, ne spiegherò la derivazione, il concetto e l'utilizzo.

Albert Einstein, approfondendo gli studi sui moti browniano, scoprì che una particella che si muove in modo erratico copre una distanza che, in media, è funzione della radice quadrata del tempo per una costante, secondo la relazione:

$$R = k \cdot t^{1/2} \quad (7.1)$$

dove R è la distanza coperta, t il tempo e k una costante.

Generalizzando, la 7.1 può essere riscritta in questo modo:

$$R/S = k \cdot t^H \quad (7.2)$$

Nella 7.2 k è ancora una costante, t è il tempo (espresso come successione di numeri reali) e H l'esponente di Hurst. Il termine R/S è dato dal rapporto tra il Range R e la deviazione standard (S) delle osservazioni del campione della serie storica in esame (perciò il nome Rescaled Range Analysis). In particolare il range R è ottenuto come differenza tra il massimo ed il minimo della sommatoria cumulata degli scarti dalla media delle osservazioni del campione considerato (la metodologia di calcolo sarà chiarita più avanti). La divisione per la deviazione standard consente di standardizzare la misura in esame permettendo il confronto fra i risultati di diverse analisi.

In generale R/S cresce all'aumentare di t secondo una legge esponenziale funzione di H. Questo è un primo legame della statistica di Hurst con i fenomeni frattali. I frattali sono oggetti le cui parti hanno dimensioni legate alla forma delle altre parti dell'oggetto stesso da una legge esponenziale (si ripensi agli esempi visti nel capitolo sui frattali). Nel caso delle serie storiche il fattore di scala è rappresentato da intervalli di tempo che crescono in ampiezza.

Con l'esponente di Hurst si possono classificare le serie storiche secondo il valore che H assume. Permette di distinguere una serie di dati la cui struttura è governata da un processo casuale, da una in cui tale processo non si può definire propriamente di tipo random walk. Inoltre non richiede alcuna restrizione sulla distribuzione dei dati in esame. Non richiede, per esempio, che la distribuzione sia di tipo Normale, come avviene per altre statistiche che possono risultare distorte se tale assunzione non è coerente con la realtà dei dati. Il processo potrebbe quindi assumere un qualunque tipo di distribuzione senza incidere sulla validità dell'analisi R/S.

Mandelbrot (1997) ha dimostrato che H può assumere un valore compreso tra zero ed uno. In particolare si possono distinguere tre classificazioni:

1) $H = 1/2$;

2) $0 < H < 1/2$;

3) $1/2 < H < 1$.

Si esaminano di seguito le tre classificazioni di H.

1) $H = 1/2$ Quando $H = 1/2$ la 4.2 coincide con il caso particolare rappresentato dalla 4.1. In questa ipotesi la serie in esame segue un processo random walk. Il passato non influenza il futuro e non vi è memoria alcuna che influenzi la direzione del processo che non ha quindi una direzione "preferita" rispetto a quella seguita in precedenza. In altre parole il valore corrente della variabile, è l'unico dato utile per stimare la direzione che la stessa può prendere nell'istante immediatamente successivo.

2) $0 \leq H < 1/2$

Valori compresi in questo intervallo segnalano la presenza di un effetto antipersistente. Il sistema "copre" una distanza inferiore di quella coperta da un processo random walk. Ciò significa che la variabile tende a cambiare molto frequentemente la direzione. Semplificando, se il sistema assume una direzione positiva in un certo intervallo di tempo, è molto probabile che nell'intervallo successivo diventi negativa. Le serie di questo tipo tenderanno ad essere molto volatili a causa delle frequenti variazioni di valore.

3) $\frac{1}{2} < H \leq 1$

In questo intervallo di valori, H segnalerà la presenza di una persistenza nella serie. Perciò se la variabile ha mantenuto un andamento crescente nel corso di un certo intervallo di tempo, è probabile che mantenga lo stesso segno nell'intervallo successivo. Questo comportamento prende il nome di effetto Joseph (Mandelbrot, 1983). Il nome deriva dalla storia biblica della previsione di sette anni di abbondanza seguiti da sette anni di carestia. In oltre, sistemi classificabili in questa categoria, sono caratterizzati da potenziali effetti catastrofici a causa degli improvvisi cambiamenti che li possono riguardare (Effetto Noah Mandelbrot, 1983 - riferendosi al diluvio universale).

Quanto più H si avvicinerà ad $\frac{1}{2}$, tanto maggiore sarà il rumore che nasconde il processo. Quanto più si avvicinerà ad uno, tanto maggiore sarà la forza della persistenza. Si riscontrerà una correlazione di lungo termine positiva, ovverosia un effetto memoria che pervade qualsiasi scala temporale od orizzonte temporale. Il concetto che sta alla base di H riguarda la possibilità che le osservazioni siano dipendenti, non tanto nel breve termine, quanto nel lungo termine.

Ogni osservazione porterebbe memoria degli eventi passati. Gli effetti di tali eventi continuerebbero a farsi sentire, anche se in modo sempre più smorzato, sulle vicende future, anche se lontane nel tempo, e teoricamente all'infinito. In una concezione più ampia, un sistema che esibisca una statistica di Hurst, sarebbe il risultato di un continuo flusso di eventi interconnessi tra loro. Ciò che accade oggi teoricamente avrà ripercussioni sugli sviluppi futuri in modo permanente (Peters, 1994). La variabile tempo in questo contesto di analisi assume un'importanza fondamentale e non è possibile semplificare assumendo che il campione di dati in esame sia invariante rispetto al tempo.

6.2. Il coefficiente di Hurst

Per prima cosa sappiate che il coefficiente di Hurst è proprio ciò che la finanza stava cercando per dimostrare la “scientificità” delle tendenze di mercato.

La formula si presenta simile a quella mostrata in precedenza:

$$(R/S)_{i,n} = k \cdot n^H$$

Per la proprietà dei logaritmi possiamo ricavare H nel seguente modo:

$$\text{Log}(R/S) = H \cdot \text{Log}(N) + \text{Log}(K)$$

Non ci rimane che analizzare il nocciolo della formula ovvero R/S:

$$R/S = \frac{\text{Max}_{1 \leq k \leq n} \sum_{i=1}^k (r_i - \bar{r}) - \text{Min}_{1 \leq k \leq n} \sum_{i=1}^k (r_i - \bar{r})}{\left[\frac{1}{n} \sum_i (r_i - \bar{r})^2 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Per sintetizzare il pensiero di Mandelbrot possiamo dire: “Una delle caratteristiche principali di questo metodo è che i suoi risultati non dipendono dalla organizzazione dei dati. La formula si limita a misurare se la differenza tra i valori massimi e minimi dei dati è superiore o inferiore a quella prevedibile quando ogni dato non dipende dai precedenti. Per determinare il numeratore si calcola il rendimento r_i dalla variazione di prezzo di un titolo o di un indice in intervalli diversi (uno, due, ... n giorni) e si confronta con il rendimento medio r sull'intero periodo di n giorni. Si esegue il calcolo per un giorno, poi per due e così via fino a determinare il valore massimo e quello minimo di tutte le differenze. La differenza tra questi due valori stima l'intervallo di variazione della serie. Il denominatore è la comune formula della deviazione standard”.

Supponiamo di disporre di 100 rilevazioni giornaliere sull'indice SPMIB. Calcolo R/S sulle prime 10 osservazioni. Poi 11, 12... fino a tutti i valori insieme. Ne calcolo la media e ottengo un valore di R/S. Questo passaggio, anche se macchinoso, è indispensabile per dare la stessa importanza ai dati dei sottocampioni.

Alla fine regredisco Log (R/S) su Log (N) e il coefficiente angolare della retta di regressione non può che restituirmi il valore stimato di H.

Per eseguire la regressione lineare si utilizza la seguente formula:

$$\begin{cases} m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \\ q = \bar{y} - m \bar{x} \end{cases}$$

Dove m è il valore del coefficiente angolare della retta, e q è l'intercetta o ordinata all'origine e rappresenta il punto di passaggio della retta per l'asse delle ordinate, ovvero l'entità della traslazione della retta dall'origine.

La suddetta spiegazione, opera del economista Roberto Domenichini, è una semplificazione di tutto l'argomento. Il suo limitato approfondimento in contrapposizione ad una brillante chiarezza, aiuteranno a capire le prossime righe, che spiegheranno nel dettaglio il coefficiente di Hurst, il suo utilizzo e il suo calcolo.

6.3.Saper interpretare il coefficiente di Hurst

Un errore in cui è facile imbattersi quando si lavora con il coefficiente di Hurst, è quello di aspettarsi un valore di H vicino all' "1" quando si esamina una qualsiasi onda.

Per esempio, eseguendo i nostri calcoli sui dati di una semplicissima onda sinusoidale (o triangolare ecc.), sicuri di avere a che fare con qualcosa altamente prevedibile, non ci preoccuperemmo nemmeno di testare il potere di H. Tuttavia, con un banale ragionamento o con l'utilizzo dell'algoritmo, diventa chiaro che la nostra formula matematica non ci dirà che l'onda è altamente prevedibile, ma interpreterà l'onda per quello che è: un ciclo antipersistente.

Il valore di H quindi sarà inferiore a 0.50.

Come è evidente, qualsiasi onda infatti non fa altro che mutare continuamente il suo stato, aumentando e diminuendo continuamente i propri valori.

Con questo l'autore tiene ad ammonire il lettore che si aspetta di poter utilizzare il coefficiente di Hurst per scoprire quanta e quale ciclicità c'è in una serie di dati.

H è infatti utile in finanza per capire se il nostro titolo tende a mantenere una tendenza o, al contrario, a invertirla continuamente.

In generale, la sua potente formula nasce dall'esigenza di sapere se i dati che possediamo sono effettivamente estranei al concetto di casualità.

6.4. Individuare i cicli periodici

Vorrei poter affermare che trovare i cicli periodici che compongono il grafico di una serie storica è facile.

Purtroppo la ricerca è tutt'altro che banale.

I cicli sono inevitabilmente triangolari per cui non possiamo comportarci come faremmo con le onde sinusoidali e sfruttare la serie o la trasformata di Fourier, appartenenti ad una analisi matematica superiore a quella che verrà fornita. L'approssimazione con Fourier sarebbe già ottima.

Il problema è che solo alcuni cicli sono costanti (mezzo ciclo di Giove, circa 6 anni; mezzo ciclo

dei nodi lunari, circa 9 anni) ma altri sono irregolari (come quello a circa 40 mesi).

La migliore tecnica sarebbe quello di fare un fit con tecniche avanzate, basato su 5 o 6 onde

triangolari, di frequenza e ampiezza decise dal fit stesso, in base al metodo dei minimi quadrati.

In questo ambiente ci limiteremo a citare nuovamente le parole di Hurst che per primo intuì la possibilità di trovare una componente periodica sottostante sfruttando unicamente l'analisi di R/S.

Questo metodo però non ci offre tutti i dati necessari per trovare i sottocicli ma ci permette di misurare il periodo dei cicli che compongono il nostro grafico.

I cicli non periodici, come lo sono i cicli di borsa, possono esser visti come una generalizzazione dei cicli periodici e quindi sommando tra loro i vari cicli periodici che troveremo grazie alle direttive di Hurst, potremo raggiungere un grafico simile a quello originale.

La chiave di volta per trovare il periodo dei cicli sta tutto nell'esaminare il grafico di R/S. Ogni volta che cambia la tendenza dei suoi valori, ossia la curva sembra cambiare inclinazione, tendenzialmente siamo davanti alla fine di un ciclo.

Il rispettivo valore in ascissa (LOG n) ci dirà che si è appena concluso un ciclo di periodo n.

Purtroppo non è altrettanto facile scoprire l'ampiezza dell'onda in questione e, soprattutto, non è possibile sapere se il dato che abbiamo trovato ci sta indicando il periodo di un nuovo ciclo o semplicemente se è la ripetizione di un ciclo già proposto.

Essendo valori ciclici, è lecito aspettarsi di trovare variazioni di curva nel grafico R/S, per esempio, al valore 20, 40, 60, 80 ecc...

Per questo motivo l'autore non garantisce l'efficacia del metodo.

6.5. Il calcolo delle medie mobili

Il metodo (l'indicatore) più utilizzato in borsa, è il calcolo delle medie mobili. Esso non effettua nessuna previsione, ma segue passo passo i movimenti azionari.

La sua semplicità lo rende accessibile a tutti e spesso, il suo utilizzo porta dei discreti risultati.

Come visto nei capitoli precedenti, proiettare nel futuro dei cicli a lungo periodo è un metodo efficace, ma non si può dire lo stesso con l'andamento a breve periodo, in cui si sovrappongono svariati cicli difficili da scoprire. Con il metodo del crossover delle medie mobili è però possibile seguire questi cicli irregolari.

Come suggerisce il termine *media*, si tratta di una media di una determinata quantità di dati (solitamente vengono considerati quelli di chiusura, ma ovviamente possono essere utilizzati anche quelli di massimo, minimo, piuttosto che apertura). Il termine *mobile* invece si riferisce al fatto che vengono considerati soltanto gli ultimi prezzi desiderati: in una media mobile a 20 giorni, calcolato sui prezzi di chiusura, verranno presi in considerazione le ultime 20 chiusure di seduta. Mediando i prezzi quindi si può ottenere una linea smussata che rende più semplice la visione del trend.

Anche se questo metodo non fa previsioni, è ugualmente possibile utilizzarlo con lo scopo di prevedere, con inferiore precisione rispetto le teorie dei cicli, un certo trend, basandosi sul fatto che quando un'azione sale, può essere opportuno seguire questa tendenza. Le medie mobili danno quindi dei segnali di acquisto o vendita, per cui, seguendo frequentemente i suoi valori, è possibile guadagnare senza complicarsi la vita con complicate formule matematiche o improbabili ricerche di cicli nascosti.

Inoltre, essendo questo metodo un inseguitore dei risultati reali, il momento per vendere o per comprare verrà mostrato sempre con un leggero ritardo che renderà impossibile cogliere esattamente i punti più vantaggiosi. Spesso questo ritardo può portare a errori, per cui non bisogna scoraggiarsi se capiteranno operazioni in perdita. Infatti, se il metodo delle medie mobili viene usato a lungo termine, anche se le operazioni in perdita dovessero essere superiori a quelle vantaggiose, le operazioni vincenti permetteranno guadagni ben più grandi delle perdite.

Le medie mobili si calcolano a DURATA, ossia prendendo come campione i valori di N giorni, o mesi o ore ecc... Per esempio una media mobile può essere fatta a 10 giorni, in questo caso prenderemo i dati di chiusura di 10 giorni consecutivi e eseguiremo una semplicissima media aritmetica sulla loro somma. Questo metodo, chiamato **MEDIA MOBILE SEMPLICE** è il più utilizzato dagli analisti e quello di più facile calcolo.

Per semplificare l'idea, farò un esempio:

<i>DATA</i>	<i>VALORE TITOLO ALLA CHIUSURA</i>	<i>MEDIA MOBILE A 10 GIORNI</i>
1/4/2008	9458	
2/4/2008	9568	
3/4/2008	9516	
4/4/2008	9521	
5/4/2008	9537	
6/4/2008	9502	
7/4/2008	9478	
8/4/2008	9520	
9/4/2008	9668	
10/4/2008	9801	9556,9
11/4/2008	9793	9590,4
12/4/2008	9818	9615,4
13/4/2008	9907	9654,5
14/4/2008	9927	9695,1
15/4/2008	9875	9728,9
16/4/2008	10048	9783,5
17/4/2008	10172	9852,9
18/4/2008	10320	9932,9
19/4/2008	10421	10008,2
20/4/2008	10369	10065
21/4/2008	10475	10133,2
22/4/2008	10384	10189,8

23/4/2008	10265	10225,6
24/4/2008	10367	10269,6
25/4/2008	10468	10328,9
26/4/2008	10481	10372,2
27/4/2008	10499	10404,9
28/4/2008	10548	10427,7
29/4/2008	10591	10444,7
30/4/2008	10572	10465
01/5/2008	10426	10460,1
02/5/2008	10301	10451,8

Tabella 1 Esempio di medie mobili a 1/10 giorni

Come si può notare, una volta raggiunti i primi 10 giorni di conteggio si effettua la somma tra tutti i valori trovati ($9458+9568+\dots+9801$) e si divide per 10, ossia il numero dei giorni. Il risultato che si ottiene è 9556,9, ossia il valore segnato sotto la colonna delle medie mobili.

Per la seconda media mobile è stato seguito lo stesso processo, togliendo dalla somma il primo valore (9458) e aggiungendo l'undicesimo (9793). Creando un grafico con i valori reali e quelli a medie mobili, è possibile vedere come le medie mobili seguano con un leggero ritardo l'originale andamento.

Sarà proprio questo ritardo l'arma vincente per prevedere la tendenza del mercato. Infatti, quando la tendenza è crescente, la media mobile tende a stare al disotto dell'indice, quando invece il trend è decrescente, tende a stare al disopra. Quindi, quando l'indice supera la media mobile, è appena iniziato un rialzo e presumibilmente esso continuerà, quindi è necessario comprare.

Al contrario, quando l'indice scende sotto la media mobile, è necessario vendere.

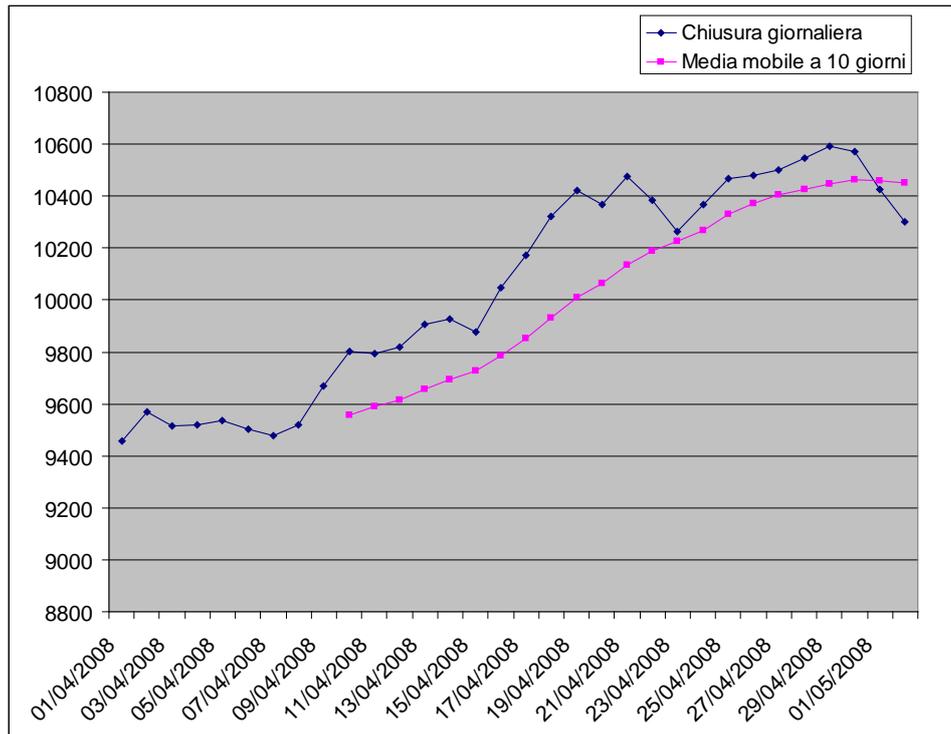


Figura 33 Grafici delle medie mobili presenti nella tabella

Il crossover in questo caso è avvenuto tra i valori quotidiani e una media mobile di 10 giorni.

Questa tecnica non è sempre efficace, spesso infatti è necessario studiare le serie storiche per valutare qual è il migliore metodo. Un esempio si può fare sul mercato dell'oro tra il 1970 e il 1976. Operando su due medie mobili a 8 e 48 giorni, quindi confrontando i valori delle medie ogni 8 giorni con le medie di ogni 48 giorni, e osservando le tendenze previste da questo metodo avremmo avuto 184 operazioni vincenti su 334, che ci avrebbero portato incredibili guadagni contro le 152 operazioni in perdita piuttosto irrilevanti.

Oltre alla media mobile semplice, esistono altre 3 medie mobili:

Media mobile ponderata:

Il suo calcolo prevede che, considerando sempre 10 periodi, la chiusura del decimo giorno venga moltiplicata per dieci, quella del nono giorno per nove, dell'ottavo giorno per otto e così via. Così facendo si dà maggior peso agli ultimi valori; il totale verrà poi diviso per la somma del suo multiplo, ovvero nel nostro caso sarà $1+2+3+\dots+10=55$.

Nonostante le varianti di calcolo anche questa media mobile non risulta efficiente nei brevi periodi.

Media mobile esponenziale:

come nella media mobile ponderata viene dato un peso differente ai vari prezzi. dando un'importanza minore ai prezzi passati e maggiore a quelli recenti. I prezzi passati vengono tuttavia inclusi nel calcolo prendendo in esame quindi molti più valori di quelli definiti dal periodo della media mobile. Purtroppo risulta essere un indicatore quasi impossibile da generare se non attraverso il computer e il suo calcolo è complesso per qualsiasi analista.

Media mobile adattiva:

le medie mobili viste finora si basano su crossover fissi, quindi ricoprono periodi fissi su cui viene fatta una media. Nella media mobile adattiva, invece, la lunghezza dei periodi di confronto varia a seconda della volatilità presente nel mercato.

6.6.L'antipersistenza

Un caso tipico di antipersistenza è quando, ad esempio, un indice di Borsa alterna un giorno di salita ad un giorno di discesa (in un mondo ideale). In tale situazione il coefficiente di Hurst sarebbe prossimo a zero. Come riportato nel seguente grafico che evidenzia un H pari a 0,029.

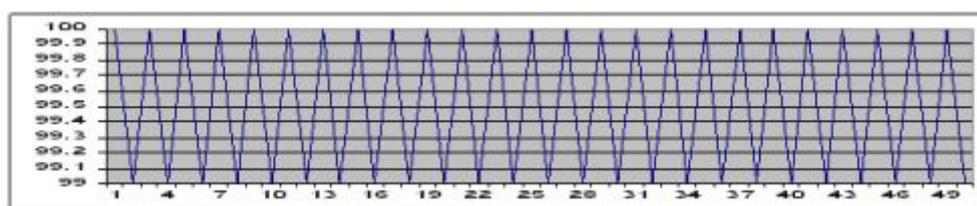


Figura 34 Onda triangolare che viene riconosciuta come antipersistenza

Quando il range è così piccolo (99,100,99,100, ecc) qualsiasi strategia basata sulle medie mobili sarebbe deleteria. Allo scopo creiamo degli stati ideali dell'andamento di un'attività finanziaria e ne analizziamo di volta in volta il coefficiente di Hurst.

Si consideri il seguente grafico (figura 35):

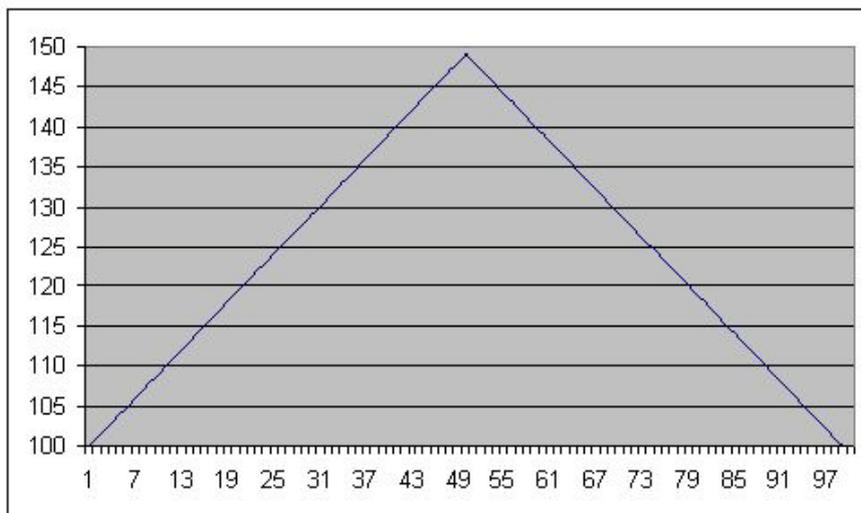


Figura 35 Onda triangolare

E' supposto che il nostro indice finanziario salga ogni giorno di 1 euro, partendo da 100 euro, per 50 giorni consecutivi e scenda, dal 51° giorno fino al 100°, di un 1 euro, ritornando a 100 euro.

Una persistenza quasi perfetta: 50 ininterrotti e soprattutto consecutivi giorni di salita alternati a 50 giorni consecutivi di discesa.

Il calcolo di H restituisce un valore di circa 0,99.

Con la nostra strategia, Stop and Reverse, dovremmo diventare "ricchi" molto presto. Esattamente cento giorni. Neanche un falso segnale!

Ma proviamo a ripetere il procedimento per 200 giorni (figura 36).

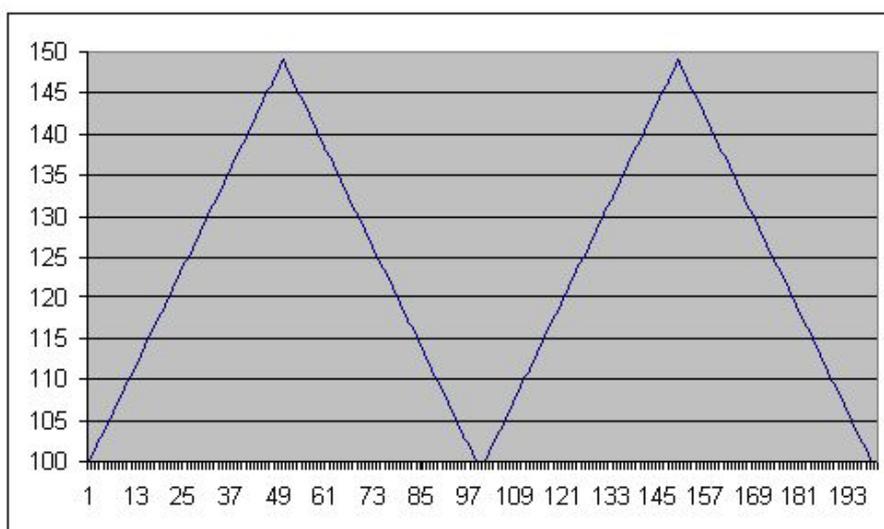


Figura 36

Secondo la nostra strategia dovremmo diventare, questa volta, ricchissimi. Purtroppo il coefficiente di Hurst però è inferiore al precedente ed esattamente pari a 0,92.

Se ripetiamo il ragionamento per N serie (N tanto maggiore quanto maggiore sarà il campo di variazione definito come differenza tra massimo e minimo della serie) il coefficiente tenderà a zero.

In altre parole il sistema inizia a considerare un'antipersistenza. Come del resto si poteva intuire.

Allora qual è la soluzione?

Fortunatamente anche in questo caso stiamo considerando un problema che è più teorico che reale.

Intanto abbiamo costruito artificialmente una serie di prezzi ma soprattutto abbiamo compreso che esiste antipersistenza e antipersistenza.

Se H venisse prossimo a zero su un range dove il massimo ed il minimo sono molto vicini allora siamo pure alla larga da tale antipersistenza; viceversa se H rivela un valore inferiore a 0,5 con un range molto ampio allora anche l'antipersistenza diventa sfruttabile con le nostre medie mobili. Addirittura preferibile in quanto i falsi segnali sarebbero pressoché nulli.

Da questo comprendiamo che il calcolo della dimensione frattale e del coefficiente di Hurst sono attendibili solo se il campione di riferimento contiene sufficienti elementi di prezzo.

Bisogna fare quindi molta attenzione alla numerosità dei dati che forniamo al nostro calcolatore per trovare H, poi che il suo valore tenderà sempre più a zero, e quindi all'antipersistenza, quanto più numerosi saranno i campioni di dati presi in esame.

Un valore di campioni tendente all'infinito offrirà irrimediabilmente un H tendente a zero.

Anche i professionisti e gli studiosi non sono ancora d'accordo sulla "giusta" numerosità del campione.

6.9. La volatilità

Il concetto di volatilità è stato introdotto in questa tesi semplicemente per spiegarne la presenza nell'elaborato.

Il suo calcolo corrisponde ad un'espressione ben nota agli statistici, ma che non verrà affrontato in questo documento: il calcolo del *rischio*, ossia la possibilità che il risultato di una qualsiasi operazione compiuta da un soggetto economico sia diverso da quello previsto.

La volatilità, mostrata dal software in percentuale, indica una previsione, basata sugli ultimi 22 valori della serie storica considerata, del guadagno o perdita massimi che il titolo in questione può offrire.

Esso prenderà in ingresso gli ultimi valori, li analizzerà trovando la variazione giornaliera e da questi dati sarà in grado di dire, percentualmente, quale è stata la variazione media del titolo e quanto avremmo potuto perdere o guadagnare investendo su quel titolo.

La volatilità ha alcune caratteristiche intrinseche: ciclicità, persistenza e proprietà di ritorno alla media.

La volatilità è ciclica:

la volatilità tende a cambiare in modo ciclico. Dopo una fase di crescita, registra un massimo per poi contrarsi fino a un valore minimo e riprendere il processo dall'inizio. Molti trader ritengono che la volatilità sia molto più prevedibile del prezzo (a causa di questa sua caratteristica ciclica) e hanno messo a punto strategie in grado di sfruttare questo principio.

La volatilità è persistente:

la persistenza è semplicemente la capacità della volatilità di evolvere un giorno dopo l'altro nella stessa direzione, suggerendo che la volatilità di oggi verosimilmente sarà presente anche domani. Questo significa che se i mercati hanno un alto livello di volatilità oggi, probabilmente avranno un livello elevato di volatilità anche domani; al contrario se un mercato non è volatile oggi, molto probabilmente non lo sarà nemmeno domani.

La volatilità tende a ritornare verso la media:

strumenti finanziari dall'andamento regolare potranno subire forti accelerazioni ma queste costituiranno reazioni momentanee destinate a rientrare. Analogamente titoli o future molto volatili tenderanno ad essere per lungo tempo molto reattivi e le fasi di calma saranno nient'altro che dei segnali che preannunciano una nuova ripresa dell'attività giornaliera.

Per calcolare la volatilità è necessario per prima cosa trovare la media delle variazioni giornaliere considerate.

Tendenzialmente si prendono in esame i 22 valori più recenti della serie storica, poi perché questo numero offre un risultato credibile per fare una previsione.

Viene così calcolato il valore della media sugli ultimi 22 valori e si calcola di seguito la DEVIAZIONE STANDARD sullo stesso campione di 22 dati.

La deviazione standard si calcola:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

Dove quindi per 22 volte viene sottratta alla variazione giornaliera in esame la media dei 22 valori precedentemente calcolata. Il quadrato di questo valore viene poi diviso per 22 e il nuovo risultato viene messo sotto radice.

Dalla conoscenza di questi due valori è possibile ora calcolare la volatilità percentuale facendo:

$$\text{Volatilità} = (\text{Deviazione Standard} / \text{Media}) * 100$$

Per esempio, studiando il grafico dell'indice Dow Jones degli ultimi anni il risultato che otterremo controllando gli ultimi 22 valori sarà il seguente:

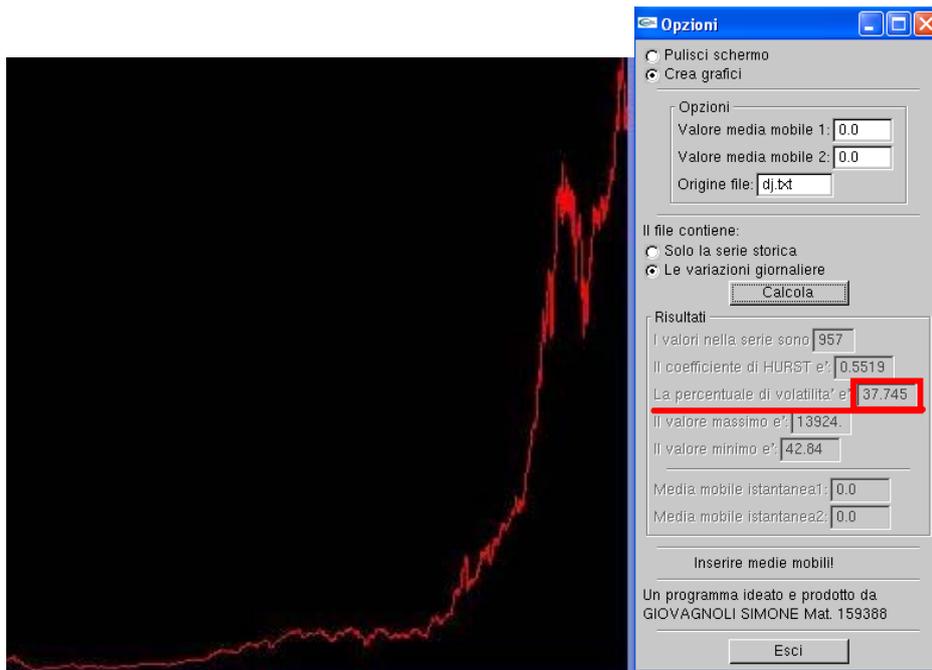


Figura 37 Grafico dell'indice Dow Jones e rispettiva volatilità

Il valore ricavato di 37.745% sta ad indicare che se oggi investissi su una azione da 100 euro potrei ritrovarmene 137.746 nella migliore delle ipotesi o 62.234 nella peggiore.

Pur non avendo a che fare con il concetto di frattali, la volatilità è una variabile molto interessante che può risultare utile all'utente finale del software.

7. Software per l'analisi e la previsione dell'andamento finanziario

Il programma allegato alla tesi si prefigge il compito di offrire 4 grafici che mostrano alcune tra le principali caratteristiche della serie storica presa in esame.

In particolare :

- 1) Mostrare il grafico dell'andamento della serie storica in oggetto
- 2) Mostrare il grafico $\text{Log}(R/S)$ su $\text{Log}(N)$ che evidenzia la costruzione della retta di regressione definita dal calcolo del coefficiente di Hurst
- 3) Mostrare il grafico delle medie mobili selezionate dall'utente
- 4) Mostrare il grafico dell'andamento della variazione giornaliera fornita dall'utente

Oltre a fornire informazioni grafiche sulla serie storica, il programma è in grado di analizzare i dati forniti restituendo a schermo:

- 1) Il numero di valori presi in esame
- 2) Il valore del coefficiente di Hurst calcolato seguendo la teoria presente in questa tesi
- 3) La volatilità del titolo in esame
- 4) Il valore più alto della serie storica in esame
- 5) Il valore più basso della serie storica in esame
- 6) I valori istantanei delle due medie mobili in esame
- 7) Un suggerimento affidabile sul come gestire i propri investimenti basandosi sui valori delle medie mobili fornite dall'utente

La schermata iniziale che l'utente incontrerà sarà la seguente:

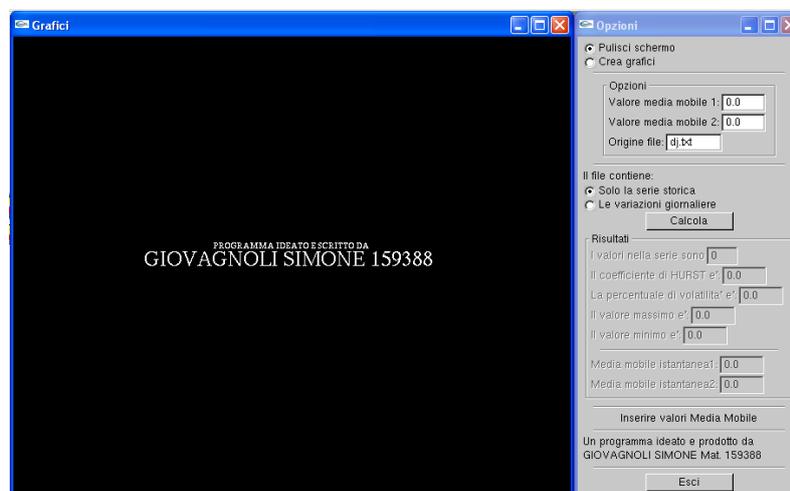
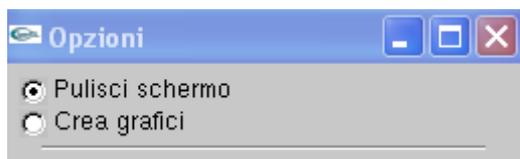


Figura 38 Schermata iniziale del programma

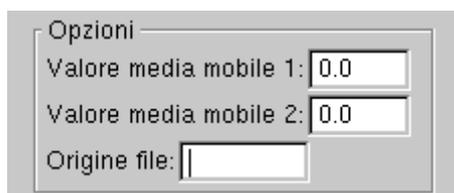
A sinistra abbiamo la schermata nera in cui, una volta selezionata la serie storica da esaminare, appariranno i 4 grafici.

A destra abbiamo invece un menù contenente i dati dell'analisi che verrà eseguita sul file.

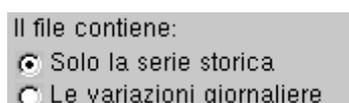
Entrando nel dettaglio il menù "opzioni" sarà composto da:



Un campo Radio Button che fornire all'utente la possibilità di pulire la finestra di disegno o di permettere al calcolatore di disegnare.



Un pannello denominato "Opzioni" in cui l'utente dovrà inserire l'indirizzo e il nome dei FILE da esaminare (Es. c:\nasdaq.txt) e potrà selezionare i due valori della media mobile su cui verrà creato un grafico e offerto un suggerimento sulle operazioni finanziarie da eseguire.



Il Software in questione è in grado di gestire due tipologie di file in ingresso:

- La prima tipologia conterrà unicamente i dati della serie storica alla chiusura (o all'apertura) delle borsa. In questo caso il programma non

fornirà il valore della volatilità e non mostrerà il grafico dell'andamento delle variazioni giornaliere.

- La seconda tipologia conterrà sia i valori della serie storica alla chiusura (o all'apertura) della borsa, sia i rispettivi massimo e minimo giornalieri che permetteranno di calcolare la "variazione giornaliera", dato fondamentale per poter calcolare la volatilità e per poter mostrarne il grafico.



Il Bottone "Calcola" eseguirà tutte le operazioni fattibili con i dati forniti e mostrerà a schermo i valori e i grafici esatti risultanti.

Un riquadro grigio con il titolo "Risultati" in alto a sinistra. Contiene sei campi di input con i seguenti valori: "I valori nella serie sono" (0), "Il coefficiente di HURST e": (0.0), "La percentuale di volatilità e": (0.0), "Il valore massimo e": (0.0), "Il valore minimo e": (0.0), "Media mobile istantanea1:" (0.0), "Media mobile istantanea2:" (0.0).

Nel pannello "Risultati" sono contenuti i risultati di tutti i calcoli eseguito dal programma.

Per prima cosa viene evidenziato il numero di dati presenti nella serie storica in esame.

Poi viene definito il valore del coefficiente di Hurst, calcolato con gli appositi calcoli affrontati nella tesi.

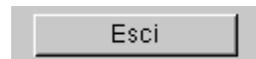
Nel terzo campo viene mostrata la percentuale di volatilità nel caso il file scelto contenga i massimi e i minimi giornalieri. Questo valore fornirà all'utente informazioni sulle possibilità di guadagno e perdita di quel titolo.

A titolo informativo il programma mostrerà il valore massimo e quello minimo presenti nella serie storica.

Inoltre, nel caso l'utente avesse scelto due valori per le medie mobili, a schermo verrà mostrato il valore all'istante finale delle due medie mobili.

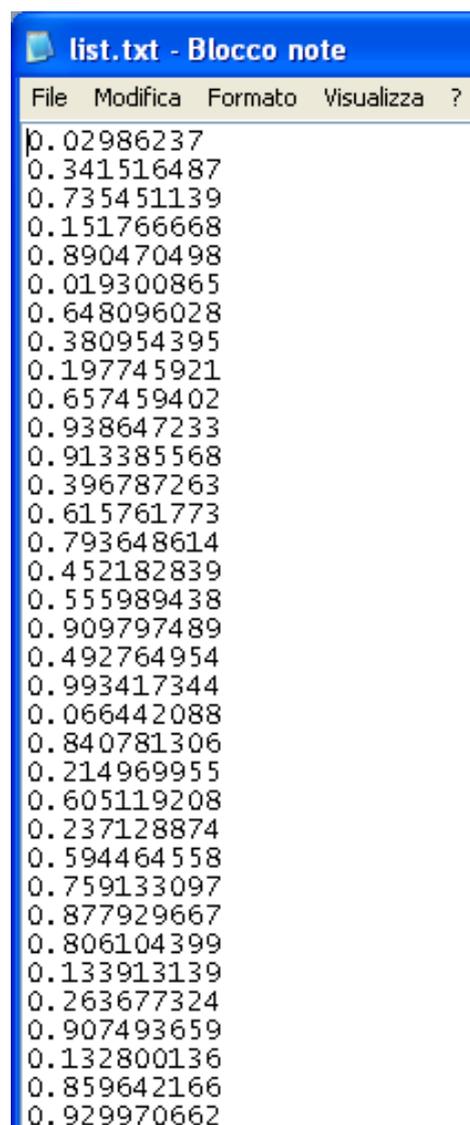


Se l'utente avrà inserito i due valori delle medie mobili, il calcolatore sarà in grado di dare un suggerimento utile sulla prossima operazione finanziaria da seguire.



Alla pressione sul bottone "Esci" il programma si chiuderà.

La tipologia di file che il calcolatore processerà deve avere una di queste due strutture:



In questo caso, riga dopo riga, abbiamo unicamente i dati di una serie storica giorno per giorno (o ad intervalli scelti dall'utente).

dow.txt - Blocco note			
File	Modifica	Formato	Visualizza ?
12022.54	12188.31	11881.03	
12158.68	12212.33	11947.07	
12269.65	12378.67	12114.14	
12306.86	12381.44	12139.79	
12144.59	12376.72	12096.23	
12089.63	12337.72	12041.43	
12286.34	12317.20	12029.46	
12277.71	12425.98	12116.58	
12210.13	12406.36	12102.50	
12602.74	12602.74	12180.50	
12388.81	12652.81	12358.07	
12391.86	12540.37	12283.74	
12503.20	12620.98	12317.61	
12637.67	12645.40	12385.76	
12647.36	12750.84	12555.60	
12593.87	12760.21	12493.47	
12542.90	12693.77	12437.38	
12479.63	12626.84	12397.56	
12620.90	12637.43	12420.20	
12597.69	12743.68	12515.78	
12824.94	12926.71	12550.39	
13026.04	13026.04	12742.29	
12985.41	13170.97	12899.19	
12992.74	13069.52	12860.60	
12891.29	13028.16	12798.39	
12825.12	13037.44	12806.21	
12872.08	12957.65	12716.16	
12768.38	12903.33	12746.36	
12860.68	12871.75	12648.09	
12814.84	12965.95	12727.56	
13010.82	13097.77	12756.14	
12968.89	13071.07	12817.53	
13056.57	13105.75	12896.50	
13012.53	13191.49	12931.35	
12818.34	13079.94	12721.94	
12831.45	13052.91	12746.45	
12870.37	12970.27	12737.82	

In questo secondo caso invece avremo 3 dati per ogni osservazione. In particolare il primo dato sarà il valore della serie storica alla chiusura (o all'apertura), il secondo dato sarà il valore massimo raggiunto nella giornata e il terzo dato sarà il valore minimo giornaliero.

Le due tipologie saranno elaborate dopo aver selezionato a schermo la categoria in cui rientrano.

In entrambi i casi i file dovranno avere la stessa struttura:

- 1) Essere file di testo prodotti con il notepad o comunque compatibili.
- 2) Avere il simbolo “ . “ (punto) come divisore decimale.

E' stata scelta questa struttura per semplificare la trasformazione di serie storiche reperibili su internet. In questo caso infatti sarà sufficiente un copia/incolla per avere nel proprio file tutto il necessario per eseguire i calcoli.

7.1. Programma in esecuzione

Una volta selezionato un file compatibile e aver cliccato sul tasto CALCOLA, le nostre due finestre si mostreranno in modo simile a come segue:

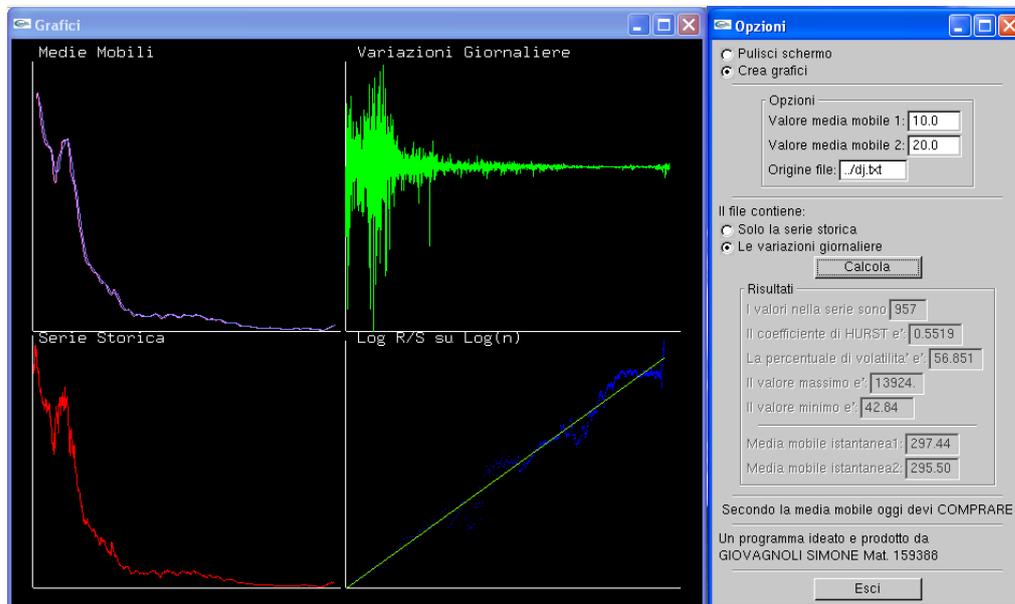


Figura 39 Esempio di programma in esecuzione con una serie storica del Dow Jones

NELLA FINESTRA "Grafici" AVREMO:

Grafico 1) Medie mobili selezione dall'utente

Grafico 2) Andamento della variazione giornaliera fornita dall'utente

Grafico 3) Andamento della serie storica in oggetto

Grafico 4) $\log(R/S)$ su $\log(N)$. Qui è evidenziata la retta di regressione definita dal calcolo del coefficiente di Hurst

MENTRE NELLA FINESTRA "Opzioni" AVREMO:

Il numero di valori presi in esame

Il valore del coefficiente di Hurst calcolato seguendo la teoria in questa tesi

La volatilità del titolo in esame

Il valore più alto della serie storica in esame

Il valore più basso della serie storica in esame

I valori istantanei delle due medie mobili in esame

Un suggerimento affidabile sul come gestire i propri investimenti basandosi sui valori delle medie mobili fornite dall'utente

Il programma è stato creato tramite il linguaggio c++ con l'utilizzo di:

Librerie OPENGL per la creazione dei grafici

Librerie GLUI per gestione delle finestre e quindi del menù

Oltre a offrire risultati a schermo, verranno creati, nella cartella in cui è presente il file eseguibile, i seguenti file:

“logrs.txt” File contenente i valori del $\log(R/S)$ per campioni di dati che partono da 10 per arrivare al totale dei valori presenti nella serie storica in esame.

“mediamobile1.txt” File contenente i valori del titolo sfruttando la regola delle medie mobili e i dati forniti dall'utente nel campo “Valore media mobile 1”.

“mediamobile2.txt” File contenente i valori del titolo sfruttando la regola delle medie mobili e i dati forniti dall'utente nel campo “Valore media mobile 2”.

“Controllo.txt” File contenente i valori di $\text{LOG}[N]$ e $\text{LOG}[R/S]$ nello stesso documento.

“Serie.txt” File creato nel caso venga trattato un file con le variazioni giornaliere. In questo nuovo file verranno messi unicamente i valori della serie storica per semplificare i calcoli all'elaboratore.

“Variazionegiornaliera.txt” Questo file, creato solo se trattiamo un file con le variazioni giornaliere, contiene la differenza tra il valore massimo e il valore minimo giornaliero.

Per quanto riguarda il calcolo delle medie mobili, il calcolo effettuato dal programma è semplice:

dati due valori in ingresso di grandezza n e $n1$, essi verranno utilizzati per calcolare le medie dei valori della serie storica ogni n e $n1$ valori. Il grafico risultante dalla nuova serie storica formata da medie mobili sarà visibile nel quadrante 1.

Nell'immagine un esempio di media mobile a 15 e 40 giorni del titolo Dow Jones.

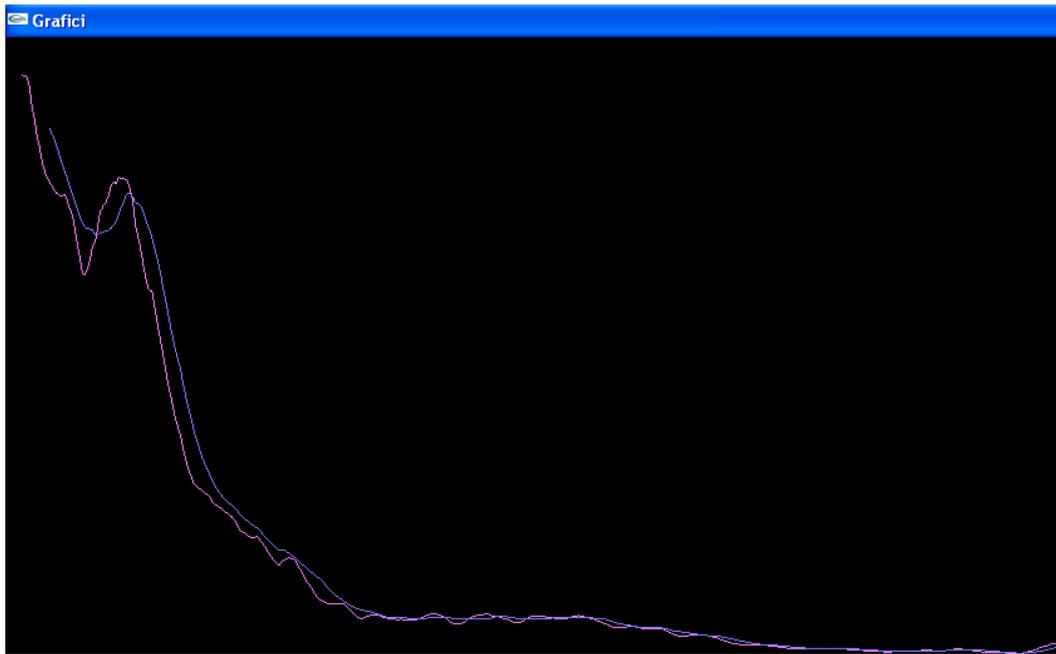


Figura 40 Esempio di medie mobili a 15 e 40 giorni

7.2. Esempi funzionali dei metodi presentati in questa tesi

Sfruttando il programma allegato a questa tesi è possibile mostrare le tecniche evidenziate nella tesi.

COEFFICIENTE DI HURST

Il coefficiente di Hurst è utile per trovare delle tendenze nell'andamento dei titoli di borsa.

Se consideriamo i valori del titolo Nasdaq per 501 osservazioni negli ultimi anni troveremo il seguente risultato:

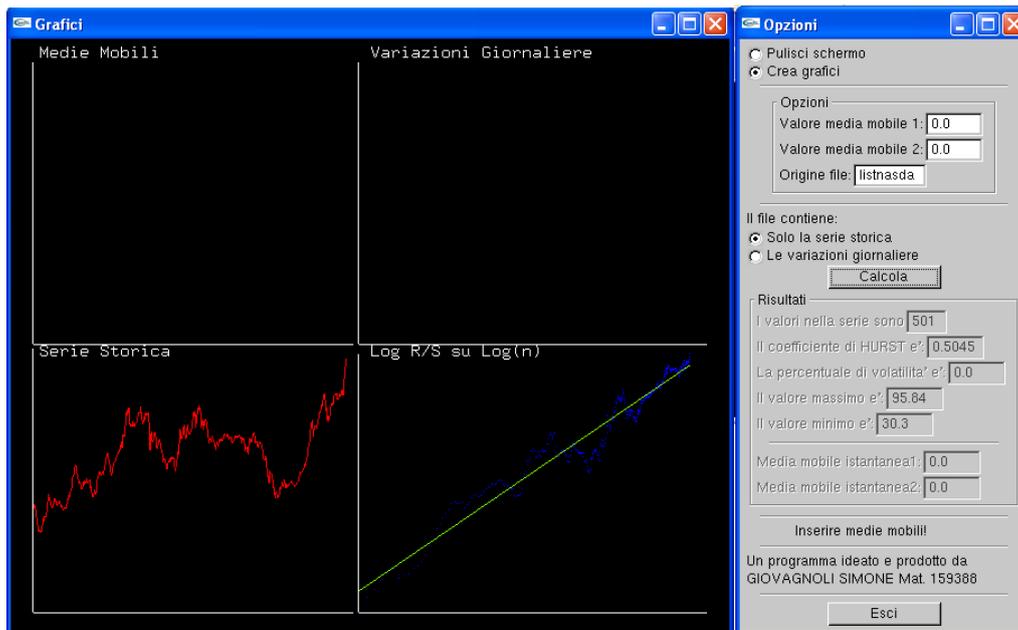


Figura 41 Analisi del titolo Nasdaq

Il valore calcolato del coefficiente di Hurst è 0.5045, che rappresenta un valore casuale.

Infatti, come è visibile dal grafico dell'andamento, ci sono evidenti sbalzi che rendono l'osservazione del periodo selezionato particolarmente inadatto per azzardare acquisti.

Un caso particolare può essere l'utilizzo di valori casuali prodotti dal computer.

Tramite la funzione CASUALE() di Excel per 200 valori, i risultati raggiunti sono i seguenti:

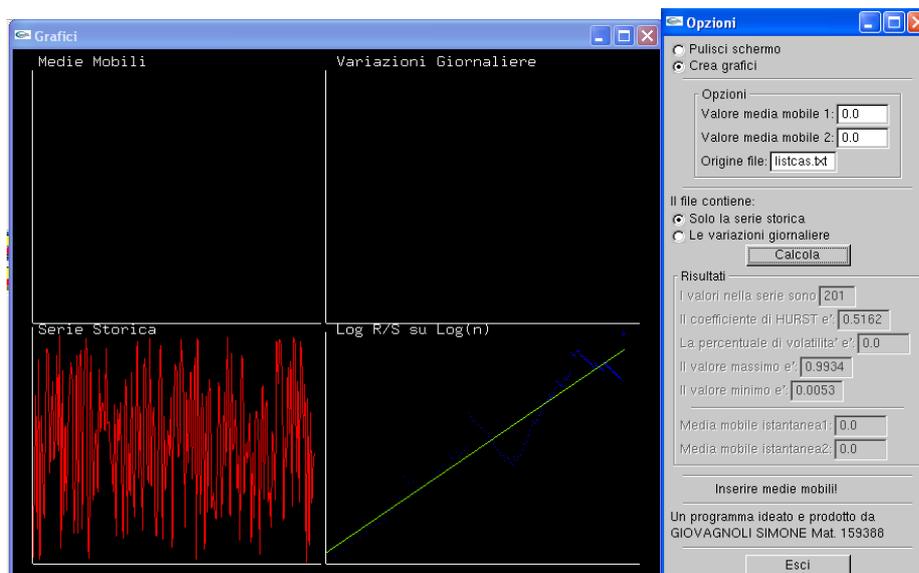


Figura 42 Analisi di una serie con valori casuali prodotti con Microsoft Excel

Anche in questo caso i risultati rispettano le aspettative, e il valore di Hurst rimane vicino a 0.50.

Tuttavia non abbiamo la casualità totale per il semplice motivo che la funzione di Excel per produrre numeri casuali, non è affatto casuale, ma basa il proprio valore su un algoritmo dettato dal timer del computer.

Studiando invece una curva creata sommando 2 onde sinusoidali con soli 180 valori, il risultato è questo:

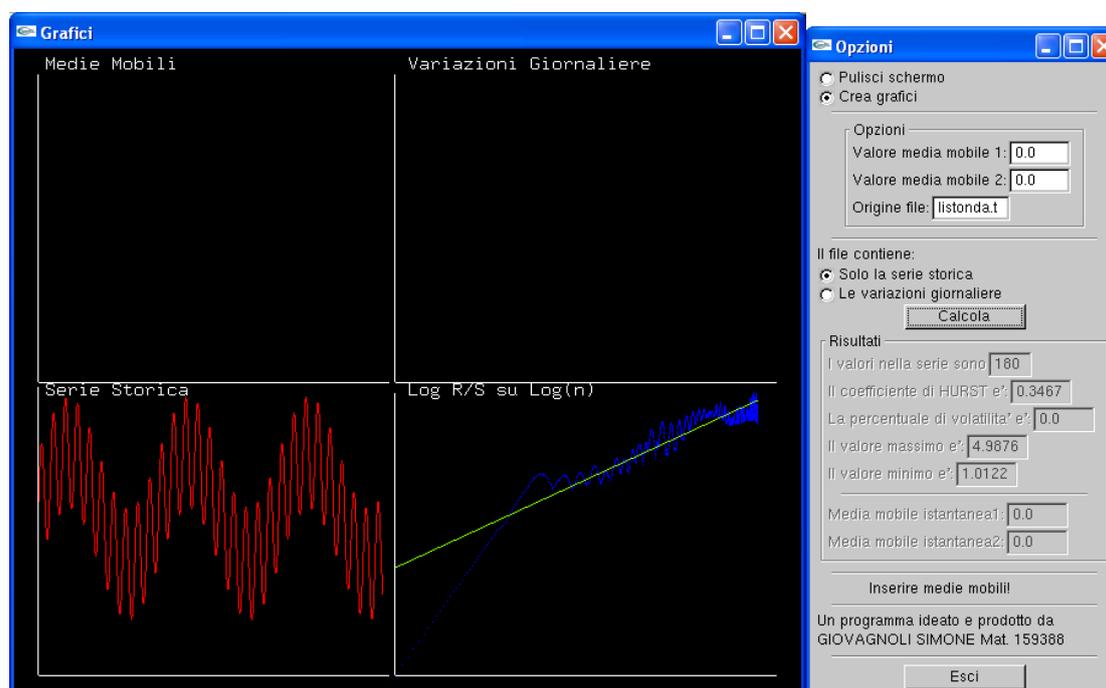


Figura 43 Analisi della somma di due onde sinusoidi. Il risultato di H indica antipersistenza poi che, effettivamente, pur essendo un ciclo ben definito, mostra una antipersistenza.

Questo è un caso particolare perché, dal momento che la curva è composta da 2 funzioni cicliche ben definite, sarebbe lecito aspettarsi un H prossimo al valore 1, quindi altamente prevedibile.

Tuttavia entra in gioco il fattore ANTIPERSISTENZA (vedi capitolo 6.6).

Se da un lato le due onde sommate sono prevedibili e visibili anche ad occhio nudo, il calcolatore basa i suoi calcoli sui valori datogli in ingresso. Guardando soltanto dei numeri diventa evidente come questo grafico non offra unicamente dei cicli visibili ma anche un sistema altamente antipersistente. Esso infatti varia continuamente il proprio stato, salendo e scendendo di valore continuamente.

Un esempio evidente invece di PERSISTENZA, e quindi di alta prevedibilità, senza dubbi è la RETTA.

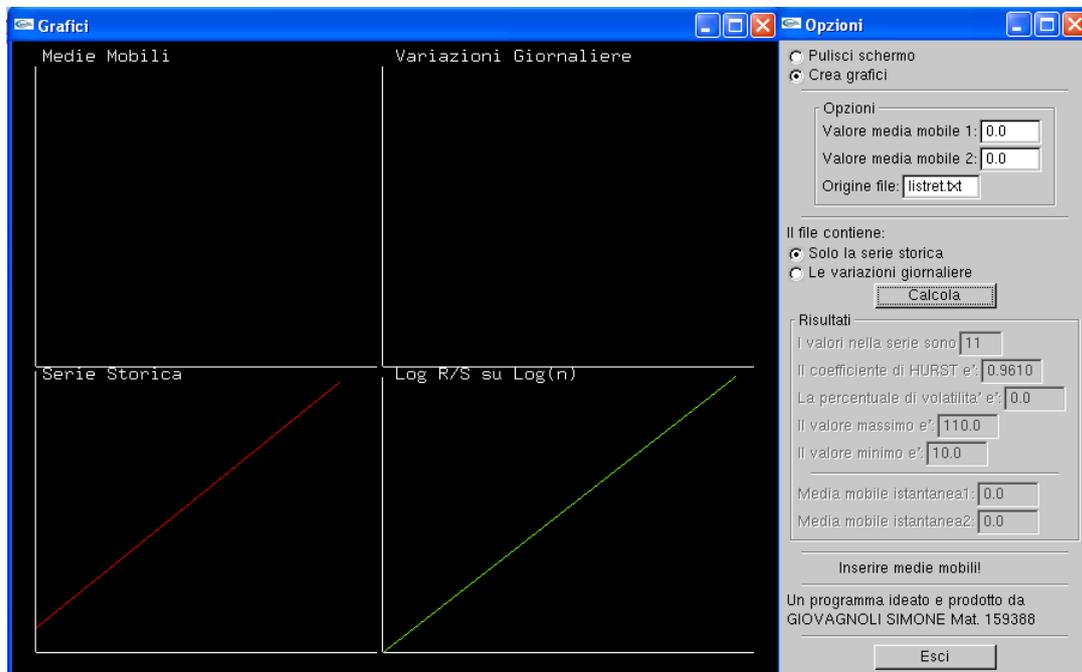


Figura 44 Analisi di una retta. Come è lecito aspettarsi il valore di H è vicino al valore 1

Qua i risultati non sbagliano e rispettano ciò che tutti si aspetterebbero:

il valore del coefficiente di HURST è uguale a 0.9610, un numero talmente vicino a 1 da togliere ogni dubbio sulla tendenza di questi dati.

Se esistesse un titolo con questi dati, probabilmente, saremmo tutti ricchi.

CONCLUSIONE

Grazie alle spiegazioni teoriche sulle tecniche frattali per lo studio dell'andamento finanziario è ora possibile effettuare previsioni credibili e piuttosto affidabili.

Le ricerche effettuate sulle medie mobili e la volatilità hanno dimostrato la loro efficacia nel fornire al lettore un potente strumento per tentare un primo approccio nel mondo della Borsa.

Con l'implementazione e l'utilizzo del software descritto e fornito in queste pagine, l'utente è in grado di conoscere il valore del coefficiente di Hurst della serie storica in esame, potendo così valutare le tendenze del mercato. Inoltre il calcolo della volatilità offre una visione chiara dei rischi e vantaggi che si possono correre investendo su un particolare titolo. In aggiunta, il programma ci fornisce a parole un suggerimento sulla prossima azione da compiere sfruttando il calcolo delle medie mobili. Ogni funzione di questo programma oltre a fornire un preciso valore numerico ne mostra anche una chiara visione grafica.

Dovrebbe ora risultare evidente come i frattali facciano inevitabilmente parte della nostra vita, sia che li conosciamo, sia che li ignoriamo. Essi infatti non appartengono solo alla natura che ci circonda, ma anche a quella umana, dettando le regole anche nella musica.

Si ritiene che il qualche modo i frattali abbiano delle corrispondenze con la struttura della mente umana, per questo la gente li vede così familiari e dalla loro scoperta son entrati prepotentemente all'interno di argomentazioni "artificiali" come le telecomunicazioni, la computer grafica, l'arte e la previsione dei cicli di Borsa.

Grazie ai frattali oggi sembra che si stia avverando la profezia di Majorana, il grande fisico siculo degli anni '30, che intravide una base comune tra la fisica e le scienze sociali come l'economia.

Inoltre, i frattali sono strettamente collegati all'idea di bellezza e di eleganza, eppure fino a poco tempo fa non esisteva un termine per definire questo tipo di forme presenti in natura.

BIBLIOGRAFIA

- [MAN67] B. Mandelbrot, How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension, Science, 1967
- [MAN82] B. Mandelbrot, The Fractal Geometry of Nature, W. H. Freeman & Co, 1982
- [MAN87] B. Mandelbrot, Gli oggetti frattali: forma, caso e dimensione; Einaudi, 1987
- [MAN90] B. Mandelbrot, La geometria della natura, Teorhia, 1990
- [MAN01] B. Mandelbrot, Nel mondo dei frattali; Di Renzo Editore, Roma, 2001
- [MAN04] B. Mandelbrot, Il disordine dei mercati: Una visione frattale di rischio, rovina e redditività, Einaudi 2005
- [CMN87] M. Corazza – A.G. Malliaris – C. Nardelli, Searching for Fractal Structure in Agricultural Futures Markets, Journal of Futures Markets, 1987
- [PET89] E. E. PETERS, Fractal Structure in the Capital Markets; Financial Analysts Journal, 1989
- [PET91] E. E. PETERS, A Chaotic Attractor for the S&P 500, Financial Analysts Journal, 1991
- [PET91] E. E. PETERS, Chaos and Order in the Capital Market; Willey Finance Edition, 1991
- [PET92] E. E. PETERS, R/S Analysis Using Logarithmic Returns; Financial Analysts Journal, 1992
- [PET94] E. E. PETERS, Fractal Market Analysis, Willey Finance Edition, 1994
- [FAM95] E. F. Fama, Random Walks in Stock Market Prices, Financial Analysts Journal 1995
- [COP01] F. Coppola, La teoria dei frattali e la previsione dei cicli di Borsa, Corsari, Italia, 2001

BIBLIOGRAFIA

<http://www.performancetrading.it/>

<http://www.saperinvestire.it/>

<http://www.miorelli.net/frattali/>

<http://www.frattali.it/>

<http://digilander.libero.it/pnavato/frattali/>

<http://www.frattali.it/introduzioneaifrattali.htm>

<http://www.finanzaonline.com>

<http://www.collettivamente.com>

<http://www.tradingprofessionale.it>

```
/*          SOFTWARE PER TESI di GIOVAGNOLI SIMONE

          Matricola 159388

          Relatore Anna Maria Montanari
```

```
          PROGRAMMA PER L'ANALISI E LA PREVISIONE DELL'ANDAMENTO
          FINANZIARIO DI TITOLI BORSISTICI
```

```
*/
```

```
#include <windows.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <gl/glut.h>
```

```
#include <gl/gl.h>
```

```
#include <iostream.h>
```

```
#include <fstream.h>
```

```
#include <gl/glu.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <time.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
int contatore;          // Variabile contenente il numero di dati presenti nella serie
storica
```

```
int ciclo;             // Variabile contenente il numero di dati considerati ad ogni
iterazione per la regressione
```

```
float datomax;         // Variabile contenente il valore massimo della serie storica
```

```
float datomin;         // Variabile contenente il valore minimo della serie storica
```

```
float medialogs;       // Variabile contenente il valore della media dei valori di LOG(R/S) per
trovare la retta di regressione
```

```
float medialogn;       // Variabile contenente il valore della media dei valori di LOG(n) per
trovare la retta di regressione
```

```
int cont;              // Contatore fondamentale per trovare la retta di regressione
```

```
float volatilita=0;    // Contiene la percentuale di volatilità
```

```

float highest, lowest; // Variabili contenenti i valori massimo e minimo della variazione
giornaliera su tutta la serie

int bottonepremutato=0; // Se =1 il bottone è appena stato premuto ed è possibile eseguire le
operazioni richieste

float sopra, sotto; // Nominatore e denominatore della formula per trovare il coefficiente
angolare della retta di regressione

float hurst; // Coefficiente angolare della retta di regressione, ossia H

float q; // Valore di Q della retta di regressione

float mediamobileiniziale, mediamobileconfronto; // Variabili contenenti i valori scelti dall'utente per le medie
mobili

int sceltaradiobutton; // Se =0 schermo vuoto Se =1 deve disegnare

char flag; // Controllore della scelta del radioButton, permette di cancellare
l'immagine a schermo

char flag2; // Controllore della scelta del radioButton, contiene
l'informazione sul tipo di file scelto

char path[]="dj.txt"; // Variabile contenente il path del file contenente la serie storica da considerare

GLUI_EditText *mediamobilein, *mediamobilecon, *mmistant1, *mmistant2, *pathfile, *valhurst; //
Inizializzazione del menù glui

GLUI_EditText *totale, *mediamenu2, *mediamenu1, *mediamenu, *minmenu, *maxmenu, *volat;
// Inizializzazione del menù glui

GLUI_StaticText *previsione; // Inizializzazione del
menù glui

GLUI_RadioGroup *radio, *radio2; // Inizializzazione del menù glui

GLUI_Panel *pannello1, *pannello2; // Inizializzazione del menù glui

enum
{

```

```

QUIT_BUTTON // Funzione necessaria per rendere operativo il Tasto QUIT
};

float mediamobileistantanea1=0; //Variabile contenente il dato della media mobile all'ultimo istante
considerato

float mediamobileistantanea2=0; //Variabile contenente il dato della media mobile all'ultimo istante considerato

float mediar; //Valore temporaneo della media per calcolare R/S

int button, button2, button3; // Variabile per rendere attivi i tasti

int finestra; // Variabile che identifica la finestra GLUT

void calcolatutto(int arg); // Inizializzazione della funzione principale attivata alla pressione del tasto Calcola
//float calcolaRS(float * tempserie, int contatore2);

/* Funzione invocata quando la finestra viene ridimensionata (anche quando viene creata) */
void resize (int width, int height)
{
    glViewport (0, 0, width, height); // Usiamo tutta finestra
    glMatrixMode (GL_PROJECTION); // Seleziona di usare la matrice 'PROJECTION'
    glLoadIdentity (); // Resetta la matrice 'PROJECTION'
    glMatrixMode (GL_MODELVIEW); // Seleziona di usare la matrice 'MODELVIEW'
    glLoadIdentity (); // Resetta la matrice 'MODELVIEW'
}

//Funzione che organizza i flag a seconda delle scelte effettuate nel radioButton
void cosadisegnare(int value)
{
    switch(button){
        case 0:

```

```

        flag='h';
        break;
    case 1:
        flag='a';
        break;
    }
}

```

//Funzione che organizza i flag a seconda delle scelte effettuate nel radioButton

```
void tipofile(int value)
```

```

{
    switch(button3){
        case 0:
            flag2='s';
            break;
        case 1:
            flag2='v';
            break;
    }
}

```

//Funzione che conta il numero di valori di cui è composta la serie storica e setta anche il valore max e minimo di questa serie

// che tornerà utile durante la creazione del grafico

```

int contavalori(){
    float dato;
    datomax=-999999999;
    datomin=999999999;
}

```

```

contatore=0;

ifstream conta(path);

if(!conta)

    cout<<"\n Impossibile aprire il file";

else{

    while((conta>>dato)!=NULL){

        contatore++;

        if (datomax<dato)

            datomax=dato;

        if (datomin>dato)

            datomin=dato;

        if(flag2=='v'){

            conta>>dato;

            conta>>dato;

        }

    }

}

conta.close();

return contatore;

}

//Funzione che restituisce il contenuto del file con la serie storica

float * caricafile(){

    float * serie=new float [contatore];

    float * high=new float [contatore];

    float * low=new float [contatore];

    float highest1, lowest1;

    highest=0;

```

```

lowest=0;

highest1=0;

lowest1=0;

ifstream lettura(path);

ofstream scrittura1("serie.txt");

ofstream scrittura2("variazionegiornaliera.txt");

for (int ind=0;ind<contatore;ind++){

    lettura>>serie[ind];

    scrittura1<<serie[ind]<<"\n";

    if(flag2=='v'){

        lettura>>high[ind];

        lettura>>low[ind];

        scrittura2<<high[ind]-low[ind]<<"\n";

        highest1=high[ind]-serie[ind];

        lowest1=low[ind]-serie[ind];

        if (highest<highest1)

            highest=highest1;

        if (lowest>lowest1)

            lowest=lowest1;

    }

    if (datomax<serie[ind])

        datomax=serie[ind];

    if (datomin>serie[ind])

        datomin=serie[ind];

}

lettura.close();

```

```

scrittura1.close();

scrittura2.close();

//La funzione restituisce la serie caricata da file
return serie;

}

// Funzione che Calcola la volatilità della serie storica tramite l'analisi delle variazioni giornaliere
void trovavolatilita(){

    int ind;

    float media=0;

    float variazione[22];

    volatilita=0;

    ifstream lettura2("variazionegiornaliera.txt");

    for(ind=0; ind<22; ind++){

        lettura2>>variazione[ind];

        media=media+variazione[ind];

    }

    media=media/ind;

    lettura2.close();

    cout<<"\n il valore atteso e': "<<media<<"\n";

    // Di seguito verrà calcolata la Deviazione Standard

    float devstand=0;

```

```

//      for(ind=contatore-21;ind<contatore;ind++){
for(ind=0;ind<22;ind++){

        devstand=devstand+((variazione[ind]-media)*(variazione[ind]-media));

    }

    devstand=devstand/ind;

    //devstand=devstand/contatore;

    devstand=sqrt(devstand);

    cout<<"\n deviazione: "<<devstand<<"\n";

    // Di seguito la formula per calcolare la volatilità

    volatilita=(devstand/media)*100;

}

//Funzione che, data la serie storica e il totale dei suoi componenti da analizzare, restituisce il valore di RS

float calcolaRS(float * tempserie, int contatore2){

    int ind;

    contatore2=contatore2-1;

    float * serie=new float[contatore2];

    //Calcolo il rendimento, poichè i conti si fanno sul valore del rendimento

    for(ind=0;ind<contatore2;ind++){

        serie[ind]=(tempserie[ind+1]/tempserie[ind]);

    }

    //ESEGUO TUTTI I CALCOLI NECESSARI PER CALCOLARE IL VALORE DI R/S

    //////////////////////////////////////

```

```

mediar=0;

//Calcolo la media dei rendimenti della serie storica
for(ind=0;ind<(contatore2);ind++){
    mediar=mediar+serie[ind];
}
mediar=mediar/(contatore2);

//Terzo passaggio: secondo valore diviso il primo(primo passaggio) meno la media (secondo passaggio)
float * passaggio3= new float [contatore2];

for(ind=0;ind<contatore2;ind++){
    passaggio3[ind]=serie[ind]-mediar;
}

//Quarto passaggio: primo valore del passaggio3 più secondo valore. Poi questa somma sommata al
secondo valore del passaggio3, e così via
float * passaggio4= new float [contatore2];
passaggio4[0]=passaggio3[0];
for(ind=1;ind<contatore2;ind++){
    passaggio4[ind]=(passaggio4[ind-1]) + passaggio3[ind];
}

//quinto passaggio:CALCOLO R cerco il massimo e il minimo del passaggio 4 e li sottraggo tra di loro
float max, min;
max=passaggio4[0];
min=passaggio4[0];
for(ind=0;ind<contatore2;ind++){
    if(passaggio4[ind]>max)
        max=passaggio4[ind];
    if(passaggio4[ind]<min)
        min=passaggio4[ind];
}

```

```

    }

    float totale=max-min;

    // sesto passaggio: calcolo la deviazione standard S tra i valori seriediv2 del primo passaggio

    // per ogni valore prendo il valore, gli sottraggo la media dei totali già calcolata e divido la somma di
    tutti per il totale dei valori

    float deviazione;

    float temp=0;

    for(ind=0;ind<contatore2;ind++){

        temp=temp+((serie[ind]-(mediar))*(serie[ind]-mediar));

    }

    temp=temp/contatore2;

    deviazione=sqrt (temp);

//Settimo passaggio: calcolo R/S

    float rs=totale/deviazione;

    return log10(rs); // Restituisco LOG(R/S)

}

//Funzione che, a partire da un sottocampione di valori, chiama la funzione che calcola RS
float * calcolaCampioniHurst(float * serie){

    int ind;

    medialogrs=0;

    medialogn=0;

    sopra=0;

```

```

sotto=0;

float xy=0;

float sumxy=0;

float xquad=0;

float summxquad=0;

cont=0;

ofstream scrivi("logrs.txt"); // Stampo su file tutti i valori di LOG(R/S) dei sottocampioni

float * seriehurst= new float[contatore-10];

for(ind=9; ind<(contatore);ind++){

    seriehurst[ind-9]=calcolaRS(serie,ind+1);

    scrivi<<seriehurst[ind-9]<<"\n";

    cont++;

    medialogrs=medialogrs+seriehurst[ind-9];

    medialogn=medialogn+log10(ind+1);

    xy=seriehurst[ind-9]*log10(ind+1);

    sumxy=sumxy+xy;

    xquad=log10(ind+1)*log10(ind+1);

    summxquad=summxquad+xquad;

}

scrivi.close();

//Trovo H tramite la ricerca della retta di regressione

```

```

medialogrs=medialogrs/cont;

medialogn=medialogn/cont;

sopra=sumxy-(medialogrs*medialogn*cont);

sotto=summxquad-(medialogn*medialogn*cont);

hurst=sopra/sotto;          // La variabile globale HURST conterrà il valore di H

q=medialogrs - hurst*medialogn;

return seriehurst; // Restituisco la serie contenente i valori LOG(R/S)
}

// Funzione che calcola le medie mobili
void mediemobili(float * serie){

// Se l'utente ha scelto una media mobile verrà scritto su file ogni media mobile fino alla fine della serie

// Questo processo viene eseguito su entrambi i valori di media mobile selezionati
if (mediamobileiniziale>0 && mediamobileconfronto>0){

    int temp=0;

    int ind;

    float mediam;

    ofstream scrivimedia1("mediamobile1.txt");

    for(;;){

        mediam=0;

        if (mediamobileiniziale+temp>contatore)

            break;

        for(ind=temp;ind<mediamobileiniziale+temp;ind++){

            mediam=mediam+serie[ind];

        }

        mediam=mediam/mediamobileiniziale;

```

```

        scrivimedia1<<mediam<<"\n";

        temp=temp+1;

        mediamobileistantanea1=mediam;

    }

    //      All'interno di mediamobileistantanea1 e 2 avrò l'ultimo valore della media mobile
    // che utilizzerò per prevedere l'andamento del prossimo dato

    scrivimedia1.close();

    temp=0;
    ofstream scrivimedia2("mediamobile2.txt");

    for(;;){
        mediam=0;

        if (mediamobileconfronto+temp>contatore)
            break;

        for(ind=temp;ind<mediamobileconfronto+temp;ind++){
            mediam=mediam+serie[ind];
        }

        mediam=mediam/mediamobileconfronto;

        scrivimedia2<<mediam<<"\n";

        temp=temp+1;

        mediamobileistantanea2=mediam;

    }

    scrivimedia2.close();
}

```

```
}
```

```
// Funzione che permette di scrivere nella finestra OPENGL
```

```
void bitmap_output(int x, int y, int z, char *string, void *font)
{
    int len, i;

    glRasterPos3f(x, y, 0);

    len = (int) strlen(string);
    for (i = 0; i < len; i++)
    {
        glutBitmapCharacter(font, string[i]);
    }
}
```

```
// Funzione di disegno con OPENGL
```

```
void
```

```
draw ()
```

```
{
```

```
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
```

```
sceltaradiobutton=radio->get_int_val();
```

```
//Controllo se nel radiobutton è stato scelto di mostrare il grafico o avere la finestra vuota
```

```
if(flag=='h') // Pulisco lo schermo
```

```
{
```

```
glutMouseFunc(NULL);
```

```
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);
```

```
}
```

```

/*
//Disegno a schermo le scritte necessarie

glMatrixMode (GL_PROJECTION); // Seleziona di usare la matrice 'PROJECTION'

    glLoadIdentity();

    gluOrtho2D(0.0,640.0,0.0,640.0);

    glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT); // Cancella la scena

    glClearColor (0.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f); // Sfondo nero

bitmap_output(100,200,0, "Prova", GLUT_BITMAP_TIMES_ROMAN_24);

*/

if( bottonepremuto==1 && sceltaradiobutton==1) // Disegno i grafici
    {

        int ind;

        float * serie = new float [contatore];

        serie=caricafile();

        glMatrixMode (GL_PROJECTION); // Seleziona di usare la matrice 'PROJECTION'

        glLoadIdentity();

        gluOrtho2D(0.0,640.0,0.0,640.0);

        glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT); // Cancella la scena

        glClearColor (0.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f); // Sfondo nero

        glEnd (); // Fine triangolo

        glFlush(); //serve per assicurarsi che
tutti i dati siano stati elaborati e spediti al display

```

```

/////////DISEGNO IL PRIMO GRAFICO CONTENENTE IL GRAFICO DEI DATI
INSERITI/////////

```

```

glBegin (GL_LINE_STRIP);          // Disegna un triangolo
glColor3f (1.0f, 0.0f, 0.0f);     // Impostiamo il colore rosso

float ascissa;
ascissa=(320/((float)contatore));  // Fisso l'unità del mio grafico
float ordinata=320/(datomax);

for (ind=0; ind<contatore; ind++){

        glVertex2f ((ind*(ascissa)), serie[ind]*ordinata);    // Angolo in alto

}

glEnd ();                          // Fine triangolo

glFlush();                          //serve per assicurarsi che
tutti i dati siano stati elaborati e spediti al display

```

```

/////////DIVIDO LO SCHERMO IN 4 PARTI/////////

```

```

glBegin (GL_LINE_STRIP);
glColor3f (1.0f, 1.0f, 1.0f);
glVertex2f ((321), 0);
glVertex2f ((321), 640);
glEnd ();
glFlush();
glBegin (GL_LINE_STRIP);
glColor3f (1.0f, 1.0f, 1.0f);
glVertex2f ((0), 321);
glVertex2f ((640), 321);
glEnd ();
glFlush();

```

//////////DISEGNO IL SECONDO GRAFICO CONTENENTE I PUNTI LOGRS/LOGN e LA
RETTA DI REGRESSIONE ////////////

```
float * logn=new float [contatore-9];
float * logrs=new float [contatore-9];

// Leggo i dati del LOG(R/S) salvati in precedenza per poterli stampare
ifstream leggi("logrs.txt");

float logrsmax=-9999999999;
float lognmax=-9999999999;
float logrsmin=9999999999;
float lognmin=9999999999;

for(ind=9;ind<contatore;ind++){
    logn[ind-9]=log10(ind+1);
    leggi>>logrs[ind-9];

    if (lognmax<logn[ind-9])
        lognmax=logn[ind-9];
    if (logrsmax<logrs[ind-9])
        logrsmax=logrs[ind-9];
    if (lognmin>logn[ind-9])
        lognmin=logn[ind-9];
    if (logrsmin>logrs[ind-9])
        logrsmin=logrs[ind-9];
}

leggi.close();

ascissa=(315/(lognmax-lognmin));
ordinata=(315/(logrsmax-logrsmin));

glPointSize(1);
glBegin (GL_POINTS);
```

```

glColor3f (0.0f, 0.0f, 1.0f);    // Imposto il colore

// Scrivo su file LOG[N] e LOG[R/S] nello stesso file controllo.txt
ofstream scrivi("controllo.txt");

for (ind=0; ind<(contatore-9); ind++){

    glVertex2f ((logn[ind]*(ascissa)-(lognmin*ascissa))+324, ((logrs[ind]*ordinata)-
(logrsmin*ordinata)));

    scrivi<<logn[ind]<<" "<<logrs[ind]<<"\n";

}

scrivi.close();

glEnd ();    // Fine grafico

glFlush();    //serve per assicurarsi che
tutti i dati siano stati elaborati e spediti al display

/////////////////////////////////DISEGNO LA RETTA DI REGRESSIONE/////////////////////////////////

float ymax, ymin;

// Stampo la retta unendo il punto iniziale e finale della stessa
ymax=hurst*lognmax+q;
ymin=hurst*lognmin+q;

glBegin (GL_LINE_STRIP);

glColor3f (0.5f, 1.0f, 0.0f);

glVertex2f ((lognmin*(ascissa)-(lognmin*ascissa))+324, ((ymin*ordinata)-
(logrsmin*ordinata)));    // punto iniziale della retta

glVertex2f ((lognmax*(ascissa)-(lognmin*ascissa))+324, ((ymax*ordinata)-
(logrsmin*ordinata)));    // punto finale della retta

glEnd ();

glFlush();    //serve per assicurarsi che
tutti i dati siano stati elaborati e spediti al display

```

```
//////////////////////////////////DISEGNA LE MEDIE MOBILI//////////////////////////////////
```

```
mobili // Disegno le due medie mobili in alto a sinistra nel caso siano state selezionate delle medie
```

```
if (mediamobileiniziale>0 && mediamobileconfronto>0)
{
    glBegin (GL_LINE_STRIP);
    glColor3f (1.0f, 0.5f, 1.0f);

    float dato;
    ascissa=(320/((float)(contatore)));

    ordinata=320/(datomax);

    ifstream lettura1("mediamobile1.txt");

    //Disegno la prima media mobile
    for (ind=mediamobileiniziale; ind<contatore; ind++){
        lettura1>>dato;
        glVertex2f (((ind*ascissa)), dato*ordinata+320);    // Angolo in alto
    }

    lettura1.close();
    glEnd ();
    glFlush();

    //DISEGNO IL GRAFICO CON LA SECONDA MEDIA MOBILE SCELTA

    glBegin (GL_LINE_STRIP);
    glColor3f (0.5f, 0.5f, 1.0f);
    ascissa=(320/((float)(contatore)));
    ordinata=320/(datomax);
```

```

ifstream lettura2("mediamobile2.txt");

for (ind=mediamobileconfronto; ind<contatore; ind++){

    lettura2>>dato;

    glVertex2f (((ind*ascissa)), dato*ordinata+320);    // Angolo in alto

}

lettura2.close();

glEnd ();

glFlush();

}

```

////////////////////////////////////DISEGNO IL GRAFICO DELLA VARIAZIONE
 GIORNALIERA////////////////////////////////////

```

if(flag2=='v'){

    float max, min, storica;

    ascissa=(315/((float)contatore));

    ordinata=(315/(highest-lowest));

    glBegin (GL_LINE_STRIP);

    glColor3f (0.0f, 1.0f, 0.0f);    // Imposto il colore

    ifstream leggi(path);

    for (ind=0; ind<contatore; ind++){

        leggi>>storica;

        leggi>>max;

        leggi>>min;

        glVertex2f ((ind*ascissa)+322, ((max-storica)*ordinata)-
(lowest*ordinata)+324);

```

```

                                glVertex2f ((ind*ascissa)+322, ((min-storica)*ordinata)-
(lowest*ordinata)+324);

                                }

                                leggi.close();

                                glEnd ();                                // Fine grafico

                                glFlush();                                //serve per assicurarsi che tutti i dati siano
stati elaborati e spediti al display

                                }

                                }

                                glEnd ();

                                glFlush();

                                glutSwapBuffers ();                                // Disegna!

                                }

                                // Se si preme il tasto "q" il programma viene chiuso

                                void

                                keyPressed (unsigned char key, int x, int y)

                                {

                                if (key == 'q') // Se il tasto premuto e` q

                                        exit (0); // esce

                                }

                                // Funzionel principale invocata tramite la pressione del tasto CALCOLA

                                // La funzione, nel caso il file scelto esista, chiamerà le funzioni per eseguire tutti i calcoli richiesti

                                void calcolatutto(int control_id){

                                radio->set_int_val(1);

                                // Se il file non esiste o è illeggibile lo evidenzio con un MessageBox

                                ifstream leggo(path);

```

```

int controllo=0;

leggo>>controllo;

if(!leggo)
{
    MessageBox(NULL,"Il file non esiste o è illeggibile","CEvent",MB_OK);

    leggo.close();

    previsione->set_text("Il file selezionato non esiste");

// Se il file esiste chiamo le funzioni necessarie

}else{

    leggo.close();

        previsione->set_text("");

    int contatore, ind;

    contatore=contavalori();

    float * serie=new float [contatore];

    float * seriehurst=new float [ciclo];

    serie=caricafile();

    mediar=0;

    for(ind=0;ind<(contatore);ind++){

        mediar=mediar+serie[ind];

    }

    mediar=mediar/(contatore);

    seriehurst=calcolaCampioniHurst(serie);

    mediemobili(serie);

// Se ho un file contenente le variazioni giornaliere ne calcolo la volatilità

    volat->set_float_val(NULL);

    if(flag2=='v'){

```

```

        trovavolatilita();
    }

    // Aggiorno tutti i dati nella finestra di opzioni
    valhurst->set_float_val(hurst);
    totale->set_float_val(contatore);
    mediammenu2->set_float_val(mediamobileistantanea2);
    mediammenu1->set_float_val(mediamobileistantanea1);
    volat->set_float_val(volatilita);
    //
    mediamenu->set_float_val(mediar);
    minmenu->set_float_val(datomin);
    maxmenu->set_float_val(datomax);

    // Se le mediemobili sono state selezione sottraggo i valori delle mediemobili istantanee, ossia i
    valori più recenti

    // e dal risultato deduco se la prossima mossa da fare e comprare o vendere
    if (mediamobileiniziale>0 && mediamobileconfronto>0)
    {
        if((mediamobileistantanea1-mediamobileistantanea2)>0)
        {
            previsione->set_text("Secondo la media mobile oggi devi COMPRARE");
        }else{
            if((mediamobileistantanea1-mediamobileistantanea2)<0){
                previsione->set_text("Secondo la media mobile oggi devi
VENDERE");
            }
            else
                previsione->set_text("Le medie mobili sono uguali");
        }
    }else{
        previsione->set_text("Inserire medie mobili!");
        mediammenu2->set_float_val(NULL);
        mediammenu1->set_float_val(NULL);
    }
}

```

```

        }
        bottonepremuto=1;
    }
    //leggo.close();
}

// Funzione main, fondamentalemente contiene unicamente la gestione delle finestre
void
main (int argc, char **argv)
{

    glutInit (&argc, argv);          // Inizializza la libreria GLUT

    glutInitDisplayMode (GLUT_RGB|GLUT_DOUBLE); // Seleziona il modo di visualizzazione: usa
    RGB e double buffer

    glutInitWindowSize (640, 640);    // Imposta la dimensione della finestra a 640x480

    glutInitWindowPosition (0, 0);    // Imposta la posizione dell'angolo alto sinistro della finestra

    finestra=glutCreateWindow ("Grafici"); // Crea la finestra

    glutDisplayFunc (draw);           // Imposta la funzione di disegno

    glutReshapeFunc (resize);         // Imposta la funzione di ridimensionamento

    glutKeyboardFunc (keyPressed);    // Imposta la funzione per gli eventi della tastiera

    GLUT*glui=GLUI_Master.create_glui("Opzioni",0,613,5);

    //Aggiunge i Radio Button

    radio=glui->add_radiogroup(&button,0,cosadisegnare);

    glui->add_radiobutton_to_group(radio,"Pulisci schermo");

    glui->add_radiobutton_to_group(radio,"Crea grafici");

    glui->add_separator();

    // Aggiungo un pannello contenente i dati modificabili dall'utente

    pannello1=glui->add_panel("Opzioni",GLUI_PANEL_EMBOSSED);

```

```

mediamobilein=glui->add_edittext_to_panel(pannello1,"Valore media mobile
1:",GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&mediamobileiniziale);

mediamobilecon=glui->add_edittext_to_panel(pannello1,"Valore media mobile
2:",GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&mediamobileconfronto);

pathfile=glui->add_edittext_to_panel(pannello1,"Origine file:",GLUI_EDITTEXT_TEXT,&path);

glui->add_separator();

glui->add_statictext("Il file contiene:");

radio2=glui->add_radiogroup(&button3,0,tipofile);

glui->add_radiobutton_to_group(radio2,"Solo la serie storica");

glui->add_radiobutton_to_group(radio2,"Le variazioni giornaliere");

glui->add_button ("Calcola",button2, calcolatutto);

pathfile->set_text(path);

mediamobilein->set_float_val(mediamobileiniziale);

mediamobilecon->set_float_val(mediamobileconfronto);

// Aggiungo un pannello contenente i risultati dei calcoli
pannello2=glui->add_panel("Risultati",GLUI_PANEL_EMBOSSED);

totale=glui->add_edittext_to_panel(pannello2, "I valori nella serie sono
",GLUI_EDITTEXT_INT,&contatore);

valhurst=glui->add_edittext_to_panel(pannello2,"Il coefficiente di HURST e':
",GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&hurst);

volat=glui->add_edittext_to_panel(pannello2, "La percentuale di volatilita' e':
",GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&volatilita);

maxmenu=glui->add_edittext_to_panel(pannello2, "Il valore massimo e':
",GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&datomax);

minmenu=glui->add_edittext_to_panel(pannello2, "Il valore minimo e':
",GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&datomin);

glui->add_separator_to_panel(pannello2);

```

```

//mediamenu=glui->add_edittext_to_panel(pannello2,"La media dei dati
e':"GLUI_EDITTEXT_FLOAT,&mediar);

mediammenu1=glui->add_edittext_to_panel(pannello2,"Media mobile istantanea1:
",GLUI_EDITTEXT_FLOAT, &mediamobileistantanea1);

mediammenu2=glui->add_edittext_to_panel(pannello2,"Media mobile istantanea2:
",GLUI_EDITTEXT_FLOAT, &mediamobileistantanea2);

// Disabilito i textbox in modo da non permettere alcuna modifica

valhurst->disable();

totale->disable();

mediammenu2->disable();

mediammenu1->disable();

volat->disable();

minmenu->disable();

maxmenu->disable();

glui->add_separator();

previsione=glui->add_statictext("Inserire valori Media Mobile"); // Qua stampo il suggerimento del
programma per quanto riguarda le mediemobili

//Se la prima media mobile meno la seconda è maggiore di zero, allora devo comprare, altrimenti vendo

glui->add_separator();

glui->add_statictext("Un programma ideato e prodotto da");
glui->add_statictext("GIOVAGNOLI SIMONE Mat. 159388");
glui->add_separator();

glui->add_button ("Esci",0, exit); // Se premo il bottone Esci il programma si interrompe

```

```
pannello2->set_alignment(GLUI_ALIGN_CENTER);
```

```
previsione->set_alignment(GLUI_ALIGN_CENTER);
```

```
glui->set_main_gfx_window(finestra);
```

```
glutMainLoop ();           // Inizio
```

```
}
```

```
// GRAZIE PER L'ATTENZIONE
```