



Munich Personal RePEc Archive

# **Estimation of Fractal Parameters of Tehran Stock Market Groups Time Series Using Discrete Wavelet Transform**

Golmohammadpoor Azar, Kamran

23 June 2014

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/58597/>

MPRA Paper No. 58597, posted 16 Sep 2014 07:45 UTC



## Estimation of Fractal Parameters of Tehran Stock Market Groups Time Series Using Discrete Wavelet Transform

Kamran Golmohammadpoor Azar

Student of MA in Economics at Urmia University

### Abstract:

Nowadays financial markets such as stock markets, gold and currency because of their significant returns are the investors' main target. Their aim is to invest in a way that they can earn the highest profit. Among these markets, the stock market is of utmost importance since it deals with buying and selling the shares of diverse companies. Thus using the approaches that yield the highest profit and the lowest risk is the greatest priority of investors. This paper wants to calculate the chaotic indicators in different groups of Tehran's stock market using Discrete Wavelet Transform. For this purpose, by utilizing the wavelet toolbox of Matlab software, Hurst exponent and Fractal Dimension and Predictability index of Tehran stock market's groups time series were estimated. Results prove that almost all of the group's time series are demonstrating Non-Gaussian behavior. And the type of time series' memories whether they are short-term or long-term were identified. Furthermore, Predictability indices of time series were calculated which is also useful in investor's decision making.

Keywords: Tehran Stock Market groups, Hurst exponent, Fractal dimension, Predictability index, Discrete Wavelet Transform.



## محاسبه شاخص های فراکتالی سری های زمانی گروه های بورس تهران به روش تبدیل موجک گسسته

کامران گل محمدپور آذر

### چکیده

امروزه بازارهای مالی مانند بازار سهام، طلا و ارز به دلیل بازده قابل ملاحظه ای که دارند، مورد توجه سرمایه گذاران هستند. هدف آنان سرمایه گذاری به نحوی است که بیش ترین بازدهی را به دنبال داشته باشد. در این میان بازار سهام به دلیل خرید و فروش سهام شرکت هایی که در زمینه های مختلف فعالیت دارند، از جذابیت خاصی برخوردار است. بنابراین بکارگیری روش هایی که سرمایه گذاران را در اتخاذ تصمیم بهینه مالی یاری دهد به گونه ای که بیشترین بازدهی و کم ترین ریسک را به دنبال داشته باشد از اهمیت فراوانی برخوردار است. هدف از نگارش این مقاله محاسبه شاخص های آشوبی سری های زمانی گروه های مختلف بازار بورس تهران با استفاده از تبدیل موجک گسسته است. برای این منظور با استفاده از جعبه ابزار موجک نرم افزار متلب نمای هارست، بعد فراکتالی و شاخص قابلیت پیش بینی سری های زمانی گروه های بازار بورس تهران برآورد شد. نتیجه حاکی از این است که اکثر سری های زمانی گروه ها دارای رفتار غیر گاوسی هستند. همچنین نوع حافظه سری های زمانی از نظر کوتاه مدت یا بلند مدت بودن مشخص گردید. علاوه بر این شاخص قابلیت پیش بینی سری های زمانی گروه ها محاسبه شد که در تصمیم گیری سرمایه گذاران می تواند مفید باشد.

**کلمات کلیدی:** گروه های بورس تهران، نمای هارست، بعد فراکتالی، شاخص قابلیت پیش بینی، تبدیل موجک گسسته.

## 1. مقدمه

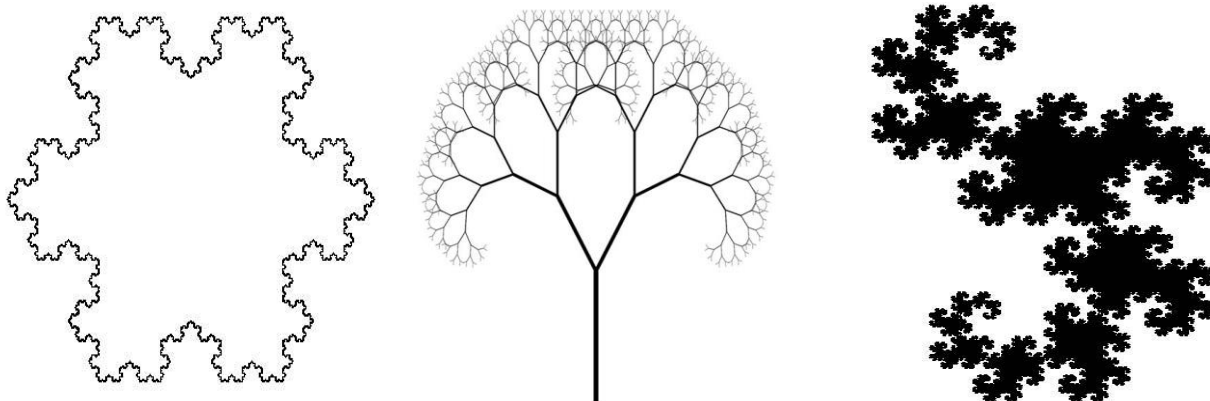
بازارهای مالی مانند بازار سهام، طلا و ارز از جذابیت فراوانی برای سرمایه گذاری برخوردارند. با توجه به سود سرشاری که در این بازارها موجود است، به تعداد سرمایه گذاران در این بازارها افزوده می شود. اما آنچه که موجب نگرانی سرمایه گذاران بازارهای مالی، مخصوصاً بازار سهام است، پیش بینی مناسب و وضعیت کلی بازار و چینش سبکی از سهام های مختلف است که از ریسک کم و بازدهی بالایی برخوردار باشد. سبکی که متشکل از سهام گروه های مختلف موجود در بازار باشد به نحوی که بازدهی بهینه را به دنبال داشته باشد. روش های متفاوتی برای تجزیه و تحلیل بازارهای مالی وجود دارد. آنچه که قابل تامل است نیاز مبرم تجزیه و تحلیل گران بازارهای به ابزارهای ریاضی و گاهها میان رشته ای مانند ریاضیات مالی و فیزیک اقتصاد است. یکی از ابزارهایی که در تجزیه و تحلیل بازارهای مالی کاربرد فراوان دارد، تئوری آشوب و هندسه فراکتالی است.

فراکتال یک شکل هندسی نامنظم یا تکه تکه است که می تواند به قسمت هایی تقسیم شود به طوری که هر کدام (حداقل به طور تقریبی) نسخه کوچکتري از کل شکل باشد (Mandelbrot : 1982). فراکتال ها اشکال خودهمسانی هستند که شکل کلی آن ها در ابعاد کوچکتر تکرار می شود. برای نمونه می توان به فراکتال های دراگون، درخت و برف دانه کخ اشاره کرد (شکل 1). هندسه فراکتالی که هندسه اشکال خودهمسان نیز نامیده می شود در سال 1976 وارد دنیای ریاضیات شد. مندلبروت زمانی که بر روی تحقیقی پیرامون طول سواحل انگلیس مطالعه می نمود به این نتیجه رسید که هر گاه با مقیاس بزرگ این طول اندازه گرفته شود بیشتر از زمانی است که مقیاس کوچکتر باشد. امروزه فراکتال ها کاربردهای فراوانی در علوم مختلف من جمله ریاضیات و هندسه، فیزیک، مهندسی، معماری، هنر، مالی و اقتصاد دارند. در این مقاله به بررسی توانایی تئوری آشوب و فراکتال ها در قابلیت پیش بینی سری های زمانی مربوط به گروه های مختلف بازار بورس تهران می پردازیم.

## 2. فراکتال ها و سری های زمانی بازارهای مالی

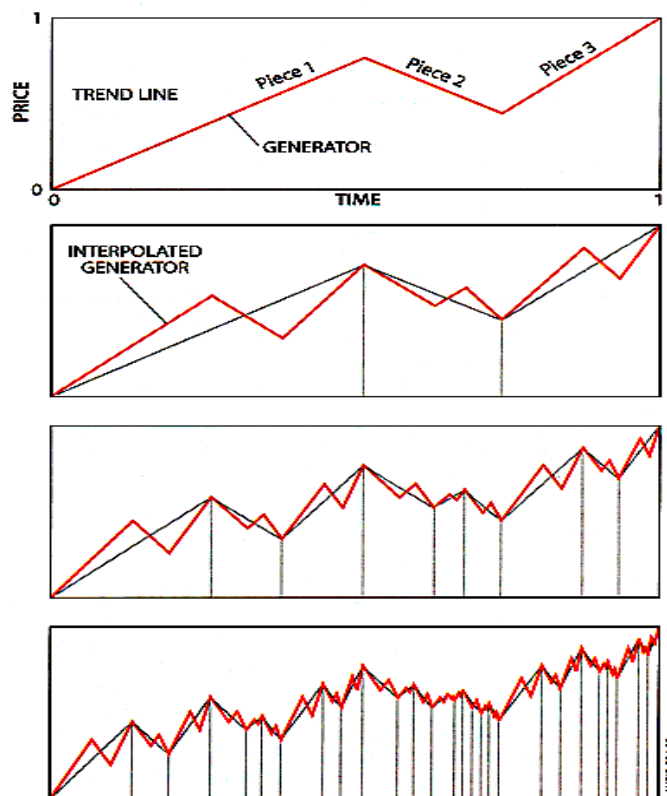
تغییرات قیمت سهام با استفاده از مدل های برگرفته از هندسه فراکتالی قابل بررسی است. با استفاده از فراکتال ها - که به صورت مبسوط می توان آنها را چند فراکتال ها نامید - نمی توان آینده بازار را با اطمینان پیش بینی کرد. اما آنها تصویر واقع گرایانه ای از بازار را ارائه می دهند. (Mandelbrot : 1999). برای شناخت بیشتر فراکتال رفتار بازار، کافی است فعالیت یک سال بازار را در نظر گرفته و قیمت را برای هر ماه رسم کنیم. از رسم این منحنی، خط شکسته ای با تعدادی افت و خیز به دست می آید. حال اگر یک ماه را در نظر گرفته و آن را با جزئیات بیشتر بر حسب هفته رسم کنیم، خط شکسته مشابه را با چند افت و خیز مشاهده خواهیم کرد. اگر این عمل به صورت روزانه، بر حسب ساعت و بر حسب دقیقه تکرار کرد، خطوط حاصل، افت و خیزهای مشابه را خواهند داشت. در نتایج به دست آمده خود تشابهی وجود دارد که مندلبورت برای توصیف آن از یک فراکتال جدید استفاده کرد و براساس تکرار مولد یعنی پایه فراکتال های اصلی، بازار را مدل سازی نمود (رحمانی و دیگران : 2012).

شکل 1- نمونه ای از شکل های فراکتالی (به ترتیب منحنی دراگون، فراکتال درخت و برف دانه کخ)



هر فراکتال از تکرار مولد منحصر به فرد خود ایجاد می شود. شکل 2 بیانگر مولد رفتار بازار و سری زمانی فراکتالی رفتار بازار است. اگر مولد برای دفعات متوالی بر روی اضلاع خود تکرار شود حاصل سری زمانی فراکتالی رفتار بازار خواهد بود (Mandelbrot : 1999).

شکل 2- ایجاد سری زمانی فراکتالی بازار با تکرار مولد رفتار بازار



یکی از ویژگی های اساسی هندسه اقلیدسی این است که ابعاد در این هندسه به صورت اعداد صحیح هستند. خطوط تک بعدی و صفحات دو بعدی هستند. فضا سه بعدی است و با اضافه شدن زمان به فضا بعد چهارم نیز ایجاد می شود. اما یک شی ساده کروی شکل که دارای حفره های زیادی بر روی سطحش است نه سه بعدی است و نه دو بعدی. سه بعدی نیست زیرا دارای حفره است و دوبعدی نیست زیرا دارای عمق است. در حقیقت بعد آن صحیح نیست بلکه مابین دو و سه بوده و دارای بعد کسری است (Peters : 1994). بعد فراکتالی معیار مناسبی برای میزان پیچیدگی است. بدین صورت که اگر بعد فراکتالی یک شی یا منحنی بیشتر باشد، بیانگر این است که سطح شی یا منحنی از پیچیدگی بالایی برخوردار است. همچنین بعد فراکتالی قابل تعمیم به مالی، اقتصاد و مدیریت است. بدین صورت که اگر بعد فراکتالی بازار و یا سازمان بیشتر باشد، از پیچیدگی بالایی برخوردار است.

بعد فراکتالی یک سری زمانی بسیار مهم است زیرا مشخص کننده این است که دارای فرایند قطعی (یک خط با بعد فراکتالی 1) و یا تصادفی (با بعد فراکتالی 1.5) است. در حقیقت بعد فراکتالی یک خط در بازه 1 تا 2 می باشد. تحلیل اماری سری زمانی با بعد فراکتالی متفاوت از 1.5 کاملاً متفاوت از آمار گاوسی است و ضرورتاً در توزیع نرمال نمی گنجد (Peters : 1994).

نکته بسیار مهم امکان پیش بینی و تشخیص وضعیت های غیر پایدار سیستم است. وقتی که  $D = 1.6 \sim 1.7$  باشد، مقدار بحرانی از بعد فراکتالی منحنی در سری های زمانی وجود دارد. به طور تقریبی در این مقدار، سیستم ناپایدار و پارامترهای آن بسته به روند فعلی به طور سریع نزولی و یا صعودی است. مقدار بعد فراکتالی ممکن است به تعیین تعداد عوامل تاثیرگذار بر سیستم کمک کند. اگر بعد فراکتالی کمتر از 1.4 باشد، تنها یک یا تعداد کمی عوامل بر سیستم اثر می گذارند و آن را در یک جهت حرکت می دهند. اگر بعد فراکتالی در حدود 1.5 باشد، در آن صورت نیروهایی که بر سیستم تاثیر می گذارند در جهات مختلفی بوده ولی کم و بیش یکدیگر را جبران می کنند. اگر بعد فراکتالی بیشتر از 1.6 باشد، سیستم ناپایدار و آماده برای انتقال به مرحله جدید خواهد بود (رحمانی و دیگران : 2012).

یکی از معیارهای مرتبط با بعد فراکتالی و معیار همبستگی برای توزیع های پایدار، نمای هارست است. بر حسب مقادیر مختلف نمای هارست، سه رده بندی مجزا برای سری های زمانی وجود دارد.  $H = 0.5$ ، بیانگر تصادفی و ناهمبسته بودن وقایع می باشد. به عبارتی افت و خیزهای کنونی سری روی آینده آن تاثیری ندارد.  $0.5 < H \leq 1$  متناظر با  $0 < C \leq 1$  بوده و در این حالت سری را پایدار گوئیم که مشخصه آن حافظه بلند مدت است؛ به این معنی که افت و خیز های سری در حال با همه افت و خیزهای سری در آینده همبستگی مثبت دارد.  $0 \leq H < 0.5$  متناظر با  $C < 0$  بوده و در این حالت سری را ضد پایدار گوئیم که بیانگر مشخصه آن حافظه کوتاه مدت و همبستگی منفی است؛ به این معنی که هرگاه سری زمانی به سمت بالا صعود کند به احتمال زیاد در آینده نزدیک نزول می کند و برعکس (رحمانی و دیگران : 2012).

### 3. پیشینه تحقیق

در مقاله (Qian & Rasheed, 2007) با استفاده از نمای هارست سری های زمانی دوره های زمانی مختلف شاخص داوجونز<sup>1</sup> دسته بندی شده اند. نتیجه پژوهش مذکور نشان می دهد که پیش بینی سری های زمانی دوره های زمانی با نمای هارست بزرگ نسبت به دوره های با مقدار نمای هارست نزدیک به سری های تصادفی از دقت بالاتری برخوردارند. این بیانگر این است که بازارهای مالی در تمام دوره ها تصادفی نیستند.

در مقاله (Moeini & others, 2006) رفتاری آشوبی شاخص بورس تهران بررسی شده است. برای این منظور با بکارگیری بعد همبستگی<sup>2</sup>، نمای هارست و بزرگترین نمای لیاپانوف<sup>3</sup> نشان داده شده است که رفتار سری زمانی شاخص بورس

<sup>1</sup> Dow-Jones Index

<sup>2</sup> Correlation Dimension

تهران غیرخطی است. تحلیل نتایج حاکی از این است که شواهد کافی برای مشاهده رفتار آشوبی در شاخص بورس تهران وجود دارد.

در مقاله (Mitra, 2011) با بکارگیری تخمین نمای هارست با استفاده از رویکرد نسبت  $R/S$  میزان پیش بینی پذیری سری های زمانی شاخص های مختلف بازار سهام هند در یک مدت ده ساله بررسی شده است. نتایج حاکی از آن است که مقدار نمای هارست در سری های زمانی منتخب نزدیک به 0.5 و تحلیل نسبت  $R/S$  در پنجره های زمانی کوتاه مدت تجاری 30 روزه نشان دهنده رابطه مثبت بین نسبت  $R/S$  و کارایی روش میانگین متحرک است.

در مقاله (Norouzzadeh & Jafari, 2005) با استفاده از روش های تحلیل نسبت  $(R/S)$ ، تحلیل طیف مقیاس اصلاح شده (Lo's method)، تحلیل نوسانات روندزدایی شده (DFA) و تحلیل نمای هارست تعمیم یافته خاصیت چند فراکتالی در داده های اخص قیمت بازار سهام تهران به کار گرفته شده است. نتیجه حاکی از این است که نمای هارست سری های زمانی شاخص های قیمت بورس تهران بزرگتر از 0.5 بوده که بیانگر وجود حافظه بلند مدت در این سری هاست. همچنین بر مبنای تحلیل نمای هارست تعمیم یافته، خصوصیات بورس تهران نشان دهنده عدم توسعه یافتگی این بازار است که بیانگر یک بازار مالی نوظهور است.

در مقاله (جعفری و دیگران، 1390) ویژگی های مقیاسی شاخص کل بورس تهران از طریق تحلیل چندفراکتالی نوسانات روندزدایی شده بررسی شده است. نمای مقیاسی به دست آمده برای سری های زمانی روزانه شاخص کل نشان دهنده این است که دو نوع مختلف توزیع های احتمال دم کلفت و همبستگی های بلند مدت، باعث چندفراکتالی شدن نوسانات شاخص بورس تهران می شود. نتیجه تحقیق حاکی از این است که شاخص کل بورس تهران دارای حافظه بلندمدت است بدین معنی که اثر تکانه ها و شوک های وارده بر آن برای مدت طولانی باقی می ماند.

#### 4. مبانی نظری تحقیق

تابع  $x(t)$  در فضای  $L^2(IR)$ ، با شرط زیر تعریف شده است:

$$x(t) \in L^2(IR) \Rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt < \infty$$

تبدیل موجک پیوسته<sup>4</sup> (CWT) آن به صورت زیر تعریف می شود:

$$CWT_x(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

که در آن،  $\psi(x)$  تابع موجک مادر<sup>5</sup> نامیده می شود. پارامترهای  $a$  و  $b$  به ترتیب، پارامتر مقیاس و پارامتر انتقال موجک مادر است. که  $a$  نمایش میزان پهنای موجک و  $b$  نمایش موقعیت آن است. تبدیل موجک گسسته<sup>6</sup> (DWT) آن نیز به صورت زیر تعریف می شود (احمدی و دیگران: 2011):

$$DWT_x(a, b) = \sum \sum x(t) 2^{-j/2} \psi(2^{-j} t - k)$$

که در آن،

$$a = 2^{-j}, \quad b = a.k \rightarrow k \in Z$$

موجک های گسسته با استفاده از توابع مقیاس<sup>7</sup> متصل به آنها به کار گرفته می شوند. توابع با موجک ها دامنه تعریف عمومی و

<sup>3</sup> . Largest Lyapanov Exponent

<sup>4</sup> . Continuous Wavelet Transform

<sup>5</sup> . Wavelet Mother

<sup>6</sup> . Discrete Wavelet Transform

<sup>7</sup> . Scaling Functions

رابطه تعریف شده با مقادر دارند. تحت یک موجک مادر مشخص  $\psi$  و تابع مقیاس متناظر  $\phi$  ضرایب تقریب<sup>8</sup>  $a(j, k)$  و ضرایب جزئیات<sup>9</sup>  $d(j, k)$  به صورت زیر تعریف می شوند:

$$a(j, k) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\phi_{j,k}(t)dt, \quad d(j, k) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\psi_{j,k}(t)dt$$

که در آن:

$$\begin{aligned}\phi_{j,k} &= 2^{-j/2} \phi(2^{-j}t - k); \\ \psi_{j,k} &= 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k).\end{aligned}$$

بر مبنای تبدیل موجک گسسته سری های زمانی به صورت مجموع اجزای تقریب و جزئیات نمایش داده می شوند:

$$x(t) = approx_j(t) + \sum_{j=1}^J detail_j(t) = \sum_k a(j, k)\phi_{j,k}(t) + \sum_{j=1}^J \sum_k d(j, k)\psi_{j,k}(t)$$

برای تخمین نمای هارست در تحقیقات کاربردی روش معرفی شده توسط آرپی<sup>10</sup> (1998) متداول است. روش اشاره شده بر این مبناست که میانگین مربعات ارزش ضرایب جزئیات موجک  $E_j = \frac{1}{n_j} |d_x(j, x)|^2$  از قانون مقیاس بندی پیروی می کنند:

$$E_j \sim 2^{(2H-1)j},$$

که در آن  $H$  نمای هارست است. رابطه ذیل نشان دهنده روش به کار گرفته شده برای تخمین نمای هارست است:

$$\log_2 E_j = \log_2 \left( \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} |d(j, k)|^2 \right) \sim (2H - 1)j + const.$$

از رابطه مذکور این گونه نتیجه گیری می شود که اگر وابستگی بلند مدت سری زمانی  $x(t)$  وجود داشته باشد، نمای هارست می تواند از طریق تخمین شیب تابع  $\log_2(E_j)$  نسبت به  $j$  به دست آید (Kirichinko : 2011). یکی از مشخصه های مهم فراکتال ها بعد آنها یا همان بعد فراکتالی است. بعد فراکتالی،  $D$ ، از طریق نمای هارست به وسیله رابطه زیر محاسبه می شود:

$$D = 2 - H$$

که در آن  $H$  نمای هارست است. شاخص قابلیت پیش بینی نیز از رابطه زیر به دست می آید:

$$PI = 2|D - 1.5|$$

که در آن  $D$  بعد فراکتالی است. در رابطه فوق عبارت  $D - 1.5$  داخل پرانتز قرار گرفته است زیرا شاخص قابلیت پیش بینی در دو حالت افزایش پیدا می کند زمانی که بعد فراکتالی کمتر از 1.5 می شود و یا زمانی که بیشتر از 1.5 می شود. که در حالت اول سری را پایدار<sup>11</sup> و در حالت دوم ان را ناپایدار<sup>12</sup> می نامند (Mittal and Bhardwaj : 2011).

## 5. تجزیه و تحلیل داده ها

داده های مورد استفاده تحقیق مربوط به شاخص روزانه گروه های مختلف بازار بورس تهران در بازه زمانی 6 فروردین 1384 تا 28 اسفند 1392 است که از سایت بازار بوس تهران استخراج شده است. برای محاسبه شاخص های اشاره شده، ابتدا با استفاده از جعبه ابزار موجک نرم افزار *MATLAB R2013a*، نمای هارست سری های زمانی گروه ها به روش تبدیل

<sup>8</sup> . Approximate Coefficients

<sup>9</sup> . Detailing Coefficients

<sup>10</sup> . Arby

<sup>11</sup> . Persistence

<sup>12</sup> . Anti - Persistence



موجک تخمین زده شد. سپس با استفاده از روابط اشاره شده در قسمت قبل بعد فراکتالی و شاخص قابلیت پیش بینی سری ها محاسبه شد که در جدول 1 آمده است.

جدول 1) نمای هارست، بعد فراکتالی و شاخص قابلیت پیش بینی سری زمانی گروه های مختلف

| شماره | گروه                                | نمای هارست | بعد فراکتال | شاخص قابلیت پیش بینی | نوع حافظه | نوع رفتار | قابلیت پیش بینی |
|-------|-------------------------------------|------------|-------------|----------------------|-----------|-----------|-----------------|
| 1     | زراعت و خدمات وابسته                | 0.7803     | 1.2197      | 0.5606               | بلند مدت  | غیر گاوسی | بالا            |
| 2     | استخراج ذغال سنگ                    | 0.8142     | 1.1858      | 0.6284               | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا            |
| 3     | استخراج نفت و گاز و خدمات جنبی      | 0.7187     | 1.2813      | 0.4374               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |
| 4     | استخراج کانه های فلزی               | 0.8989     | 1.1011      | 0.7978               | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا            |
| 5     | استخراج سایر معادن                  | 0.6176     | 1.3824      | 0.2352               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |
| 6     | منسوجات                             | 0.6345     | 1.3655      | 0.2690               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |
| 7     | دبافی، پرداخت چرم و ...             | 0.5248     | 1.4752      | 0.0496               | تصادفی    | گاوسی     | پایین           |
| 8     | محصولات چوبی                        | 0.8072     | 1.1928      | 0.6144               | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا            |
| 9     | محصولات کاغذی                       | 0.8072     | 1.1928      | 0.6144               | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا            |
| 10    | انتشار چاپ و تکثیر                  | 0.5787     | 1.4213      | 0.1574               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |
| 11    | فراورده های نفتی، کک و سوخت هسته ای | 0.0725     | 1.9275      | 0.8550               | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا            |
| 12    | لاستیک و پلاستیک                    | 0.5684     | 1.4316      | 0.1368               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |
| 13    | فلزات اساسی                         | 0.7926     | 1.2074      | 0.5852               | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا            |
| 14    | ساخت محصولات فلزی                   | 0.6246     | 1.3754      | 0.2492               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |
| 15    | ماشین الات و تجهیزات                | 0.5686     | 1.4314      | 0.1372               | بلندمدت   | غیر گاوسی | پایین           |



|    |                                   |        |        |        |           |           |       |
|----|-----------------------------------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-------|
| 16 | ماشین الات و دستگاههای برقی       | 0.2846 | 1.7154 | 0.4308 | کوتاه مدت | غیر گاوسی | پایین |
| 17 | ساخت دستگاهها و وسائل ارتباطی     | 0.4746 | 1.5254 | 0.0508 | کوتاه مدت | گاوسی     | پایین |
| 18 | ابزار پزشکی، اپتیکی و اندازه گیری | 0.8001 | 1.1999 | 0.6002 | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا  |
| 19 | خودرو و ساخت قطعات                | 0.7527 | 1.2473 | 0.5054 | بلندمدت   | غیر گاوسی | بالا  |
| 20 | سایر تجهیزات حمل و نقل            | 0.0060 | 1.994  | 0.9880 | کوتاه مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 21 | میلمان و مصنوعات دیگر             | 0.0149 | 1.9851 | 0.9702 | کوتاه مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 22 | قند و شکر                         | 0.8619 | 1.1381 | 0.7238 | بلند مدت  | غیر گاوسی | بالا  |
| 23 | شرکت های چندرشته ای صنعتی         | 0.6846 | 1.3154 | 0.3692 | بلند مدت  | غیر گاوسی | پایین |
| 24 | محصولات غذایی و آشامیدنی          | 0.6305 | 1.3695 | 0.2610 | بلند مدت  | غیر گاوسی | پایین |
| 25 | مواد و محصولات دارویی             | 0.8284 | 1.1716 | 0.6568 | بلند مدت  | غیر گاوسی | بالا  |
| 26 | محصولات شیمیایی                   | 0.8645 | 1.1355 | 0.7290 | بلند مدت  | غیر گاوسی | بالا  |
| 27 | پیمانکاری صنعتی                   | 0.4845 | 1.5155 | 0.0310 | تصادفی    | گاوسی     | پایین |
| 28 | کاشی و سرامیک                     | 0.6321 | 1.3679 | 0.2642 | بلند مدت  | غیر گاوسی | پایین |
| 29 | سیمان، آهک و گچ                   | 0.9197 | 1.0803 | 0.8394 | بلند مدت  | غیر گاوسی | بالا  |
| 30 | سایر محصولات کانی غیر فلزی        | 0.5352 | 1.4648 | 0.0704 | تصادفی    | گاوسی     | پایین |

|    |  |        |        |        |          |           |       |
|----|--|--------|--------|--------|----------|-----------|-------|
| 31 | سرمایه گذاری ها                                  | 0.6935 | 1.3065 | 0.3870 | بلند مدت | غیر گاوسی | پایین |
| 32 | بانک ها و موسسات<br>اعتباری                      | 0.7568 | 1.2432 | 0.5136 | بلند مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 33 | سایر واسطه گری<br>های مالی                       | 0.7929 | 1.2071 | 0.5858 | بلند مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 34 | حمل و نقل،<br>انبارداری و ارتباطات               | 0.5795 | 1.4205 | 0.1590 | بلند مدت | غیر گاوسی | پایین |
| 35 | مخابرات  | 0.7136 | 1.2864 | 0.4272 | بلند مدت | غیر گاوسی | پایین |
| 36 | واسطه گری های<br>پولی و مالی                     | 0.6629 | 1.3371 | 0.3258 | بلند مدت | غیر گاوسی | پایین |
| 37 | بیمه و صندوق<br>بازنشستگی به جر<br>تامین اجتماعی | 0.8069 | 1.1931 | 0.6138 | بلند مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 38 | انبوه سازی، املاک و<br>مستغلات                   | 0.8790 | 1.121  | 0.7580 | بلند مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 39 | رایانه و فعالیت های<br>وابسته به آن              | 0.8026 | 1.1974 | 0.6052 | بلند مدت | غیر گاوسی | بالا  |
| 40 | خدمات فنی و<br>مهندسی                            | 0.6803 | 1.3197 | 0.3606 | بلند مدت | غیر گاوسی | پایین |

همان طور که مشخص است 75 درصد سری های زمانی گروه های مختلف دارای نمای هارست بالاتر از 0.55 بوده و دارای از حافظه بلند مدت هستند بنابراین انتظار می رود روند صعودی یا نزولی این سری ها ادامه داشته باشد. تنها 10 درصد سری های زمانی گروه ها دارای نمای هارست کمتر از 0.45 است که بیانگر حافظه کوتاه مدت این سری هاست بدین معنی که انتظار می رود رفتار این سری ها در آینده عکس روند صعودی یا نزولی فعلی آنها باشد. همچنین 90 درصد سری ها دارای بعد فراکتالی دورتر از 1.5 هستند بنابراین نوع رفتار این سری ها غیر گاوسی بوده و با مفاهیم آماری گاوسی قابل پیش بینی نیستند. علاوه بر این شاخص قابلیت پیش بینی سری های زمانی محاسبه شده است که می تواند در اختیار کردن سبد مناسب توسط سرمایه گذاران مفید باشد.



## 6. نتیجه گیری

فراکتال ها اشکال هندسی خودمتشابه هستند که در علوم مختلف مانند مهندسی معماری، هنر، ریاضیات، فیزیک، اقتصاد و مالی کاربرد فراوان دارند. یکی از کاربردهای فراکتال ها در اقتصاد و مالی شبیه سازی رفتار بازار با استفاده از فراکتال رفتار بازار است. طبق نظریه ارائه شده توسط مندلیبروت می توان رفتار سری زمانی بازار را از طریق رفتار مولد بازار پیش بینی کرد. شاخص های فراکتالی مانند نمای هارست، بعد فراکتالی و شاخص قابلیت پیش بینی سری زمانی در پیش بینی نوع رفتار سری های زمانی مالی کاربرد دارند. در این نوشتار به روش تبدیل موجک گسسته ابتدا نمای هارست سری های زمانی گروه های مختلف بورس تهران تخمین زده و نوع حافظه این سری ها مشخص شد. سپس با استفاده از رابطه بعد فراکتالی و نمای هارست، بعد فراکتالی سری ها محاسبه گردید و نوع رفتار سری ها از لحاظ گاوسی و غیر گاوسی بودن مشخص گردید. نتیجه حاکی از این است که سری های زمانی 90 درصد گروه ها دارای رفتار غیر گاوسی بوده و پیش بینی آنها از طریق آمار گاوسی امکان پذیر نیست. همچنین شاخص قابلیت پیش بینی گروه ها محاسبه گردید که در انتخاب سبد مناسب توسط سرمایه گذاران می تواند مفید واقع شود.



## منابع و مآخذ

- احمدی، م. و ابراهیم زاده اردستانی، و. و بنی عامریان، ج. (1390). کاربرد تبدیل موجک گسسته دوبعدی در برآورد چشمه های گرانی، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد 5، شماره 3، صفحه 55-66.
- جعفری، غ. و ایزدی نیا، ن. و پیروتی، ج. (1390)، تحلیل چندفراکتالی نوسانات روندزدایی شده شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه بورس و اوراق بهادار، سال چهارم، ش 14، صفحه 115 - 134.
- رحمانی، م. (1390). کاربرد نظریه آشوب و فراکتال در پیش بینی سری های زمانی. تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی شریف.
- Jafari, G. R. and Norouzzadeh, P. (2005), *Application of Multifractal Measurers to Tehran Price Index*, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 356(2), 609-627.
- Kirichenko, L. and Radivilova. T. and Deineko, Z. (2011). *Comparative Analysis for Estimating of the Hurst Exponent for Stationary and Nonstationary Time Series*, International Journal "Information Technologies & Knowledge", Vol.5, 371-388.
- Mandelbrot, B. (1997). *Three Fractal Models in Finance : Discontinuity, Concentration, Risk*, Economic Notes by Banca Monte die Paschi di Siena SPA, 26(2), 171-212.
- Mandelbrot, B. (1999). *A Multifractal Walk down Wall Street*. *Scientific American* **280** (2): 70.
- Mitra, K. S. (2011). *Trends of Stock Prices and Range to Standard Deviation Ratio*, 6(1).
- Mittal, A. and Bhardwaj, R. (2011). *Predictability Index, Fractal Dimension and Hurst Exponent Estimation of Indian Air Pollution Parameters*, International Journal of Advanced Scientific and Technical Research, 2(1), 363-375.
- Moeini, A. and Ahari, M and Madarshahi, S.S. (2006), *Investigating Chaos in Tehran Stock Exchange Index*, Iranian Economic Review, online at: [ier.ut.ac.ir/pdf\\_31005\\_6e51fd93a625455e4f212d02db23c33a.html](http://ier.ut.ac.ir/pdf_31005_6e51fd93a625455e4f212d02db23c33a.html)
- Peters, E. (1994). *Fractal Market Analysis : Applying Chaos Theory to Investment and Economics*, New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Qian, B. and Rasheed, K. (2007). *Hurst Exponent and Financial Market Predictability*, online at: [optimaltrader.se/hurst\\_exponent\\_and\\_financial\\_market\\_predictability.pdf](http://optimaltrader.se/hurst_exponent_and_financial_market_predictability.pdf)