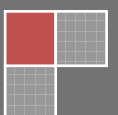


2008

Passato e futuro del prezzo del petrolio.

Crisi finanziaria dell'ottobre 2008: che fine ha fatto la bolla speculativa del petrolio?

La grande bolla speculativa che ha investito la quotazione del prezzo del petrolio in questi ultimi vent'anni sembra essere definitivamente scoppiata. Solo nella passata estate 2008 il prezzo del barile di petrolio sfiorava i 150\$, mentre ad oggi, ottobre 2008, lo stesso si è praticamente dimezzato. In questo lavoro indagheremo sulle cause che hanno permesso una quotazione così elevata, partendo dall'ipotesi che fluttuazioni così esagerate non possono trovare giustificazione esclusivamente in fenomeni di natura tecnica e geopolitica. Utilizzeremo metodi di meccanica statistica e dinamica non lineare, mostrando come qualcuno sicuramente sapeva già da tanto tempo e ha progettato il tutto affinché la bolla potesse essere gonfiata fino a queste dimensioni. Quale sarebbe stata la quotazione del petrolio se non fosse scoppiata la bolla speculativa? Secondo le nostre simulazioni esso avrebbe continuato ad impennarsi in modo anomalo e innaturale fino a toccare quota 170\$ entro la prima metà del 2012.



1. Introduzione

La nostra quotidianità è legata indissolubilmente al petrolio. Nel tempo in cui le energie alternative e rinnovabili faticano a trovare spazio nei pacchetti energetici dei vari governi, ora che Paesi emergenti come Cina e India avanzano a colpi di Pil l'anno quasi sempre a due cifre, la domanda dell'oro nero è tale da rendere legittimo chiedersi se nei prossimi anni potremo ancora usufruire di questa risorsa vitale e, soprattutto, a quale prezzo.

Gli analisti di tutto il mondo concordano col dire che la causa dell'impennata del prezzo del petrolio in questi anni è da attribuirsi all'incessante crescente richiesta a fronte di una offerta che sembra inesorabilmente essere sempre meno. Ma è veramente così? Il petrolio sta realmente finendo oppure c'è chi ci vuole far credere che sia così, magari per nascondere qualche losco piano? Noi cercheremo risposte utilizzando metodi di meccanica statistica, dimostrando che evidentemente qualcuno sapeva tutto già da tempi non sospetti, tanto da potersi permettere di decidere delle sorti dell'andamento del prezzo del barile di petrolio nel corso degli ultimi vent'anni.

Il gioco lo conoscono quasi tutti ed è fin troppo facile da capire. Qualche anno fa qualcuno si è accorto che Cina e India sarebbero cresciute vorticosamente prevedendo, come in realtà sta avvenendo, che la loro domanda di petrolio sarebbe aumentata a dismisura. Ecco allora che i grandi speculatori dell'oro nero si sono divertiti a far schizzar su i futures sul Brent, le opzioni sull'acquisto di barili di petrolio "di carta" (in quanto virtuali) con prezzo concordato in anticipo (in certi casi fin oltre dieci anni), sulla falsa convinzione che il gap tra domanda e offerta sarebbe stato sempre più ampio, poiché il petrolio, come sostengono loro, si esaurirà nel giro di pochi decenni.

E allora ecco pronte a partire "scommesse" addirittura decennali, che hanno avuto l'effetto di pilotare il prezzo del barile verso una forte ed inarrestabile ascesa, che ha visto toccare i suoi massimi nell'appena trascorsa estate 2008, arrivando a sfiorare i 150\$ al barile.

Perfino l'OPEC, che detiene la maggior parte del petrolio che immette quotidianamente sul mercato, fiutando l'affare miliardario, si è resa complice di questo complotto globale, lasciando che gli speculatori del Brent decidessero il prezzo del barile "reale".

Così la bolla speculativa è andata via via gonfiandosi, riempiendo le tasche di pochi e svuotando lentamente (non troppo) quelle di miliardi di persone in tutto il mondo.

Oggi, ottobre 2008, questa bolla speculativa sembra essere definitivamente scoppiata per effetto della crisi finanziaria globale, almeno così dicono gli esperti.

Ci sono, e li vedremo, chiari ed inequivocabili segnali secondo i quali, se la bolla non fosse scoppiata, il prezzo del barile avrebbe continuato la sua folle corsa al rialzo in maniera spropositata, fino a raggiungere quota 170\$ entro la prima metà del 2012. La nostra simulazione non si è voluta spingere oltre, un po' come si fa per le previsioni meteorologiche per non rischiare di banalizzare tutto il lavoro, ma a quanto pare il futuro non avrebbe promesso nulla di buono, soprattutto perché crediamo fortemente che il petrolio non sia una materia prima in via di esaurimento e che anzi nel prossimo futuro continueremo ad usarla quasi esclusivamente come unica fonte energetica, ma a prezzi probabilmente molto alti, in tutti i sensi.

Come vedremo fra poco, i segnali di questa inarrestabile e fortunatamente mancata (per ora) impennata sono scritti nella storia passata e presente della quotazione del petrolio.

2. L'analisi delle variabili nascoste

Abbiamo analizzato un database di quotazioni riguardanti il "Crude Oil Spot Prices", dal 2 gennaio 1986 al 13 maggio 2008, registrate a frequenza giornaliera per un totale di 5749 dati. I dati sono stati forniti dal U.S. Department of Energy (Energy Information Administration – EIA), e sono disponibili on-line al sito <http://www.eia.doe.com>.

La frequenza giornaliera dei dati ci permette di costruire una scala temporale arbitraria, formata da singole unità giornaliere. Per questo motivo non ci è stato possibile procedere all'analisi degli addensamenti dei perfezionamenti dei singoli contratti di compravendita, ma siamo portati a credere che tali fenomeni sono del tutto influenti rispetto al tipo di analisi che ci accingiamo ad effettuare.

Dalla serie temporale dei dati a disposizione, che per semplicità chiamiamo $x(t)$, dove con t indichiamo la singola unità temporale, cerchiamo di estrarre alcune variabili nascoste che ci daranno una misura delle "anomalie" presenti nell'andamento temporale delle quotazioni in esame. Per anomalie intendiamo gli stati critici del sistema, ossia quei forti scostamenti dall'aspettato teorico andamento stocastico, indice di mercato fluido e corretto.

Nella figura 2.1 mostriamo l'andamento temporale della quotazione del prezzo del petrolio.

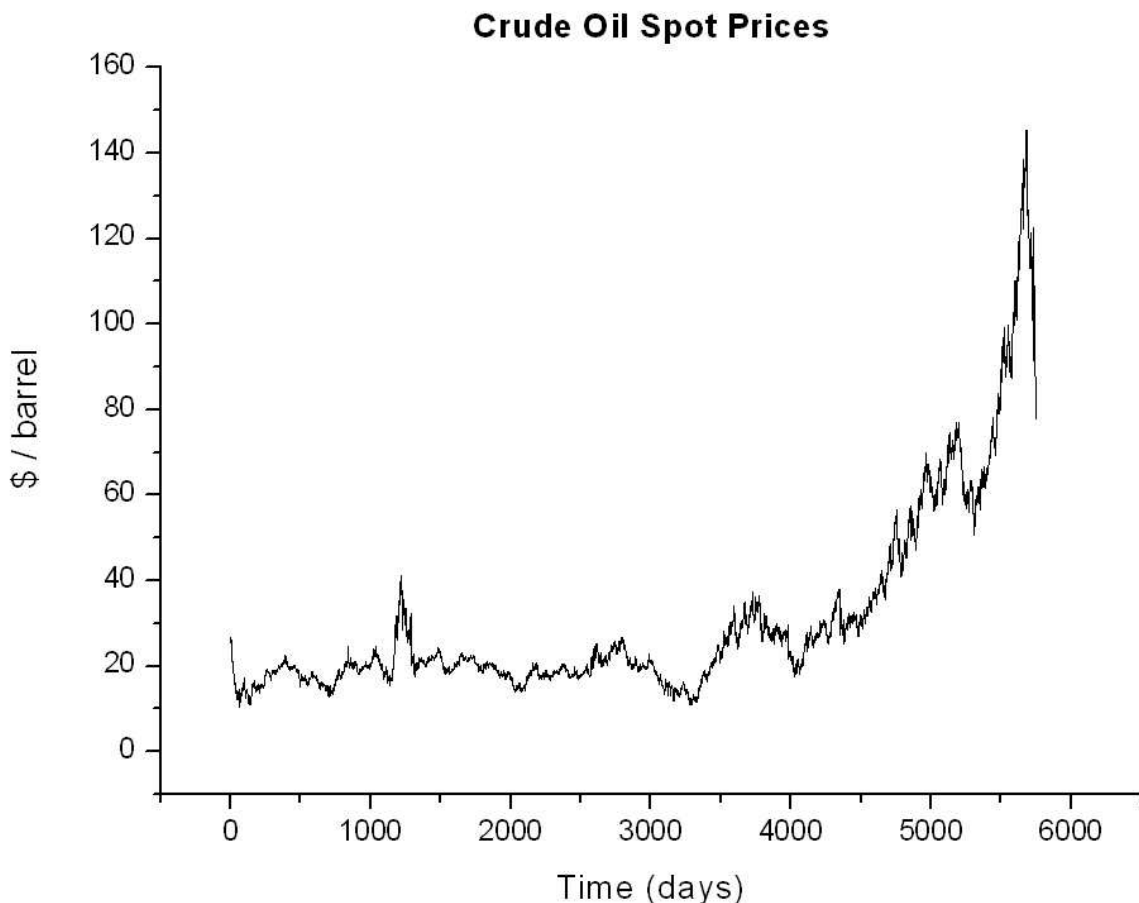


fig 2.1

Notiamo come l'andamento sembra essere regolare fino al dato prossimo a 4000, mentre risulta mediamente ascendente nell'ultima parte, proprio in concomitanza con la crescente richiesta della Cina e dell'India, con conseguenti false preoccupazioni sul futuro della disponibilità della risorsa energetica. Ma crediamo sia doveroso sottolineare come l'andamento precedente al dato 4000 sia falsamente regolare.

Dal grafico non riusciamo a cogliere questo particolare, ma come abbiamo detto in precedenza, ci sono delle variabili nascoste che mostrano tutt'altro. I segnali della forte ascesa successiva sono visibili sin dalle prime quotazioni dal 1986.

Analizziamo la prima delle variabili nascoste $r(t)$, definita come segue

$$r(t) = \log \frac{x(t+1)}{x(t)}, t = 1 \dots n - 1$$

dove con n indichiamo il numero totale di dati. A questa variabile diamo il nome di *ritorno* del prezzo del petrolio. Essa rappresenta uno smoothing logaritmico delle ampiezze delle variazioni del prezzo di quotazione, considerate a due giorni successivi.

Per motivi legati all'analisi statistica dei dati, conviene normalizzare questa variabile, in modo che essa risulti avente media nulla. Questa operazione non altera la veridicit  dei dati, ma rappresenta uno slittamento in blocco della variabile verso l'alto o verso il basso a seconda che sua media sia rispettivamente negativa o positiva, comunque non nulla.

Introduciamo quindi la nuova variabile $\dot{r}(t)$, rappresentante i *ritorni normalizzati NR (Normalized Returns)* del prezzo del petrolio, nel modo seguente

$$\dot{r}(t) = r(t) - \langle r(t) \rangle$$

Dove con $\langle r(t) \rangle$ abbiamo indicato la media della variabile $r(t)$. Nella figura 2.2 mostriamo il grafico delle fluttuazioni della variabile NR $\dot{r}(t)$

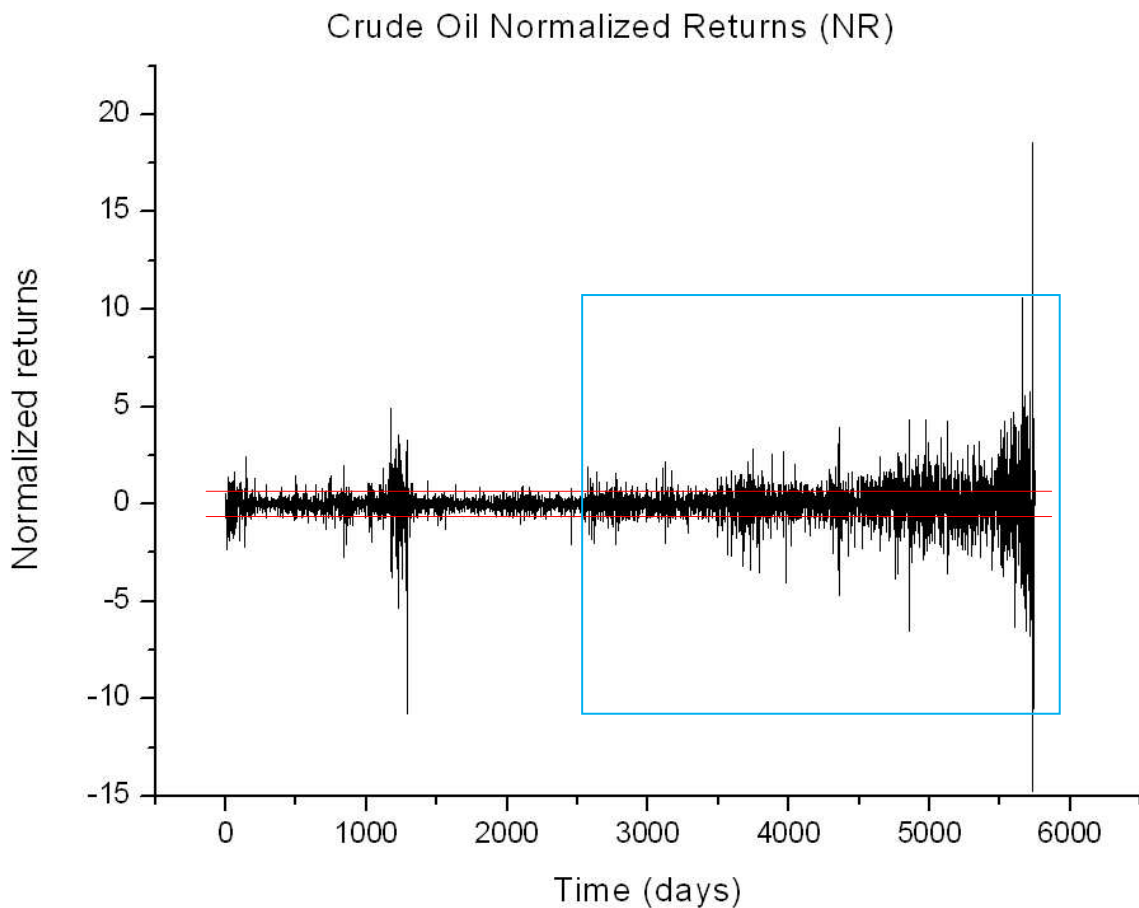


fig 2.2

Analizzando il grafico in figura 2.2 notiamo che il rumore di fondo (delimitato dalle due linee rosse) viene distorto in maniera continua già a partire dal dato 2500 (rettangolo celeste), cosa non evidente dall'analisi qualitativa del grafico dell'andamento del prezzo. Siano dunque già in presenza di un segnale importante che ci spinge indietro nel tempo circa di altri 1500 giorni. Per il momento non consideriamo gli eventi estremi visibili nella prima parte del tracciato, in corrispondenza del dato 1250, in quanto sembrerebbe un evento isolato.

Risulta importante mostrare (figura 2.3) la funzione di distribuzione dei NR $P[\dot{r}(t)]$ poiché essa ci dice cose ancora più complete rispetto alle fluttuazioni dei NR $\dot{r}(t)$ mostrate in figura 2.2.

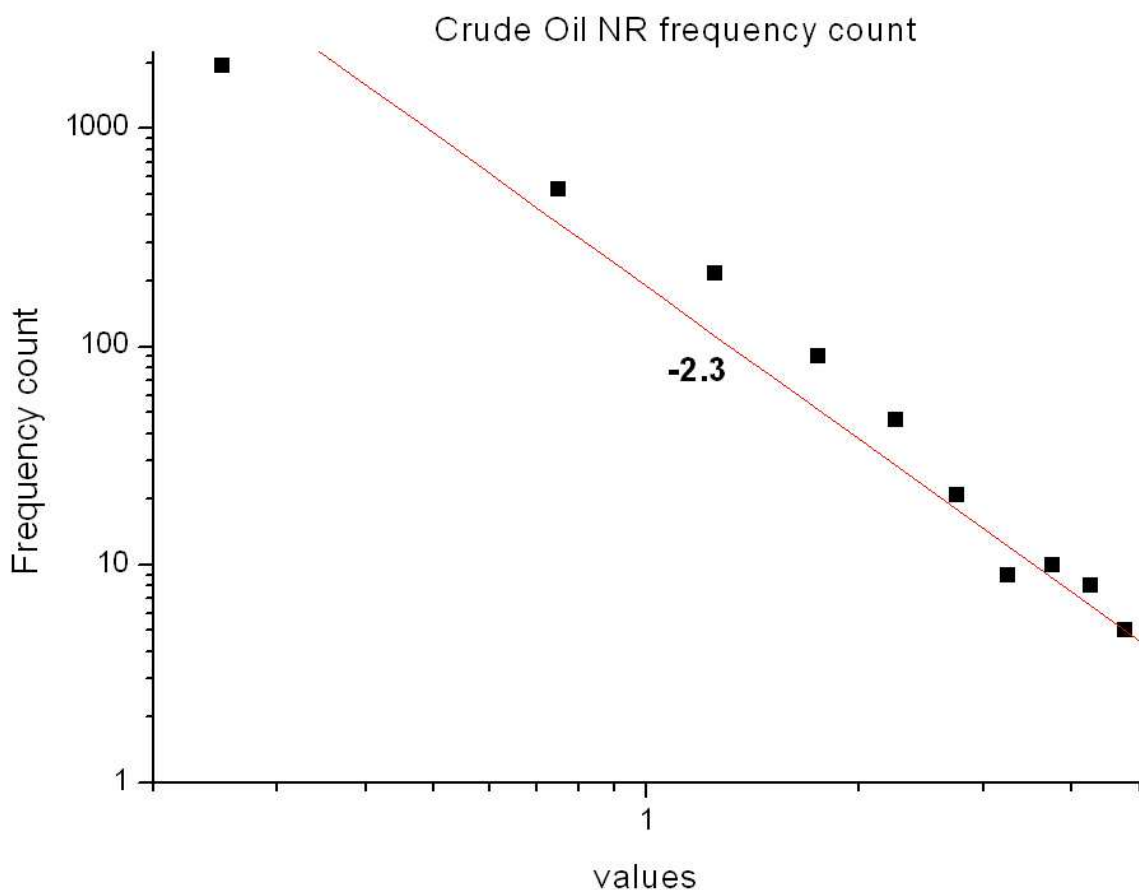


fig 2.3

Nella figura 2.3 abbiamo mostrato la coda destra della funzione di distribuzione di NR perché ci interessa il suo comportamento in un rescale di tipo log-log. In questo modo il fit è lineare e indica che la coda destra della distribuzione, perfettamente simmetrica alla sinistra, decade secondo una legge di potenza con esponente $\alpha = 2.3$ ($P(NR) \approx x^{-\alpha}$). Siamo nel regime di distribuzione di Levy ($1 \leq \alpha \leq 3$), dove per $\alpha = 3$ la distribuzione è gaussiana. Questa è un'ulteriore conferma di come le oscillazioni del prezzo del petrolio non seguano un cammino stocastico, come invece ci si aspetterebbe in un mercato efficiente e corretto, ma vengono fortemente influenzate da fattori esterni che, come vedremo in seguito, risultano essere a senso unico e, come crediamo fermamente, non giustificati solo da un presunto esaurimento della disponibilità di petrolio per il prossimo futuro. Utilizzeremo questa funzione di distribuzione per generare dei numeri casuali che utilizzeremo nella nostra simulazione al fine di ricostruire l'andamento del prezzo del petrolio e

spingerci oltre per circa 1000 giorni di ipotetica ma attesa quotazione (praticamente fino a circa metà dell'anno 2012).

Tornando al discorso precedente, a rafforzare l'ipotesi della non stocasticità degli incrementi dei NR $\dot{r}(t)$ del prezzo del petrolio utilizziamo il metodo DFA (Detrended Fluctuations Analysis) per la stima dell'esponente di Hurst H, che oltre a fornirci indicazioni circa la presenza di effetti di memoria nei dati di tipo long-range (e questa già la dice lunga sulla manipolazione del prezzo da parte di qualcuno), ci offre la possibilità di determinare la dimensione frattale D della variabile $\dot{r}(t)$ ($D = 2 - H$), ossia la sua invarianza di scala (fenomeni estremi si ripetono a diverse scale temporali). Ma questa è un'analisi che faremo dopo e con la quale dimostreremo come gli effetti estremi mantengono una certa memoria anche su scale di campionamento temporale estese (alcuni effetti sono talmente evidenti che non possono essere cancellati neanche spalmandoli nel tempo). Nella figura 2.4 mostriamo la stima dell'esponente di Hurst per i NR $\dot{r}(t)$ col metodo DFA.

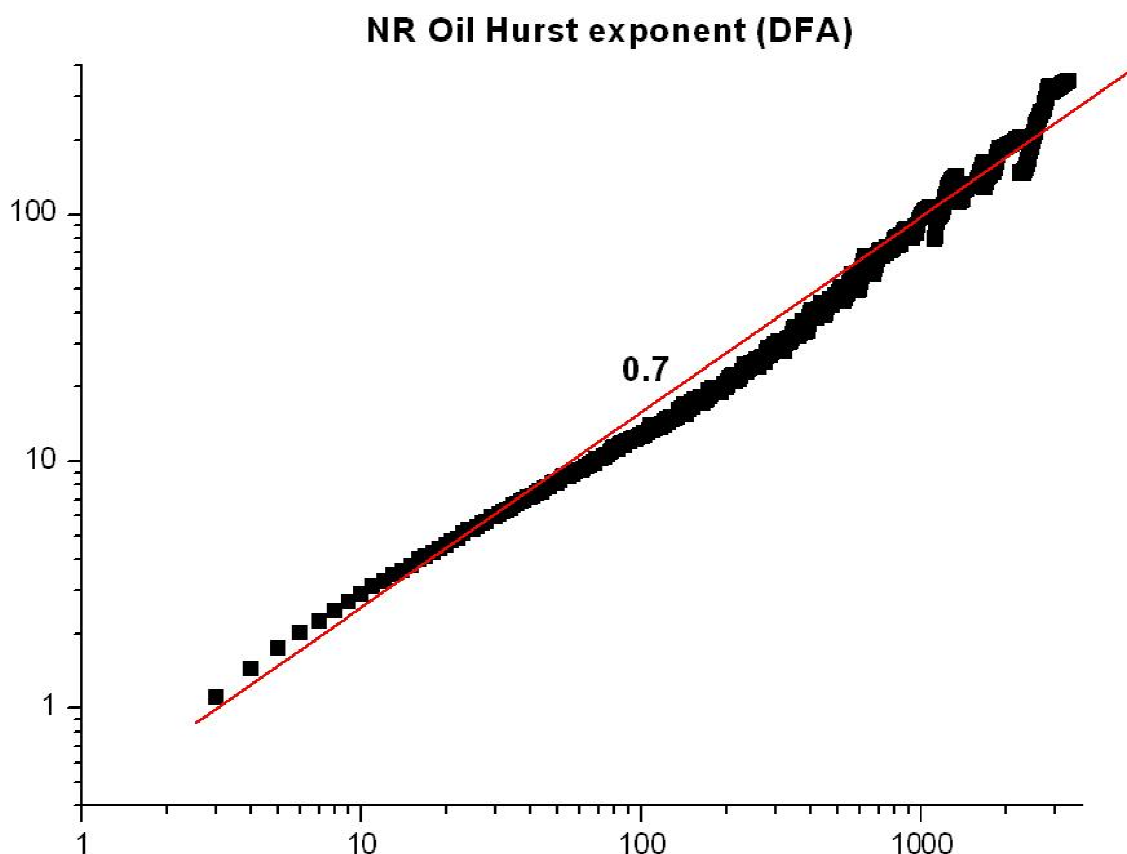


fig 2.4

Con un fit lineare abbiamo ottenuto $H = 0.7$ e ciò dimostra la presenza di forti correlazioni persistenti nei NR $\dot{r}(t)$, ossia presenza di memoria long-range di cui abbiamo già discusso in precedenza. Un valore di $H = 0.5$ avrebbe invece sancito la stocasticità dei NR $\dot{r}(t)$, ma non è stato così.

A questo punto definiamo altre nuove variabili nascoste. Iniziamo con l'introduzione della variabile $\varphi(t)$ dei valori assoluti dei NR $\dot{r}(t)$ e che chiameremo ANR (*Absolute values of Normalized Returns*).

$$\varphi(t) = |\dot{r}(t)| = |NR| = ANR$$

In modo del tutto analogo a quanto fatto prima coi ritorni normalizzati, definiamo

$$\dot{\varphi}(t) = \varphi(t) - \langle \varphi(t) \rangle, t = 1 \dots n - 1$$

ossia l'insieme dei valori normalizzati degli ANR $\varphi(t)$ rispetto alla loro media. Indichiamo questa variabile con NANR (*Normalized Absolute values of Normalized Returns*).

Completiamo la serie di definizioni introducendo la variabile $\psi(t)$ che rappresenta i valori assoluti dei NANR $\dot{\varphi}(t)$, definita come segue

$$\psi(t) = |\dot{\varphi}(t)| = ANANR$$

La variabile nascosta $\psi(t)$, che indicheremo con l'acronimo ANANR (*Absolute values of Normalized Absolute values of Normalized Returns*), assieme ai NR $r(t)$ sarà la chiave di lettura di tutto il processo derivante dalle quotazioni del prezzo del petrolio nel modo che mostreremo nel prossimo paragrafo.

Nella figura 2.5 mostriamo le fluttuazioni della variabile degli ANANR $\psi(t)$.

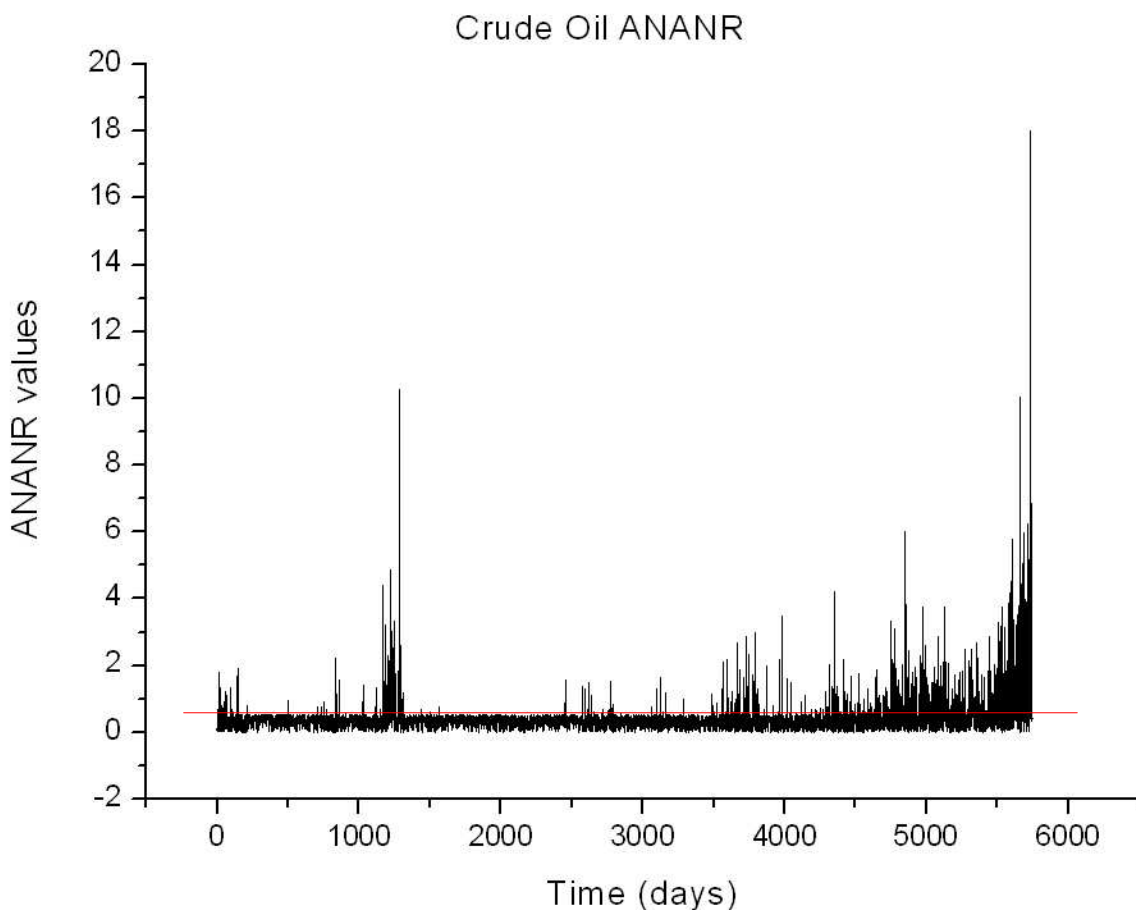


fig 2.5

Il grafico in figura 2.5 degli ANANR mostra in modo ancora più evidente le fluttuazioni anomale del prezzo del petrolio, distinguendole nettamente da quelle stocastiche del processo gaussiano di fondo (*White Noise*), delimitate dalla linea rossa.

La funzione di distribuzione della variabile degli ANANR $\psi(t)$, come abbiamo potuto osservare per i NR $r(t)$, decade anch'essa secondo una legge di potenza con esponente α all'interno del regime stabile di

Levy. Un fit lineare condotto su scala log-log ci ha permesso di stimare un valore $\alpha = 1.9$ (figura 2.6), ben lontano dal valore gaussiano che si ottiene per $\alpha = 3$.

I differenti valori ottenuti per $\dot{r}(t)$ e $\psi(t)$, rispettivamente 2.3 e 1.9, denotano una forte persistenza di memoria per quanto riguarda i segni delle oscillazioni (ricavati dai NR) e una discreta ma comunque presente persistenza degli incrementi (ricavati dagli ANANR). Possiamo quindi ipotizzare che l'unione delle due variabili possa generare una nuova variabile che ci permetta di ricostruire l'andamento del prezzo del petrolio nel tempo.

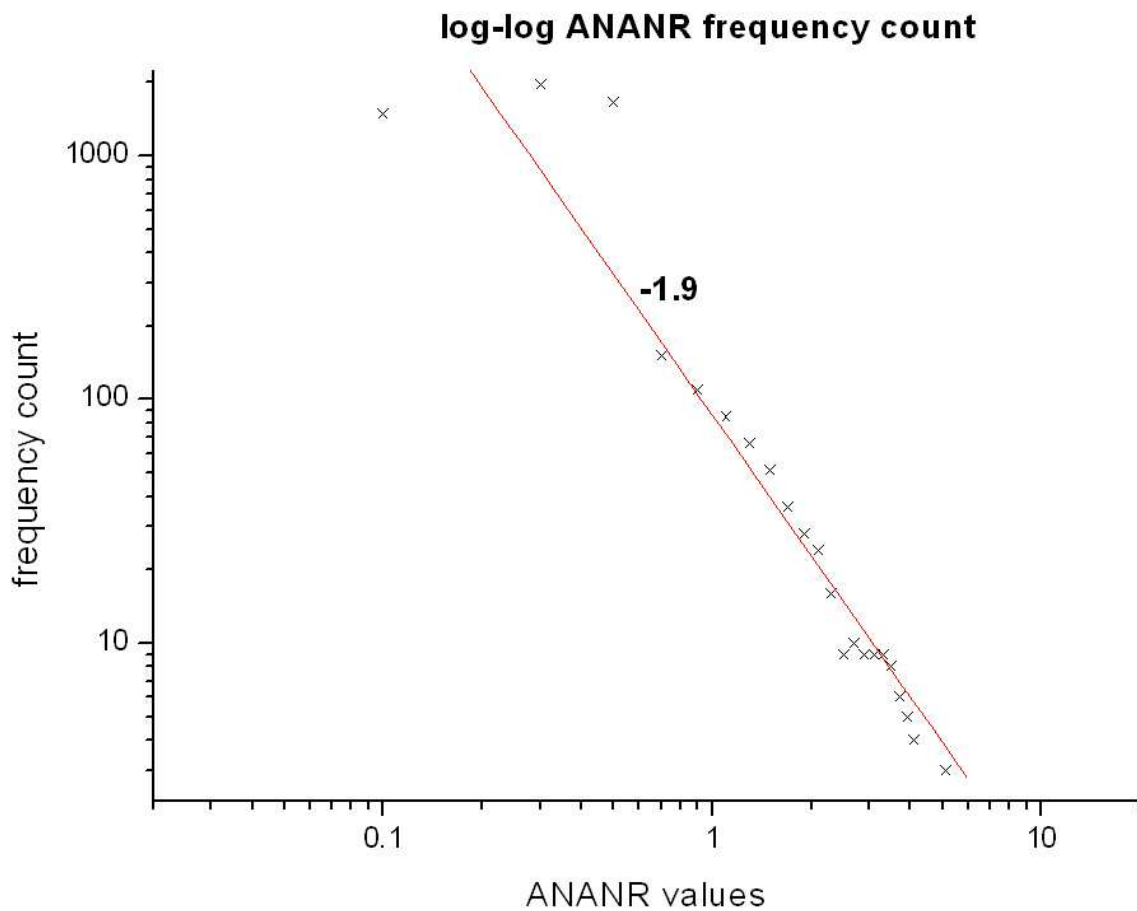


fig 2.6

3. Costruzione di un processo stocastico

Alla fine del paragrafo precedente abbiamo discusso circa la possibilità di unire le variabili dei NR $\dot{r}(t)$ e degli ANANR $\psi(t)$ al fine di ottenere una nuova variabile che possa permetterci di ricostruire l'andamento del prezzo del petrolio. La nuova variabile avrà il segno dei NR e gli incrementi degli ANANR e la costruiamo nel modo seguente

$$\zeta(t) = \text{segno}[\dot{r}(t)] \times \psi(t).$$

Il segno di $\dot{r}(t)$ è distribuito secondo una legge di potenza del tipo $P(\pm) \approx x^{-\alpha}$, avendo già in precedenza ottenuto un valore $\alpha = 2.3$ per la variabile $\dot{r}(t)$.

Nella figura 3.1 mostriamo le fluttuazioni della variabile $\zeta(t)$.

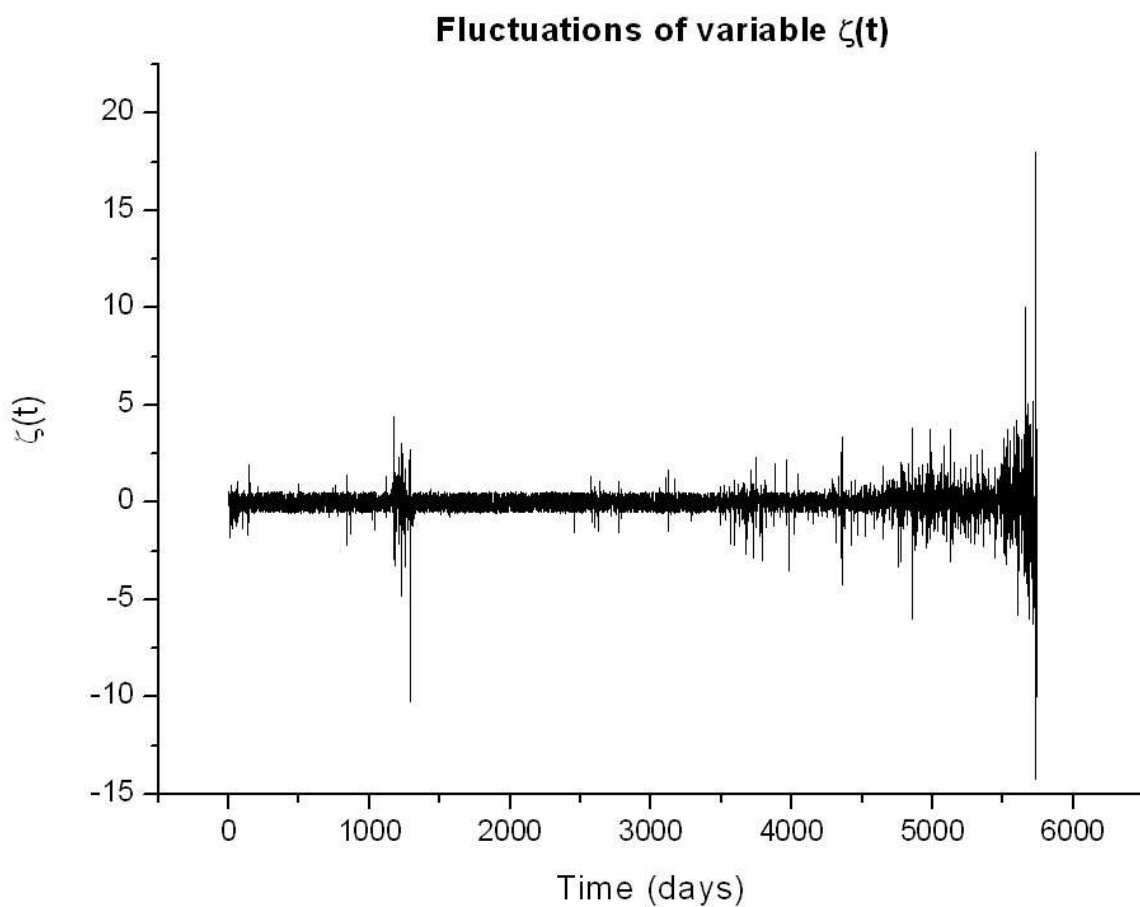


fig 3.1

Le fluttuazioni della variabile $\zeta(t)$, come appare evidente dalla figura 3.1, ricalcano quelle di $\dot{r}(t)$ anche se sembrerebbero meno marcate. Ci aspettiamo dunque che la funzione di distribuzione di $\zeta(t)$ decada secondo una legge di potenza con esponente simile a quanto ottenuto per la funzione di distribuzione di $\dot{r}(t)$. Infatti, come possiamo vedere nella figura 3.2, un fit lineare effettuato in un rescale di tipo log-log della coda destra (simmetrica alla sinistra) della distribuzione di $\zeta(t)$ ci permette di ricavare un esponente $\alpha = 2.4$, contro il valore $\alpha = 2.3$ trovato per la coda destra della distribuzione di $\dot{r}(t)$. Il decimo di differenza

tra di $P[\zeta(t)]$ e $P[r(t)]$ denota una leggera perdita di memoria in $\zeta(t)$ (ci spostiamo verso il regime gaussiano di $\alpha = 3$), ma assolutamente non influente ai fini della nostra analisi.

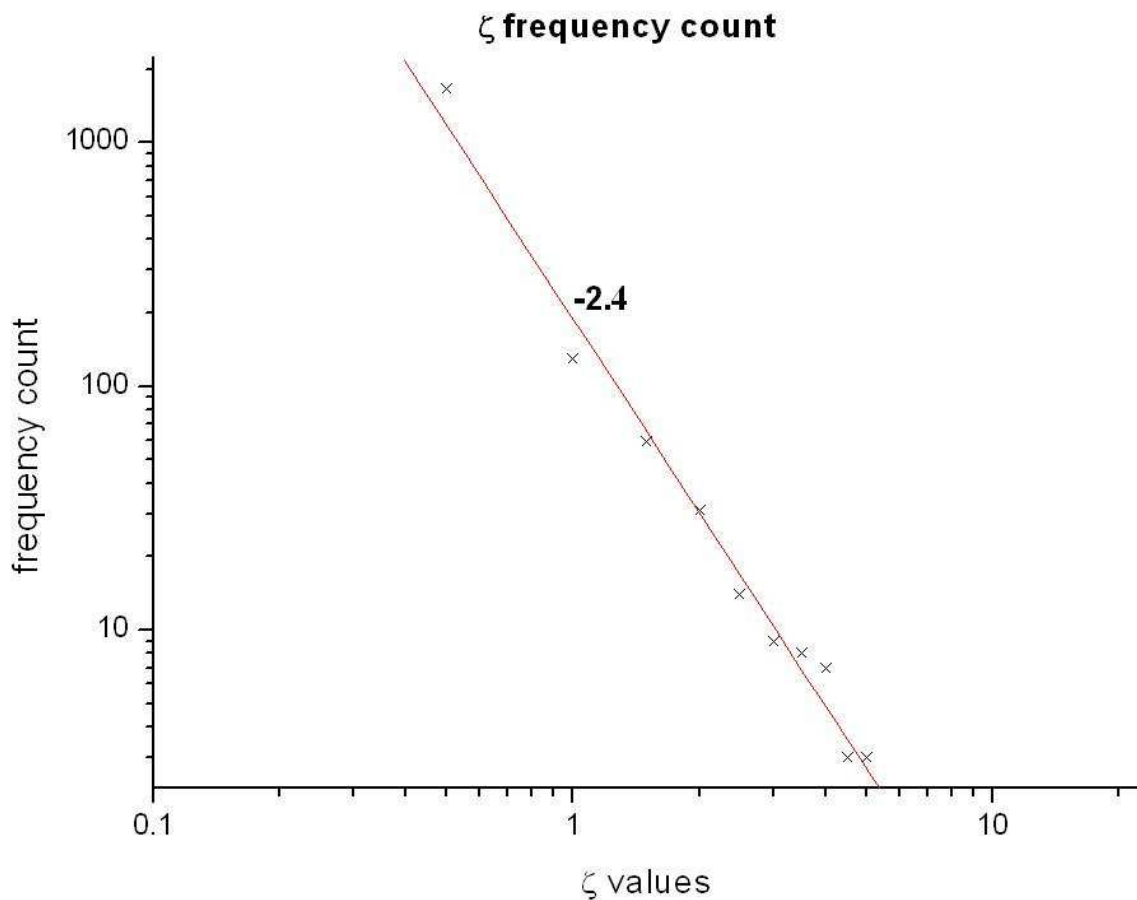


fig 3.2

Noi crediamo che l'andamento del prezzo del petrolio non possa in nessun caso seguire un mercato efficiente, completamente stocastico ($\alpha = 3$). Sappiamo fin troppo bene che, anche in assenza di alcuna speculazione, il costo del barile è fortemente influenzato da fattori esterni di natura tecnica e geopolitica (guerre, incrementi o riduzioni della produzione a seguito di guasti agli impianti di estrazione, ecc...). Per questo motivo riteniamo che un corretto andamento delle fluttuazioni del prezzo del petrolio, che tenga presente al suo interno questi fattori non speculativi elencati, non possa essere rappresentato da una variabile quale la $\zeta(t)$, in quanto la persistenza di effetti di memoria insite nella stessa vanno ben oltre ciò che si può considerare non speculativo. Partendo dunque proprio da $\zeta(t)$ cerchiamo di costruire una nuova variabile che possa rispondere al meglio alle nostre esigenze. Per far ciò operiamo un filtro di smoothing sulla variabile $\zeta(t)$ di tipo Savitzky-Golay e chiamiamo $\lambda(t)$ la nuova variabile così ottenuta.

Nelle prossime figure vedremo, in successione, le fluttuazioni della nuova variabile $\lambda(t)$ (figura 3.3) con l'analisi della sua funzione di distribuzione (figura 3.4) e la stima dell'esponente di Hurst H (figura 3.5) per dimostrare la presenza di leggerissimi effetti di memoria *short range*, così come ci aspetteremmo da una quotazione libera da speculazioni.

Il fit lineare condotto su scala log-log della coda destra della funzione di distribuzione di $\lambda(t)$ mostra che essa decade secondo una legge di potenza con esponente $\alpha = 2.7$, ossia molto vicino al regime gaussiano ($\alpha = 3$). Crediamo che uno scarto di 0.3 dal regime gaussiano possa rappresentare bene una situazione di quasi stocasticità se non per una minima presenza di memoria short range, come detto in precedenza. La stima viene confermata anche dall'analisi DFA condotta sulle fluttuazioni di $\lambda(t)$ che ci permette di ottenere un esponente di Hurst $H = 0.57$, confermando quindi la presenza in $\lambda(t)$ di una residua memoria short range.

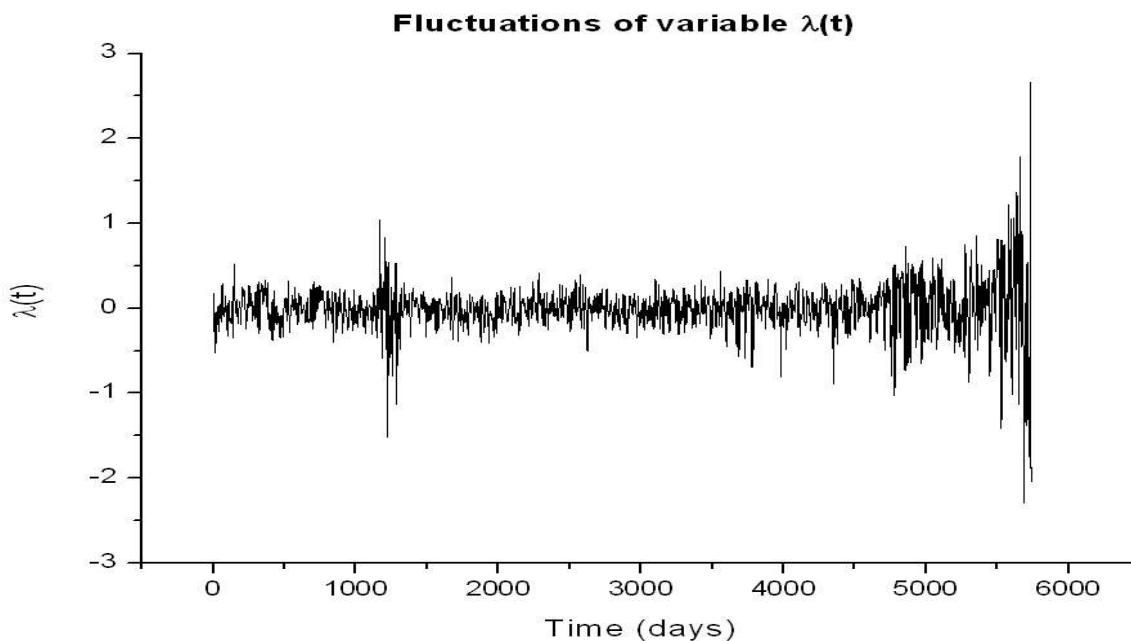


fig 3.3

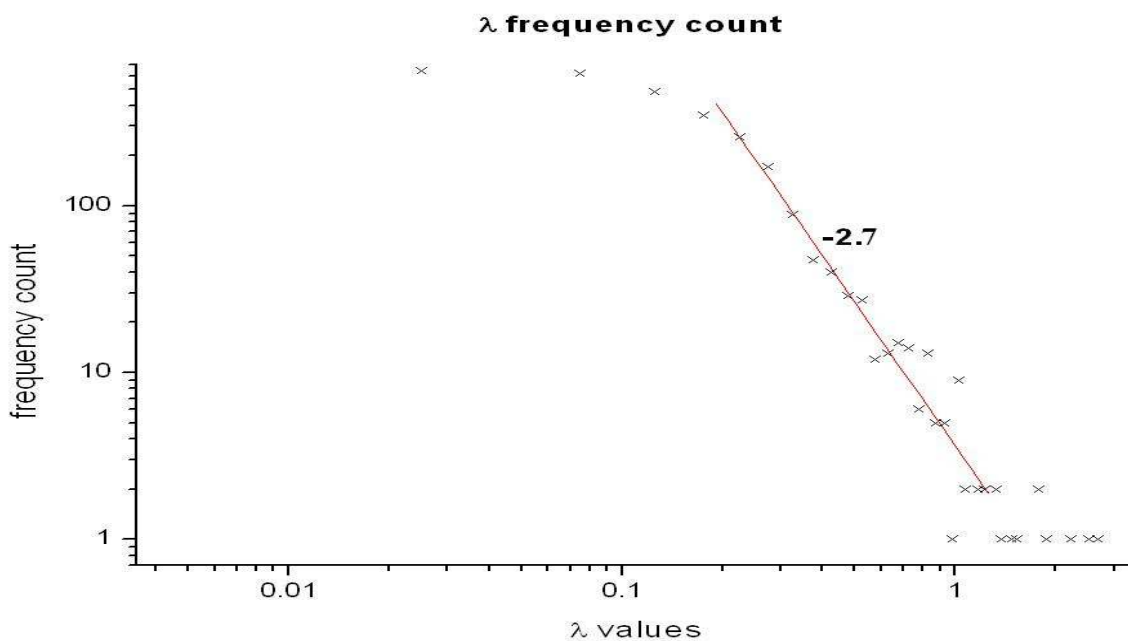


fig 3.4

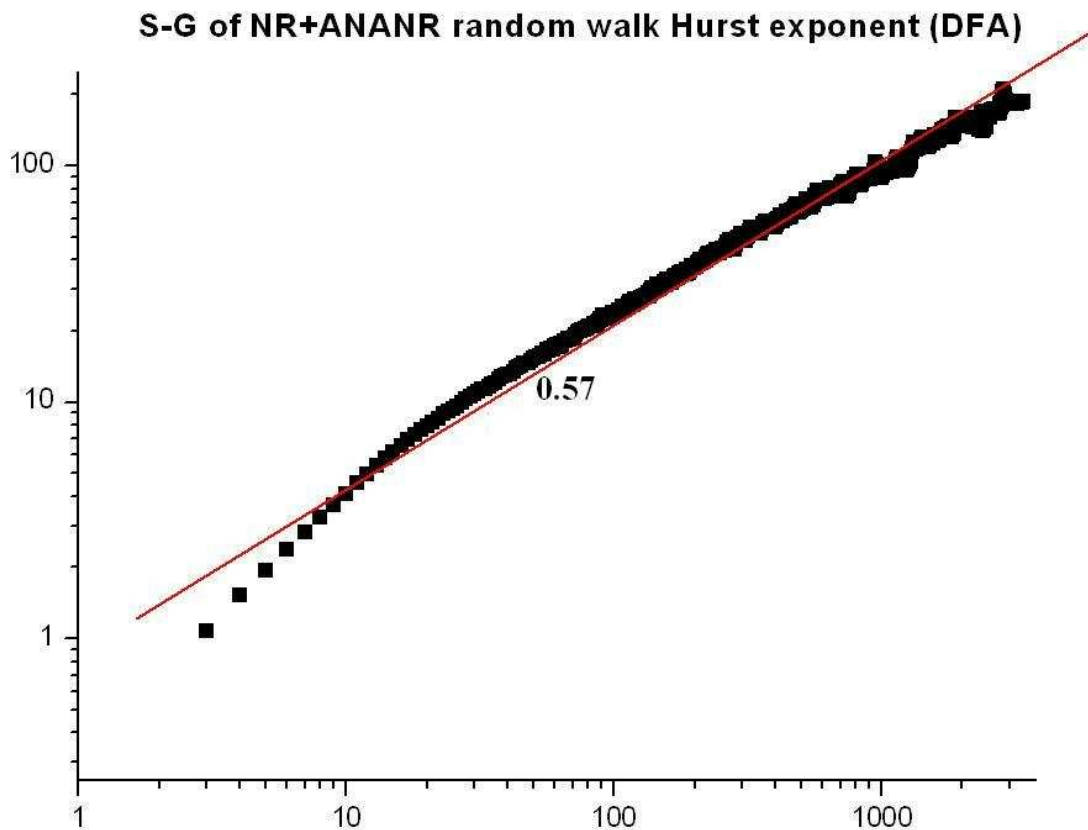


fig 3.5

Adesso utilizziamo la variabile $\lambda(t)$ per costruire un processo stocastico $x'(t)$ che generi l'ipotetico andamento del prezzo del barile del petrolio depurato da qualsiasi componente speculativa, in accordo con le proprietà statistiche viste per la variabile $\lambda(t)$. Definiamo

$$x'(1) = x(1)$$

e

$$x'(t+1) = x'(t) + \lambda(t), t = 1, \dots, n-1$$

dove con $x(1)$ abbiamo indicato il primo valore della serie temporale reale del prezzo del petrolio. La definizione degli $x'(t)$ successivi è costruita in modo ricorsivo. Il grafico dell'andamento di $x'(t)$ nel tempo è mostrato nella figura 3.6. Questo è l'andamento che in teoria dovrebbe avere il prezzo del petrolio se non fosse affetto da elementi speculativi. Ciò accadrebbe se gli incrementi fossero distribuiti così come risulta per $P[\lambda(t)]$, dove gli eventi estremi (fuori dal regime gaussiano) decadono con una legge di potenza con esponente pari a 2.7, ossia con effetti di memoria molto leggeri che, come abbiamo già avuto modo di precisare precedentemente, rispecchierebbero le normali ed inevitabili influenze esterne tecniche e geopolitiche e non certo dovute alle forti speculazioni a cui nella realtà il prezzo del petrolio è sottoposto, queste ultime descritte in modo esauriente dalla funzione di distribuzione $P[\hat{r}(t)]$.

Crediamo sia molto interessante fare qualche riflessione su quello che rappresenta lo scarto tra l'andamento di $x'(t)$ e quello di $x(t)$. Se un qualsiasi prodotto finanziario avesse un andamento temporale

$x(t)$ privo di ogni forma di speculazione, data la natura stocastica e non predicibile di un tale processo, risulterebbe stocastico e non predicibile anche il corrispondente andamento temporale di $x'(t)$, per cui lo scarto tra i due sarebbe rappresentato da una variabile stocastica anch'essa priva di qualsiasi forma di predicibilità.

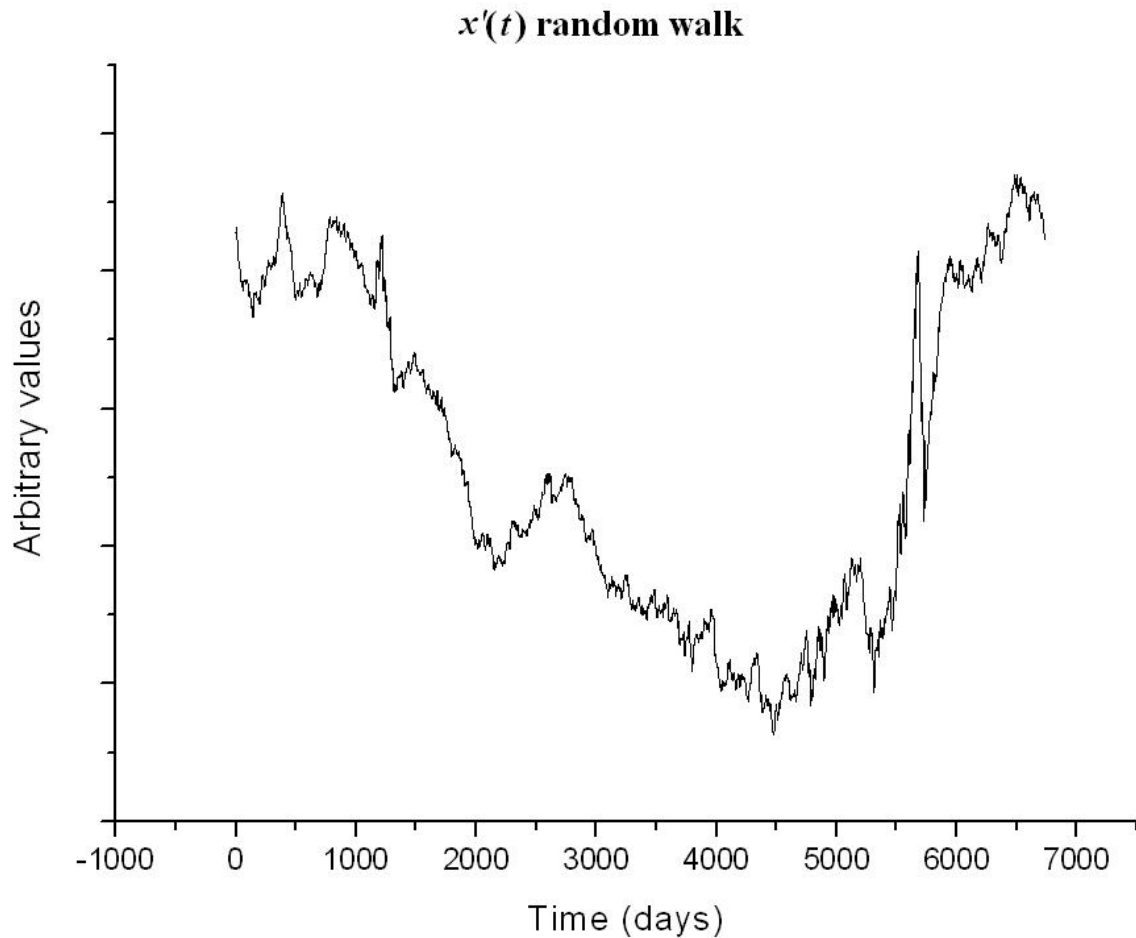


fig 3.6

Introduciamo la variabile $\sigma(t)$ che chiameremo *componente secolare* del prezzo del petrolio e che nella nostra analisi assume un valore del tutto particolare. Se $\sigma(t)$ avrà un aspetto predicibile allora essa rappresenterà la *componente speculativa* interna a $x(t)$. Definiamo la variabile $\sigma(t)$ nel modo seguente

$$\sigma(t) = x(t) - x'(t).$$

L'andamento di $\sigma(t)$ è mostrato nella figura 3.7.

Dalla figura 3.7 è chiaramente visibile l'andamento predicibile della variabile $\sigma(t)$. Esso è descritto molto bene dal seguente fit esponenziale crescente $f(t)$:

$$f(t) = A_1 \cdot e^{\frac{t}{t_1}} + y_0$$

con

$$A_1 = 102 \pm 3, \quad t_1 = 7432 \pm 160, \quad y_0 = -110 \pm 3.$$

Solo per poco più dei mille giorni iniziali l'andamento è non predicibile. Dalla nostra analisi risulta quindi evidente che nel periodo compreso tra il 1986 ed il 1990 il prezzo del petrolio non ha risentito di effetti dovuti alla speculazione, dopo però il discorso è cambiato.

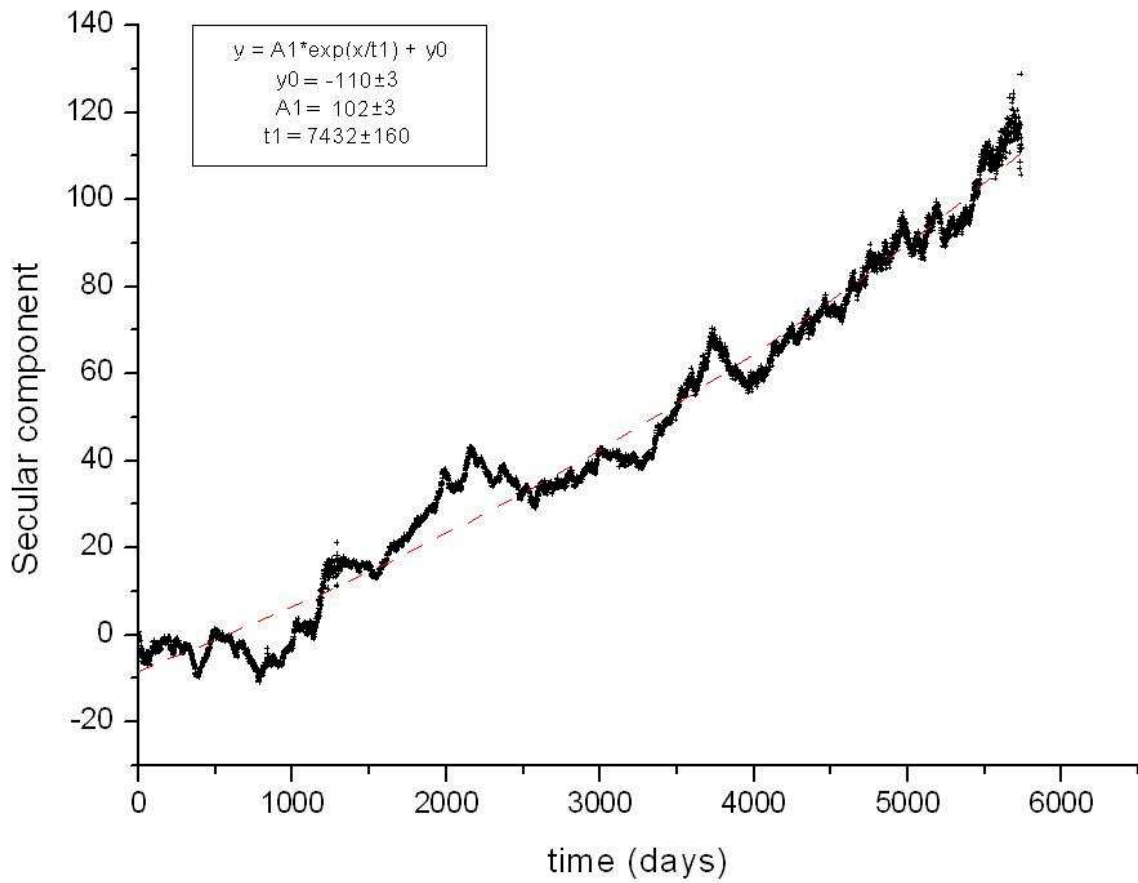


fig 3.7

4. Simulazione del prezzo del petrolio

Ci chiediamo se sia possibile ricostruire l'andamento del prezzo del petrolio considerando la quotazione temporale $x'(t)$ depurata da ogni forma di speculazione "poggiandola" sulla funzione $f(t)$ che rappresenta la stima di crescita temporale della componente secolare, ossia della speculazione che sta sotto. Abbiamo provato a far questo considerando la nuova variabile $z(t)$ che rappresenta un random walk quasi gaussiano, visto che i suoi incrementi sono proprio quelli contenuti nella variabile $\lambda(t)$.

$z(t)$ è definita in questo modo:

$$z(t) = x'(t) + f(t).$$

L'andamento di $z(t)$ simula abbastanza fedelmente quello di $x(t)$ del reale prezzo del barile del petrolio, con la differenza sostanziale che $z(t)$ è una variabile aleatoria quasi gaussiana, mentre $x(t)$ è tutt'altra cosa. Infatti, per ottenere una corretta simulazione abbiamo dovuto "drogare" una variabile aleatoria gaussiana come $x'(t)$ con una pesante componente secolare speculativa, cosa che invece $\dot{r}(t)$ possiede già al suo interno.

Visto l'ottimo risultato della simulazione, ci siamo spinti oltre e abbiamo voluto vedere cosa sarebbe accaduto al prezzo del barile di petrolio entro la prima metà dell'anno 2012, e ci siamo accorti che esso, se non fosse scoppiata bolla speculativa (cosa che adesso rende il dato imprevedibile), avrebbe continuato a salire fino a raggiungere circa 170\$ al barile.

Per far ciò abbiamo estratto dalla variabile aleatoria $\dot{r}(t)$ mille nuovi valori distribuiti con la stessa funzione di probabilità di $\dot{r}(t)$. Il risultato di tutta la simulazione ciò è visibile nella figura 4.1, dove l'andamento in rosso rappresenta la nostra simulazione, mentre in nero è quello reale.

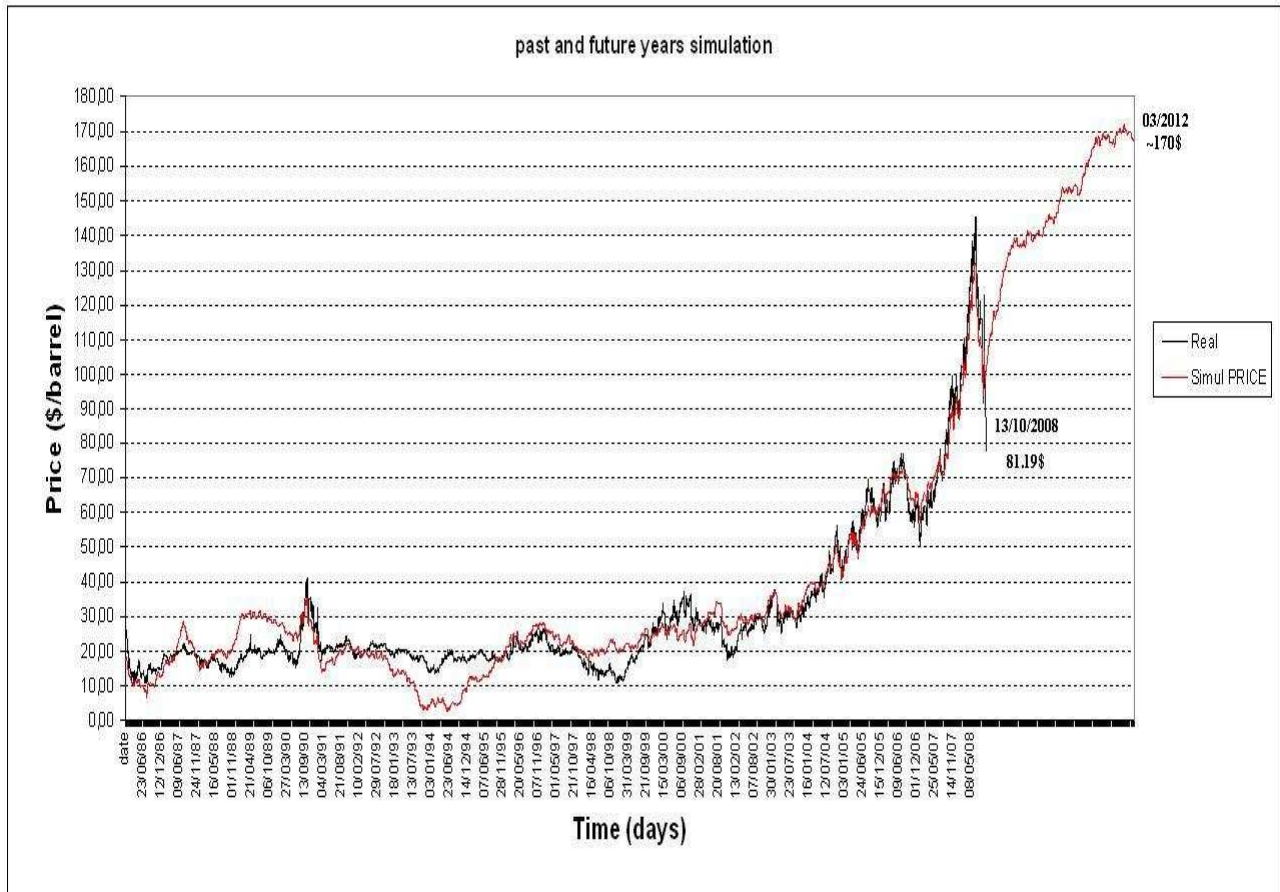


fig 4.1

5. Autosimilarità

Nel paragrafo 2 abbiamo parlato di effetti di memoria persistente di tipo long-range per la variabile aleatoria $\hat{r}(t)$ dei ritorni normalizzati del prezzo del barile di petrolio. In questo paragrafo vogliamo vedere se questi effetti restano presenti anche a campionamenti temporali maggiori di un singolo giorno. L'analisi DFA ci aveva permesso di stimare per $\hat{r}(t)$ un esponente di Hurst $H = 0.7$, il che sancisce la natura geometrica frattale di questa serie temporale, la cui dimensione è $D = 2 - H = 1.3$ (qualcosa che è più di una retta e meno di una superficie).

La nostra analisi si è concentrata specificatamente sulle fluttuazioni assolute di $\hat{r}(t)$, ossia sulla variabile degli ANR $\varphi(t)$.

Abbiamo scelto ben nove valori di campionamento temporale per $\varphi(t)$, in modo da ottenere un insieme di nove variabili aleatorie $\Phi_{T_i}(t)$ così definite:

$$\Phi_{T_i}(t) = \frac{1}{T_i} \sum_{j=1}^{T_i} \varphi(t+j), i = 1, \dots, 9$$

dove $T_1 = 1, T_2 = 10, T_3 = 50, T_4 = 100, T_5 = 150, T_6 = 200, T_7 = 400, T_8 = 600, T_9 = 1000$, dove l'unità temporale è il singolo giorno di quotazione.

Nella figura 5.1 mostriamo la sovrapposizione delle fluttuazioni delle nove variabili $\Phi_{T_i}(t)$.

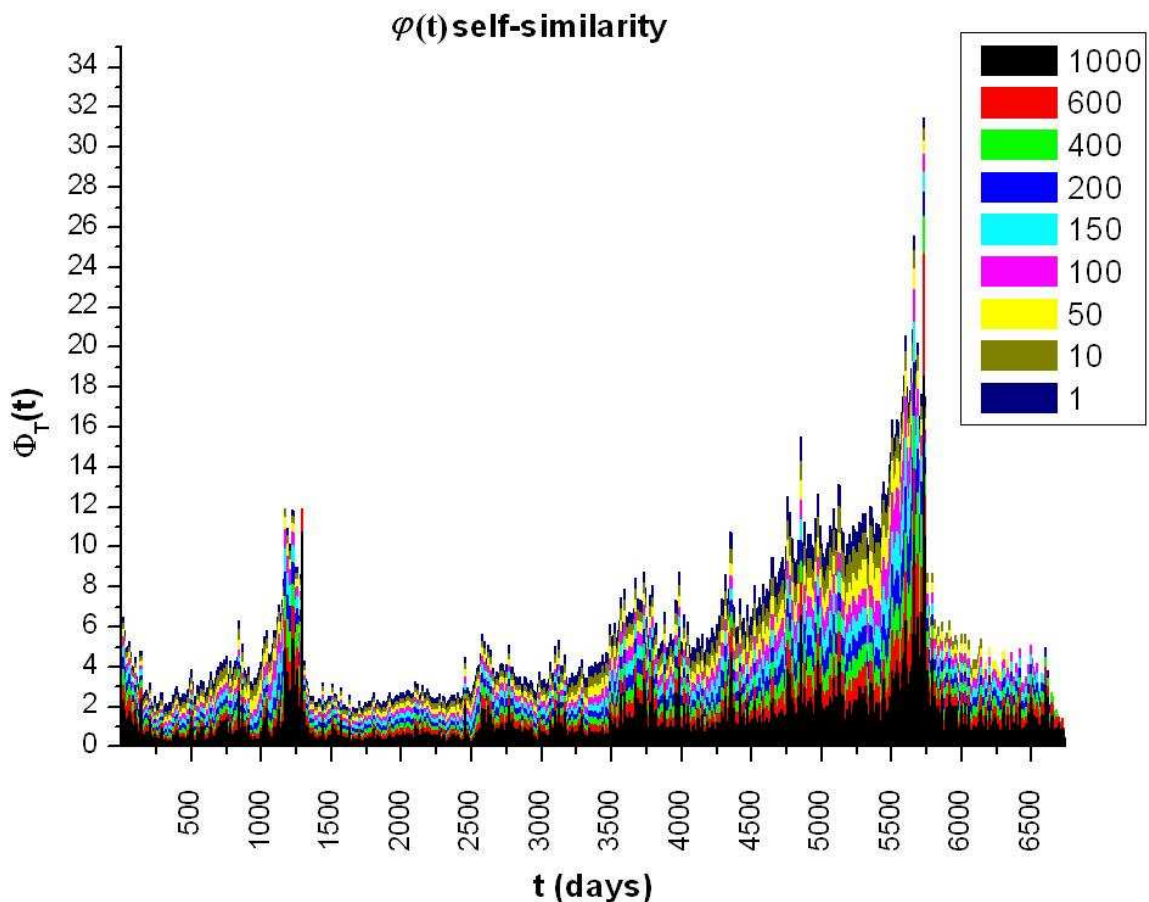


fig 5.1

La figura 5.1 mostra come le fluttuazioni anomale (quelle più intense) si ripetono a scale temporali differenti, nel nostro caso anche su campionamenti che mediano anni interi di quotazioni. Questa caratteristica, detta auto-similarità (*self-similarity*), è una proprietà tipica degli oggetti geometrici frattali. L'invarianza di scala può essere indagata attraverso lo studio dell'andamento della varianza delle nove variabili $\Phi_{T_i}(t)$. Nella figura 5.2 è stato eseguito un fit lineare su scala log-log delle nove varianze $\Phi_{T_i}(t)$ in funzione del periodo di campionamento T e notiamo come esse decadano secondo una legge di potenza del tipo $\text{var}[\Phi_{T_i}(t)] \approx T^{-\alpha}$ (il che rende le $\Phi_{T_i}(t)$ variabili aleatorie indipendenti) con esponente $\alpha = 0.25$. Ciò significa che le $\Phi_{T_i}(t)$ decadono come l'inverso della radice quarta del tempo di campionamento T , quindi in modo molto lento, a conferma di quanto detto nel paragrafo 2 che fluttuazioni così estreme sono destinate a lasciare tracce per molto tempo.

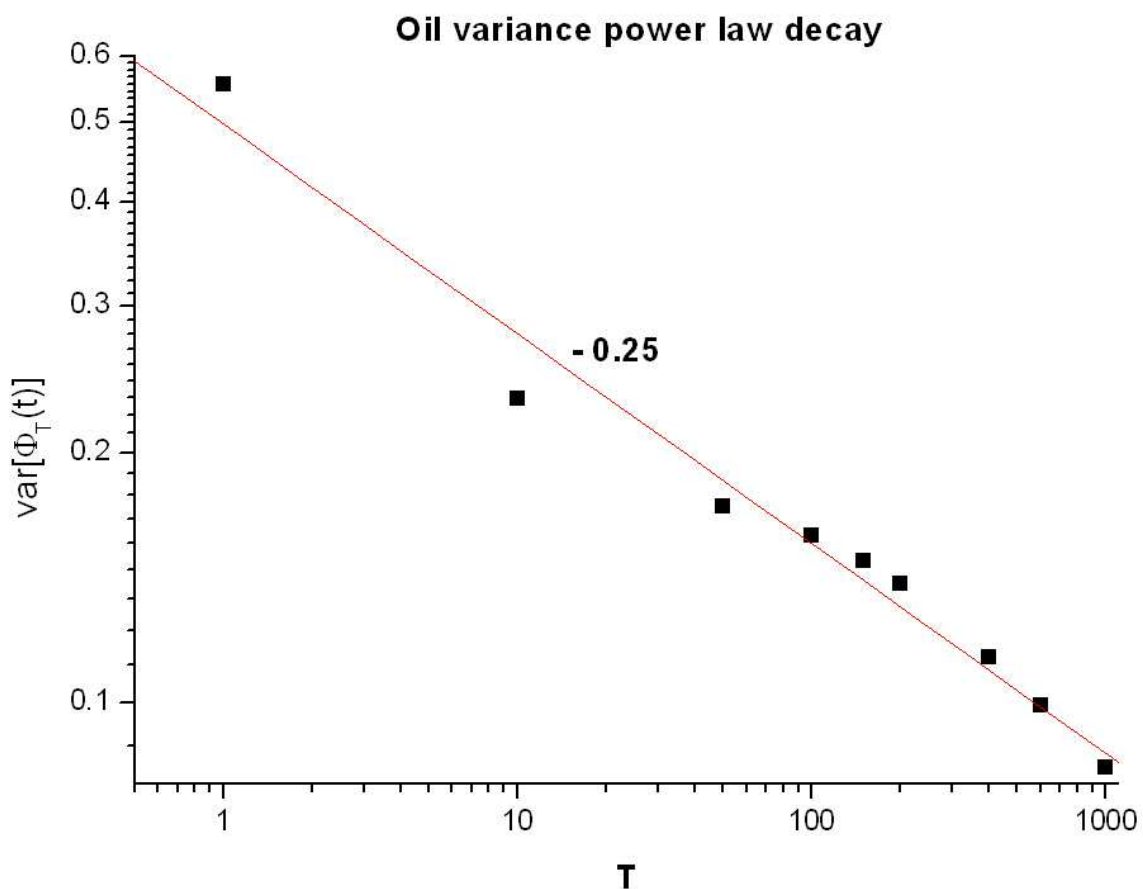


fig 5.2

Crediamo sia importante concludere questo paragrafo dicendo che per un qualsiasi prodotto finanziario, che non sia soggetto a speculazione, la varianza decade nel tempo come l'inverso di T , quindi mostrando un'auto-similarità molto meno marcata. Crediamo che questo la dica veramente lunga sulle manipolazioni speculative che hanno investito la quotazione storica del prezzo del petrolio.

6. Conclusioni

Siamo giunti alla fine di questo nostro lavoro credendo di aver dimostrato, attraverso metodi di meccanica statistica, come le forti speculazioni abbiano comandato l'andamento storico del prezzo del barile di petrolio.

Queste cose sono note a molti analisti e banchieri, ma allo stesso tempo riteniamo che sia abbastanza legittimo credere che la maggior parte delle persone non ne sia a conoscenza. Con questo lavoro non vogliamo svelare un segreto tipico di qualsivoglia massoneria, ma dimostrare come certi fenomeni, come le bolle speculative, possano essere rivelati attraverso uno studio scientifico.

Abbiamo visto in questi ultimi anni come i grandi della finanza si siano tanto dati da fare per spiegare al mondo intero come la colpa degli aumenti del prezzo del petrolio siano dovuti a guerre, scorte che vanno via via esaurendosi, alla domanda sempre crescente dei Paesi in via di sviluppo. Crediamo sia tuttavia sensato pensare e credere che alcune guerre non siano state le cause degli innalzamenti del prezzo del petrolio, bensì delle giustificazioni atte a coprire i piani di abili e spietati speculatori che sapevano benissimo cosa sarebbe accaduto al prezzo del petrolio fin dagli anni '90.

Facendo un rapido riepilogo abbiamo potuto vedere come il prezzo del petrolio risenta fortemente della presenza, al suo interno ($\dot{r}(t)$), di una opprimente componente speculativa, e che quest'ultima sia del tutto predicibile e descritta da una funzione esponenziale crescente che precedentemente abbiamo indicato con $f(t)$.

Abbiamo visto come sarebbe stata la fisionomia dell'andamento del prezzo del petrolio qualora non fossero stati presenti le forti speculazioni di cui abbiamo tanto parlato, e come tuttavia si possa simulare l'andamento reale partendo proprio da ciò che esso stesso sarebbe dovuto essere, in assenza di ogni forma di speculazione.

Prof Valerio CURCIO

7. Bibliografia

B. B. Mandelbrot, *Fractals and Scaling in Finance*. Springer, 1997

C. J. G. Evertsz, K. Berkner, *Large deviations and self-similarity analysis of graphs*. Chaos, Solitons & Fractals, vol.6, 1995

J. P. Bouchaud, M. Potters, *Theory of Financial Risk: basic notions in probability*. ArXiv: cond-mat/9905413, 27/05/1999

R. N. Mantegna, H. E. Stanley, *An introduction to econophysics: correlations and complexity in Finance*. Cambridge University Press, 1999

Zhi-Feng Huang, *The first 20 minutes in the Hong Kong stock market*. Institute for theoretical physics, Cologne University, D-50923, Köln, Germany.