



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال پنجم / شماره هجدهام / تابستان ۱۳۹۵

تجزیه و تحلیل تجربی ابعاد فراکتال بر شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

شکراله خواجهی

دانشیار حسابداری دانشگاه شیراز

هادی عبدی طالب بیگی

کارشناس ارشد حسابداری دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۶

چکیده

هدف این پژوهش تجزیه و تحلیل تجربی ابعاد فراکتال بر شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. در این راستا، شاخص بازده نقدی و قیمت بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفت. نمونه آماری پژوهش شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۱ می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از تحلیل R/S و توان هرست به بررسی تصادفی بودن سری زمانی بازده نقدی و قیمت پرداخته شده است. تحلیل R/S به عنوان یک روش غیرخطی قوی برای بررسی سری‌های زمانی تصادفی و تشخیص آن‌ها از سری‌های زمانی غیرتصادفی کاربرد دارد که مهم‌ترین مزیت تحلیل R/S عدم وابستگی به نوع توزیع سری زمانی مربوط است. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که سری زمانی شاخص بازده نقدی و قیمت مستقل و تصادفی نیست و دارای حافظه بلندمدت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نظریه آشوب، ابعاد فراکتال، توان هرست، گام تصادفی، کارایی بازار.

۱- مقدمه

از آغاز شکل‌گیری بازارهای سرمایه، شناخت و بررسی رفتار قیمت اوراق بهادار و قیمت‌گذاری دارایی‌های مالی، همواره مورد توجه سرمایه‌گذاران و دانشگامیان بوده است. همان‌طور که شواهد نشان می‌دهد در دهه اخیر، بازار سهام یکی از مهم‌ترین مکان‌هایی بوده است که سرمایه‌گذاران در آنجا سرمایه‌گذاری کردند و بازده بالایی را از این بازار کسب کرده‌اند (Agwuegbo et al. 2010). یکی از مهم‌ترین مسائل در بازار سهام، قیمت‌گذاری سهام می‌باشد. شیوه قیمت‌گذاری اوراق مورد معامله، حاصل فعل و انفعال متغیرهای مختلفی می‌باشد که هر یک به طریقی و با شدت متفاوتی بر قیمت اوراق مزبور تاثیر می‌گذارد (خواجه‌وی و قاسمی، ۱۳۸۵). پس از قیمت‌گذاری اوراق بهادار، تغییرات قیمت سهام یکی دیگر از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه هر سرمایه‌گذار جهت خرید، نگهداری و یا فروش اوراق بهادار است. تغییرات قیمت سهام در بورس اوراق بهادار امری عادی است که این تغییرات می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی اعم از درون سازمانی و برون سازمانی قرار گیرد که هر کدام از این عوامل می‌توانند قیمت سهام را به نحوی دچار نوسان و تغییرات کنند (افشاری، ۱۳۸۲). همچنین استفاده از قیمت سهام در گذشته می‌تواند یکی از عوامل موثر جهت پیش‌بینی قیمت سهام در آینده باشد. بنابر نظریه تئوری تکنیکی، الگوی گذشته رفتار قیمت اوراق بهادار در گذشته، در آینده به همان صورت تکرار خواهد شد (نمازی، ۱۳۸۲). افراد به دلایل مختلف به الگوی رفتاری پیش‌بینی قیمت سهام روی می‌آورند. ناشناخته بودن عوامل تاثیرگذار دینامیک بر تغییرات قیمت سهام و نبود مدل‌های کامل برای توصیف هر یک از این عوامل و اثرات متقابل آن‌ها بر یکدیگر، دلیلی برای روی آوردن به پیش‌بینی قیمت سهام از روش مبتنی بر سری‌های زمانی شرکت‌ها است (خالوزاده و همکاران، ۱۳۷۵). در صورتی که الگوی رفتاری تغییرات قیمت سهام قابل کشف باشد سهامداران با ارزیابی سهام خود و دیگر سهام موجود در بازار می‌توانند بهترین سهام را انتخاب و در نتیجه اقدام به نگهداری، فروش و یا بعضاً جایگزینی سهام خود با سهام دیگر نمایند (افشاری، ۱۳۸۲). از طرفی، تکنیک‌های مختلفی جهت آزمون کارایی بازار وجود دارد. یکی از تکنیک‌های آزمون کارایی بازار تکنیک گام تصادفی می‌باشد (نمازی، ۱۳۸۲). منظور از گام تصادفی قیمت سهام، شرایطی است که تغییرات قیمت سهام روند خاصی ندارد و روند تغییر قیمت و الگوی رفتاری آن تصادفی و غیر منظم است (جهانخانی و عبده تبریزی، ۱۳۷۲). ضرورت آزمون کارایی بازار از آنجا ناشی می‌شود که بازار، در صورت کارا بودن قیمت اوراق به درستی و عادلانه تعیین می‌شود و تخصیص سرمایه که مهم‌ترین عامل تولید و توسعه اقتصادی است به صورت مطلوب و بهینه انجام می‌شود و عدم تایید فرضیه بازار کارا به معنی وجود همبستگی در بازدهی‌های بازارهای مالی می‌باشد. به منظور در نظر گرفتن همبستگی‌ها در بازدهی‌ها و قیمت‌های شاخص‌های مالی در بازار سهام پیترز فرضیه بازار فراکتالی را مطرح نمود. این فرضیه دامنه وسیع تری برای رفتار بازدهی‌ها در نظر می‌گیرد. در فرضیه بازار فراکتالی از نظریه فراکتال‌ها و هندسه فراکتالی و برای تعیین وجود همبستگی در نوع فرآیند رفتاری از آماره نمای هرست استفاده می‌شود (Peters, 1994). روش‌های مختلفی برای محاسبه نمای هرست وجود دارد که مهمترین این روش‌ها، تحلیل R/S نام دارد.

هدف اصلی این پژوهش تجزیه و تحلیل تجربی ابعاد فراکتال بر شاخص بازده نقدی و قیمت و همچنین بررسی وجود حافظه بلندمدت در تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تحلیل R/S می‌باشد. برای رسیدن به هدف اصلی پژوهش سوالات زیر طراحی شده است:

- آیا تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت مستقل از یکدیگرند؟
- آیا تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت دارای حافظه بلندمدت می‌باشد؟

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، فرضیه زیر ارائه می‌شود:
تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران مستقل از یکدیگر و بدون حافظه بلندمدت می‌باشد.

در این پژوهش با استفاده از روش سری زمانی و تحلیل (R/S) برای اندازه‌گیری ابعاد فراکتال بر بازده شاخص نقدی و قیمت استفاده می‌شود. تحلیل R/S به عنوان یک روش غیرخطی قوی برای بررسی سری‌های زمانی تصادفی و تشخیص آن‌ها از سری‌های زمانی غیر تصادفی کاربرد دارد. بر پایه این تحلیل، وجود اثر حافظه بلندمدت را می‌توان از اطلاعات مربوط به بازده روزانه سهام شرکت‌ها و یا شاخص سهام بازار راه، به دست آورد. همچنین یکی از مهم‌ترین مزایای تحلیل R/S عدم وابستگی به توزیع سری زمانی مربوط است (خالوزاده و همکاران، ۱۳۷۵). در این پژوهش جهت محاسبه توان هرست و بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت، از تحلیل R/S استفاده شده است. در این پژوهش جهت آزمون گام تصادفی و وجود حافظه بلندمدت در بازار بورس و همچنین آزمون کارایی بازار از تجزیه و تحلیل ابعاد فراکتال بر شاخص بازده نقدی و قیمت، استفاده شده است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

گام تصادفی

در سال‌های اخیر تحقیقات تجربی زیادی در رابطه با کارایی بورس اوراق بهادار به عنوان معیاری جهت تعیین کارایی بازار، مورد توجه قرار گرفته است. در یک بازار کارا، رفتار قیمت اوراق بهادار نباید از الگوی خاصی تبعیت کرده و تغییرات متوالی قیمت‌های اوراق بهادار باید مستقل از یکدیگر بوده و از تئوری گام تصادفی پیروی نماید (نمازی و شوشتریان، ۱۳۷۵). بعد از مطرح شدن نظریه گام تصادفی، فرضیه بازارهای کارا برای آزمون آن بوجود آمد که بر اساس این فرضیه بازارهایی که از فرایند گام تصادفی تبعیت نمایند کارا می‌باشند. اما بر اساس مطالعه مندلیبروت در حالیکه همبستگی کوتاه‌مدت به احتمال زیاد بنیادی برای تدوین استراتژی‌های تجاری به منظور کسب بازدهی‌های غیرمعمول ایجاد نمی‌کند، اما وجود همبستگی‌های بلندمدت تحت شرایط معینی به مفهوم آنست که استراتژی‌های تجاری مبتنی بر قیمت‌های تاریخی ممکن است بطور سیستماتیک سودآور باشد. بنابراین تشخیص نوع همبستگی در بازدهی‌های شاخص‌های بازارهای مالی از اهمیت فراوانی برای سرمایه‌گذاران و

سیاستگذاران مالی برخوردار است. در نتیجه، فرضیه گسترده‌تر از فرضیه بازار کارا که فقط همبستگی‌های کوتاه-مدت را در نظر می‌گیرد مطرح شد که در این فرضیه همبستگی‌های بلندمدت نیز مورد توجه قرار می‌گیرد (Peters, 1994). این فرضیه توسط پترز، فرضیه بازار فرکتالی نامیده شد. این فرضیه دلایل مبنی بر عدم همبستگی را رد نمی‌کند اما دامنه وسیعتری را برای رفتار بازدهی‌ها در نظر می‌گیرد.

نظریه آشوب

بنیان نظریه آشوب توسط ریاضی دانانی چون ادوارد لورنز و جیمز بورک در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی شکل گرفت. کلاسیک تئوری آشوب را این طور تعریف کرد: "مطالعه کمی رفتارهای غیردوره‌ای بی‌ثبات در سیستم‌های دینامیک غیرخطی" (Mc BRIDE, 2005). انگاره اصلی و کلیدی تئوری آشوب این است که در هر بی‌نظمی، نظم نهفته است. به این معنا که نباید نظم را تنها در یک مقیاس جستجو کرد. پدیده‌ای که در مقیاس محلی، کاملاً تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی به نظر می‌رسد چه بسا در مقیاس بزرگتر کاملاً پایا و قابل پیش‌بینی می‌باشد (Vsolto, 2009). طرفداران این نظریه بر این باورند که در میان الگوهای ظاهراً پیچیده پدیده‌های مختلف، از سیستم‌های هواشناسی گرفته تا هر پدیده دیگری از جمله سازمان‌ها و بازارهای بورس، نوعی نظم وجود دارد (Weiss, 1992). طبق نظریه آشوب غیرقابل پیش‌بینی‌ترین (آشفته‌ترین) سیستم‌ها نیز همواره در محدوده مرزهای معینی حرکت می‌کنند و هرگز از آن خارج نمی‌شوند که معمولاً در درون این بی‌نظمی و آشوب، الگویی از نظم وجود دارد که به طور شگفت‌انگیزی زیبا است (رضائیان، ۱۳۸۰).

هندسه فراکتال، توصیف‌گر جهان طبیعت

اگرچه آشوب نظریه‌ای است که بر موضوعات گوناگون اجتماعی و سیاسی و اقتصادی نظر دارد، اما نیازمند زبانی برای تصویر سازی مفاهیم خود بود و این عرصه‌ای بود که هندسه آشوب یا فراکتال‌ها خلق کردند. فضای فراکتالی همچون زبانی نوین، در توصیف، مدل‌سازی و تحلیل تشکلهای بفرنج به کار می‌آید؛ لیکن در زبان سنتی که بر اساس فضای اقلیدسی مبتنی است، اجزا و اشکال، مانند خط، دایره و کره، کاملاً مرئی و آشنا هستند؛ حال آن‌که عناصر زبان جدید، تن به مشاهده مستقیم و ظاهری نمی‌سپارند. این زبان نوپا، عموماً متشکل از الگوریتم‌هایی است که توسط رایانه‌ها، به اشکال، ساختارها و شمایل منتظم، تبدیل می‌شوند؛ و از آنجا که گنجینه وسیعی از الگوریتم‌ها و روش‌های محاسباتی را در بر می‌گیرد، از گنجایش لازم برای در اختیار نهادن ابزار تحلیل توانمندی برخوردار است (Peitgen et al. 1992). تعداد ابعاد فضا، در هندسه اقلیدسی، همواره عددی صحیح و غیراعشاری (یک‌بعدی، دو‌بعدی و سه‌بعدی) است؛ اما در فضای فراکتالی، می‌تواند عددی غیرصحیح و اعشاری باشد. بعد فراکتال، عددی است کمی که به چگونگی قرار گرفتن اشیا در فضای مربوط به خود وابسته است که یکی از روش‌های بدست آوردن بعد فراکتال، محاسبه توان هرست و کم کردن آن از عدد ۲ می‌باشد (Voss et al. 1985; Peitgen et al. 1992). مطالعه پدیده‌های برخوردار از فضای ابعادی فراکتالی، در سال‌های اخیر، با اقبال شایان توجهی مواجه بوده و عرصه‌های گوناگونی از فرآیندهای فیزیکی، فنی و زیستی را

دربرگرفته است. بویژه بسیاری از فرآیندها و موجودات طبیعی، از خواص لازم برای توصیف و مدل‌بندی در فضای فراکتالی برخوردار هستند؛ مانند درختان، کوه‌ها، ابرها، خوشه‌ها، کهکشان‌ها (فقیه، ۱۳۷۷). بنابراین هندسه فراکتالی وسیله و مفهومی نوین است که امکان توصیف ریخت‌های طبیعی را میسر کرده است. بنیاد هندسه فراکتالی بر این فرض استوار است که اشکال طبیعی، خودهمانند هستند و از تکرار قانونمند یک بلوک آغازین ایجاد شده‌اند و از طرفی دیگر، اجسام همانند اشکال در دنیای واقعی دارای ابعاد متفاوت هستند (Peitgen et al. 1992).

در روانشناسی و علوم رفتاری هم کوشش‌هایی برای بهره‌گیری از نظریه فراکتال در تدوین مدل‌های کمی به عمل آمده است (Schroeder, 1991)؛ و همچنین بهره‌گیری از نظریه فراکتال می‌تواند فراهم‌کننده معیارهایی کمی برای سنج‌ها و شاخص‌های مدیریتی در ارزیابی و مقایسه فرآیندهای رشد و توسعه، استحکام و انسجام سازمان‌ها، شبیه‌سازی، تصمیم‌گیری و مانند اینها باشد (فقیه، ۱۳۷۷).

کاربرد نظریه آشوب و فراکتال در بازارهای مالی

مدل‌هایی که بر اساس چارچوب سیستمی می‌باشند تلاش محققین بر این است که از روابط ساده‌شده استفاده نمایند، و بر این مبنا پیش‌بینی می‌کنند که با این وضعیت سیستم چگونه رفتار خواهد کرد. بنابراین، "دلیل و تاثیر" در این مدل‌ها به صراحت تعریف می‌شوند (Rosenblum & Kuttner, 2006). برای مثال فرض اصلی مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای این است که برگشت سرمایه تابعی خطی یا تناسبی از ریسک می‌باشد. دو فرض وابستگی و رابطه خطی به ما اجازه می‌دهند یک مدل ساده ریاضی برای توضیح این ارتباط بسازیم. دیگر فرض مشترک بین مدل‌های ساده شده، این است که سیستم‌های تحت مطالعه هرگاه به خود وانهاده شود به سمت تعادل پیش‌می‌رود (Rosenblum & Kuttner, 2006). با این ساده‌انگاری امکان کاربردی شدن یک مدل بسیار کاهش می‌یابد. تحت فرضیات مدل ساده شده نمی‌توان بر بسیاری از مسائل فایق آمد. دانش نوین، مطالعه رفتار پویای مدل‌های غیر خطی را تحت عنوان رفتار آشوبی فراهم آورده است. شاید بزرگترین کمک نظریه آشوب انگیزه‌بخشی برای پژوهش در رفتار پیچیده سیستم‌های پویا باشد (Gleick, 1993). بطور مثال، اگر نمودار پلات بازده بازار سهام را به صورت ساعتی، روزانه ماهیانه یا سالیانه بدون هرگونه نشانی از زمان ترسیم کنیم، به احتمال زیاد قادر به تشخیص الگویی مبنی بر تمیز ادوار زمانی نخواهیم بود. اما با استفاده از نظریه آشوب می‌توان نشان داد که سری‌های زمانی آشوبی غالباً چرخه‌هایی نامتناوب و رفتار روندی قویی را نشان می‌دهند و یا به عبارت دیگر می‌توان الگوهای ادواری (سیکلی) را تشخیص داد اما زمان شروع و پایان آن‌ها قابل پیش‌گویی نیستند. در طول این ادوار بازده مثبت از بازده مثبت پیروی می‌کنند و بازده معکوس نیز به همین ترتیب، اما گذار از هر مرحله به مرحله دیگر غیرقابل پیش‌بینی و ناگهانی است. از طرفی دیگر، هم در فیزیک و هم در مالی، هدف از نظریه آشوب و فراکتال مطالعه رفتار دوره‌ای غیرخطی حساسیت سیستم به شرایط اولیه که منجر به جذب‌های عجیب می‌شود، است. بر این اساس، رفتار آشوب‌گونه جزء جدایی‌ناپذیر

یک سیستم است اما در صورتی که الگوی مشخص و قابل پیش بینی و با دوره تناوب ثابت در رفتار بازار به وجود آید این الگو دلیل بر وجود حافظه بلندمدت در بازار و عدم وجود رفتار آشوب‌گونه است.

مروری بر پیشینه پژوهش

خالوزاده و همکاران (۱۳۷۵) در پژوهش خود تحت عنوان "آیا قیمت سهام در بازار بورس تهران قابل پیش بینی است؟" به بررسی موردی قیمت سهام شرکت شهید ایران پرداختند. در این پژوهش از روش تحلیلی R/S جهت پیش‌بینی قیمت شرکت شهید ایران استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سری قیمت شرکت شهید ایران ماهیت غیرتصادفی دارد و میانگین حافظه بلندمدت در مورد شرکت شهید ایران در حدود ۵۰ روز می‌باشد.

مشیری (۱۳۸۱) در مقاله‌ای با عنوان "مروری بر نظریه آشوب و کاربردهای آن در اقتصاد" به معرفی نظریه آشوب پرداخت. در این مقاله، وی با توجه به نو بودن ادبیات آشوب و بی‌نظمی، مفاهیم اولیه و ریاضی آن را تشریح و سپس کاربردهای متنوع نظریه آشوب، به ویژه در اقتصاد را بیان کرد. همچنین، وی روش‌های گوناگون آزمون آشوب که در واقع بیشترین جنبه کاربردی نظریه را دارد بیان کرد.

تهرانی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان "همبستگی متقابل شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تحلیل چندفراکتالی همبستگی‌های بدون روند شده" به بررسی ساختار همبستگی میان شاخص قیمت بازار بورس اوراق بهادار تهران و شاخص‌های مالی و صنعت در دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۱ پرداختند. نتایج پژوهش آنان بیانگر وجود نوعی رابطه مقیاسی میان این شاخص‌ها بود که در آن شدت تفاوت رابطه مقیاسی میان شاخص‌های مالی و صنعت بیش از سایر شاخص‌ها است.

رهنمای رودپشتی و پدram (۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان "آنالیز فراکتالی شاخص بورس اوراق بهادار تهران به روش RS" به بررسی کارایی بازار و معرفی بازار فرکتالی پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که تغییرات روزانه شاخص بورس اوراق بهادار با تغییرات روزهای آتی و تغییرات هفتگی با تغییرات هفته‌های آینده همبستگی دارد که در این حالت سری زمانی خاصیت فراکتالی دارد.

رهنمای رودپشتی و کلانتری دهقی (۱۳۹۳) در پژوهشی به عنوان "مدل‌های مولتی فرکتال در علوم مالی: ریشه، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها" به این نتیجه رسیدند که پویایی بازار سرمایه موجب شده است که رویکردها، شیوه‌ها و مدل‌های تحلیل بازار در حال تحول باشد، همچنین در خوشه‌بندی نوسانات سری‌های زمانی مالی، مقیاس‌های کوچکتر مدنظر قرار می‌گیرد.

سرلپتین و شینتانی (۲۰۰۳) به بررسی روند گام تصادفی و آشوبناک در شاخص داوجونز بورس سهام آمریکا پرداختند. این محققین شاخص روزانه داوجونز بورس سهام آمریکا را در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۲۸ با استفاده از توان لیاپانوف آزمون کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سری زمانی شاخص داوجونز بیشتر از یک روند تصادفی پیروی می‌کند تا اینکه از یک روند آشوبناک پیروی کند.

توماس (۲۰۰۷) در پژوهشی تحت عنوان "تجزیه و تحلیل ابعاد فراکتال بر بازده دارایی‌های چین" به بررسی وجود گام تصادفی در بازار سهام چین پرداخت. در این پژوهش توماس بازارهای شانگهای و شانزن که دو بازار مهم در چین می‌باشند را مورد بررسی قرار داد. او با استفاده از توان هرست که ابزاری جهت آزمون ابعاد فراکتال می‌باشد، تغییرات شاخص سهام این دو بازار را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. روش توماس به این صورت بود که ابتدا بازارهای شانگهای و شانزن را به عنوان دو بازار جدا و مستقل از هم در نظر گرفت. سپس دوره زمانی مورد بررسی را از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ انتخاب کرد. در مرحله بعد با استفاده از توان هرست ابعاد فراکتال این بازارها را محاسبه و سپس کارایی دو بازار را نسبت به هم مقایسه کرد. همچنین توماس توان هرست دو بازار را با توان هرست گروه شبیه سازی شده مقایسه کرد. نتایج پژوهش توماس نشان داد که هیچ کدام از دو بازار شانگهای و شانزن دارای کارایی در سطح ضعیف نمی‌باشند اما بازار شانگهای کارایی بیشتری نسبت به بازار شانزن دارد.

نوروززاده و جعفری (۲۰۰۸) در پژوهشی تحت عنوان "تحلیل چند فراکتالی نوسانات روندزایی شده شاخص کل بورس تهران" شاخص قیمت کل سهام بورس اوراق بهادار تهران را در دوره ۱۳۸۳-۱۳۷۴ مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد رفتار فراکتالی بازار تهران با روند فراکتالی گام تصادفی اختلاف اختلاف چشمگیری دارد.

یو و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از ابعاد فراکتال بار دیگر کارایی بازار چین را در سطح ضعیف آزمون کردند. این محققین روند تغییرات قیمت سهام را با استفاده از روش R/S مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که بازار سهام چین در سطح ضعیف کارا نمی‌باشد.

چن و زیدی (۲۰۱۱) با استفاده از توان هرست بازارهای مالزی و هندوستان را طی سال ۲۰۰۷-۱۹۹۰ مورد بررسی قرار دادند. این محققین دوره زمانی ۲۰۰۷-۱۹۹۰ را به سه دوره ۱۹۹۶-۱۹۹۰، ۱۹۹۰-۱۹۹۶ به عنوان دوره قبل از بحران مالی آسیا، دوره زمانی ۱۹۹۸-۱۹۹۶ به عنوان دوره بحران مالی آسیا و دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۹ به عنوان دوره بعد از بحران مالی آسیا تقسیم کردند. نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که هیچ حافظه بلندمدتی در بازارهای مالزی و هندوستان پس از بحران مالی آسیا وجود ندارد. همچنین نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که بازارهای مالزی و هندوستان در دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۰۷ در سطح ضعیف کارا می‌باشد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

آزمون نمای هرست بر مبنای مطالعاتی است که هرست برای تشخیص فرایند ورودی جریان آب در سدی که بر روی رودخانه نیل می‌ساخت، انجام داد. جریان ورودی آب در سدها معمولاً تصادفی فرض می‌شدند، ولی هرست با مطالعه داده‌های دوره‌های گذشته به وجود چرخه‌های نامتناوبی در جریان ورودی آب پی‌برد. روش مطالعه و آزمون هرست به تدریج به سایر پدیده‌ها نیز که در ظاهر تصادفی به نظر می‌رسند ولی ممکن است از یک الگوی منظمی برخوردار باشند، تعمیم داده شد. روش انجام آزمون به شرح زیر است (Voss et al. 1985; Peters, 1994):

یک سری زمانی $X = X_1, \dots, X_n$ را در نظر بگیرید. ابتدا، مقیاس داده‌ها به صورت زیر تغییر یافته و یا به عبارتی نرمال می‌شود:

$$Z_r = (X_r - X_m), r = 1, \dots, n \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن X_m میانگین سری است. در مرحله بعد، سری زمانی جدیدی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$Y_r = (Z_1 - Z_r), r = 2, \dots, n \quad \text{رابطه (۲)}$$

از آنجا که میانگین Z صفر است، آخرین مقدار Y ، یعنی Y_n ، همیشه صفر خواهد بود. دامنه تعدیل شده برابر خواهد بود با:

$$R_n = \max(Y_1, \dots, Y_n) - \min(Y_1, \dots, Y_n) \quad \text{رابطه (۳)}$$

بدیهی است که چون میانگین Y صفر است، حداکثر آن همیشه بزرگ‌تر یا مساوی صفر و حداقل آن همیشه کوچک‌تر یا مساوی صفر خواهد بود. بنابراین، دامنه تعدیل شده (R_n) همیشه غیرمنفی خواهد بود. هرست با استفاده از قاعده نصف در آمار رابطه زیر را تعریف کرد:

$$\left(\frac{R}{S}\right)_n = a \cdot n^H \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن، R دامنه تجدید مقیاس شده، S انحراف معیار سری زمانی، a عدد ثابت، n تعداد مشاهدات و H نمای هرست هستند. فرمول بالا را می‌توان به طور تقریبی به صورت زیر نوشت:

$$\log\left(\frac{R}{S}\right)_n = \log a + H \log(n) \quad \text{رابطه (۵)}$$

H را توان هرست نیز می‌نامند. توان هرست همانندی دو پیشامد پیاپی را نشان می‌دهد. توان هرست به کمک محاسبه شیب منحنی $\log(R/S) / \log(n)$ و با استفاده از روش رگرسیون در حوزه تغییرات N به دست می‌آید. بیشترین مقدار به دست آمده نمایانگر میانگین دوره گردش متناوب الگو است. در عمل، می‌توان با انجام یک رگرسیون، ضریب نمای هرست (H) را برآورد کرد. طبق نتایج هرست، اگر مقدار نمای هرست برابر با 0.5 شد دلالت بر یک فرایند مستقل دارد. همچنین بعد فراکتالی سریهای زمانی میزان ناهموازی و نوسانات آن را نشان

میدهد. بعد فراکتالی یک خط برابر ۱ و برای یک صفحه برابر ۲ است، بنابراین بعد فراکتالی یک سری زمانی بین ۱ و ۲ قرار دارد.

رابطه بعد فراکتالی و نمای هرست یکسری زمانی از رابطه (۶) به دست می‌آید:

D=2-H

رابطه (۶)

که:

D: بعد فرکتال

H: نمای هرست

اگر نمای هرست بین ۰/۵ و ۱ قرار گیرد، دلالت بر یک سری زمانی دوام‌دار با حافظه بلندمدت دارد و در نهایت اگر، نمای هرست برابر با یک مقدار مثبت ولی کمتر از ۰/۵ شد، دلالت بر بی دوام بودن فرایند دارد. در این پژوهش ابتدا توان هرست و بعد فراکتال با استفاده از نرم‌افزار مطلب ۲۰۱۰ محاسبه و سپس با استفاده از نرم افزار SPSS بعد فراکتال محاسبه شده مربوط به سری زمانی، با بعد فراکتال مربوط به سری زمانی گروه شبیه‌سازی شده گام تصادفی، مقایسه و آزمون شده است.

۴- متغیرهای پژوهش و نحوه اندازه‌گیری آن

این پژوهش فقط شامل دو متغیر می‌شود. متغیر وابسته بازده شاخص نقدی و قیمت می‌باشد. دوره زمانی، متغیر مستقل این پژوهش می‌باشد و به وسیله فواصل روزانه اندازه‌گیری می‌شود. شاخص قیمت و بازده نقدی یا همان شاخص بازده کل با نماد TEDPIX از فروردین ۱۳۷۷ در بورس تهران محاسبه و منتشر شده است. تغییرات این شاخص نشانگر بازده کل بورس است و از تغییرات قیمت و بازده نقدی پرداختی، متأثر می‌شود. شاخص قیمت و بازده نقدی را می‌توان یکی از دقیق‌ترین شاخص‌های محاسبه در بورس تهران به حساب آورد زیرا هر دو مولفه تقسیم سود در شرکت‌ها و بازده سهام بر اثر افزایش قیمت سهام شرکت‌ها در آن، مدنظر قرار گرفته است. شاخص بازده نقدی و قیمت از دو قسمت تشکیل شده است (سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران):

(۱) بازده ناشی از دریافت سود سهام (سود نقدی)

(۲) بازده ناشی از تغییرات قیمت سهام (سود سرمایه‌ای)

نرخ بازده هم برای دوره‌های گذشته و هم برای دوره‌های آینده قابل محاسبه است. جهت محاسبه درآمد سهم در طول یک دوره، اگر D_t سود نقدی سهم در یک دوره مالی و P_t و P_{t-1} قیمت سهم در ابتدا و انتهای دوره یاد شده باشد آن گاه درآمد هر سهم (E) برابر است با:

$$E_t = D_t + (P_t - P_{t-1})$$

رابطه (۶)

با تقسیم این معادله بر P_{t-1} ، بازده سهم (Y) در طول دوره به دست می‌آید:

$$Y_t = (D_t / P_{t-1}) + (P_t - P_{t-1}) / P_{t-1} \quad \text{رابطه (۷)}$$

با توجه به معادله بالا، بازدهی سهام همواره مثبت نیست و با توجه به میزان تغییرات قیمت در دوره نگهداری و میزان پرداخت سود نقدی در پایان دوره مالی ممکن است مثبت، صفر و یا منفی شود. قسمت دوم معادله بالا نشان دهنده تغییرات قیمت سهم است که با ضرب آن در تعداد سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار، می‌توان بازده قیمتی کل بازار را به صورت میانگین وزنی به دست آورد:

$$TEPIX_t = \frac{\sum_{i=1}^n P_{it} q_{it}}{D_t} \times 100 \quad \text{رابطه (۸)}$$

P_{it} : قیمت شرکت i ام در زمان t

q_{it} : تعداد سهام منتشره شرکت i ام در زمان t

D_t : عدد پایه در زمان t که در زمان مبداء برابر $\sum P_{io} q_{io}$ بوده است

P_{io} : قیمت شرکت i ام در زمان مبداء

q_{io} : تعداد سهام منتشره شرکت i ام در زمان مبداء

جامعه آماری این پژوهش کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشند. بدین منظور شاخص بازده نقدی و قیمت بورس اوراق بهادار تهران طی سال مالی ۹۱-۸۲ مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بررسی دقیق‌تر وجود حافظه بلندمدت در شاخص بازده نقدی و قیمت، در سه دوره زمانی ۹۱-۸۲ و ۸۶-۸۲ و ۹۱-۸۷ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵- فرضیه‌های پژوهش

با توجه به مبانی نظری، پیشینه، هدف و سوال‌های پژوهش، فرضیه‌های زیر در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد:

(۱) تفاوت معناداری میان بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۲ و بعد فراکتال گروه شبیه سازی شده گام تصادفی وجود دارد.

(۲) تفاوت معناداری میان بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۸۶-۱۳۸۲ و بعد فراکتال گروه شبیه سازی شده گام تصادفی وجود دارد.

(۳) تفاوت معناداری میان بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۷ و بعد فراکتال گروه شبیه سازی شده گام تصادفی وجود دارد.

جدول ۱- آزمون آماری فرضیه ۱

Hypothesis 1- testing	پارامتر
تعداد مشاهده‌ها	۲۴۱۰
توان هرست گروه شبیه سازی شده گام تصادفی	۰/۵۲۷۳۱۱
انحراف استاندارد	۰/۰۰۹۲۱۶۳
توان هرست گروه تجربی	۰/۸۱۱۸۰۴
آماره t	۳۷/۸۱۶
بعد فراکتال	۱/۱۸۸۱۹۶
P-value	۰/۰۰۰
سطح معنادار	%۵
رد H_0	

جدول ۲- آزمون آماری فرضیه ۲

Hypothesis 2- testing	پارامتر
تعداد مشاهده‌ها	۱۲۱۱
توان هرست گروه شبیه سازی شده گام تصادفی	۰/۵۲۷۳۱۱
انحراف استاندارد	۰/۰۰۹۲۱۶۳
توان هرست گروه تجربی	۰/۸۱۱۵۷۰
آماره t	۳۸/۱۳۱
بعد فراکتال	۱/۱۸۸۴۳
P-value	۰/۰۰۰
سطح معنادار	%۵
رد H_0	

جدول ۳- آزمون آماری فرضیه ۳

Hypothesis 3- testing	پارامتر
تعداد مشاهده‌ها	۱۱۱۹
توان هرست گروه شبیه سازی شده گام تصادفی	۰/۵۲۷۳۱۱
انحراف استاندارد	۰/۰۰۹۲۱۶۳
توان هرست گروه تجربی	۰/۸۱۴۷۱۲
آماره t	۳۶/۰۱۶
بعد فراکتال	۱/۱۸۵۲۸۸
P-value	۰/۰۰۰
سطح معنادار	%۵
رد H_0	

۶- نتایج پژوهش

فرضیه‌های این پژوهش جهت اینکه آیا شاخص بازده نقدی و قیمت بورس اوراق بهادار تهران دارای حافظه بلندمدت می‌باشند یا خیر، آزمون شدند. حافظه بلندمدت ارتباط مستقیم با ابعاد فراکتال دارد. ابعاد فراکتال داده‌های مستقل و دارای روند تصادفی برابر ۱,۵ و یا به عبارتی دارای توان هرست ۰,۵ می‌باشند که در این صورت رفتار سری آشوب‌گونه خواهد بود. در صورتی که توان هرست بزرگتر از ۰,۵ یا ابعاد فراکتال کوچکتر از ۱,۵ باشد سری زمانی تصادفی نبوده و دارای حافظه بلندمدت می‌باشد و اگر توان هرست کوچکتر از ۰,۵ و یا ابعاد فراکتال بزرگتر از ۱,۵ باشد سری زمانی بی‌دوام است (Peitgen et al. 1992). جهت محاسبه بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت سهام، هر سه گروه فرضیه‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل R/S مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل R/S دوره تناوب حافظه بلندمدت را نشان می‌دهد.

یافته‌های حاصل از آزمون فرضیه اول، حاکی از آن است که اختلاف معناداری میان بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۲ و بعد فراکتال گروه گام تصادفی شبیه‌سازی شده وجود دارد. فرضیه ۱ تکرار حافظه بلندمدت بازده نقدی و قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران را طی سال ۱۳۹۱-۱۳۸۲ آزمون می‌کند. مقدار p-value گزارش شده برابر ۰,۰۰۰ می‌باشد که نشان دهنده رد شدن فرضیه H_0 در سطح معنادار ۵ درصد است. توان هرست ۰,۸۱۱۸۰۴ و ابعاد فراکتال ۱,۱۸۸۱۹۶ در دوره ۳۴۰ روزه نشان دهنده تصادفی نبودن شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۲ است. به عبارتی دیگر شاخص بازده نقدی و قیمت در این دوره زمانی دارای حافظه بلندمدت می‌باشد.

یافته‌های حاصل از آزمون فرضیه دوم، حاکی از آن است که اختلاف معناداری میان بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۸۴-۱۳۸۰ و بعد فراکتال گروه گام تصادفی شبیه‌سازی شده وجود دارد. فرضیه ۲ تکرار حافظه بلندمدت بازده نقدی و قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران را طی سال ۱۳۸۶-۱۳۸۲ آزمون می‌کند. مقدار p-value گزارش شده برابر ۰,۰۰۰ می‌باشد که نشان دهنده رد شدن فرضیه H_0 در سطح معنادار ۵ درصد است. توان هرست ۰,۸۱۱۵۷۰ و ابعاد فراکتال ۱,۱۸۸۴۳ در دوره ۳۳۰ روزه نشان دهنده تصادفی نبودن شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۸۲ و وجود حافظه بلندمدت در این دوره زمانی است.

یافته‌های حاصل از آزمون فرضیه سوم، حاکی از آن است که اختلاف معناداری میان بعد فراکتال شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۷ و بعد فراکتال گروه گام تصادفی شبیه‌سازی شده وجود دارد. فرضیه ۳ تکرار حافظه بلندمدت بازده نقدی و قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران را طی سال ۱۳۹۱-۱۳۸۷ آزمون می‌کند. مقدار p-value گزارش شده برابر ۰,۰۰۰ می‌باشد که نشان دهنده رد شدن فرضیه H_0 در سطح معنادار ۵ درصد است. توان هرست ۰,۸۱۴۷۱۲ و ابعاد فراکتال ۱,۱۸۵۲۸۸ در دوره ۳۳۰ روزه نشان دهنده تصادفی نبودن شاخص بازده نقدی و قیمت در دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۷ و وجود حافظه بلندمدت در این دوره زمانی است.

۷- نتیجه گیری و بحث

یکی از مفروضات بنیادی که در بسیاری از مدل‌ها و الگوها نظیر مدل قیمت گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای (CAPM) کاربرد دارد، کارایی بازار می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که توان هرست در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۲ بزرگتر از ۰.۵ و بعد فراکتال در این دوره زمانی بین ۱.۵ و ۱ می‌باشد که نشان دهنده آن است که تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت مستقل از یکدیگر نیست و یا به عبارتی تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت از گردش تصادفی پیروی نمی‌کند. بطور کلی یافته‌های حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که:

- ۱) تغییرات متوالی قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران مستقل از یکدیگر نیستند و به بیان کامل‌تر قیمت سهام مستقل از قیمت‌های سهام در گذشته نمی‌باشد و یا به عبارت دیگر با توجه به مدل بازار کارا، بورس اوراق بهادار در سطح ضعیف کارا نمی‌باشد.
- ۲) شاخص بازده نقدی و قیمت بورس اوراق بهادار تهران خاصیت فراکتالی دارد که این خاصیت بیانگر آن است که شاخص بازده نقدی و قیمت دارای حافظه بلندمدت می‌باشد.

همچنین باتوجه به مستقل نبودن تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت و وجود حافظه بلندمدت در تغییرات شاخص بازده نقدی و قیمت می‌توان نتیجه گرفت که بورس اوراق بهادار تهران در سطح ضعیف کارا نمی‌باشد. با توجه به نتایج مطالعه به سرمایه‌گذاران و فعالان بازار سرمایه پیشنهاد می‌شود که از نتایج این پژوهش در تحلیل کارکرد بازار جهت تصمیم‌گیری در خرید و یا نگهداری سهام استفاده کنند. نتایج این پژوهش از لحاظ آزمون کارایی بورس اوراق بهادار با یافته‌های نمازی و شوشتریان (۱۳۷۵)، فدائی نژاد (۱۳۷۳)، خالوزاده و همکاران (۱۳۷۵)، افشاری (۱۳۸۲)، سینایی و همکاران (۱۳۸۴)، قالیباف و ناطقی (۱۳۸۵)، تهرانی و همکاران (۱۳۸۷)، نوربخش و همکاران (۱۳۸۹) و عباسیان و همکاران (۱۳۹۱) منطبق و برخلاف یافته‌های بیدگلی و باطانی (۱۳۸۳)، شیرکوند و همکاران (۱۳۸۷) می‌باشد. از طرفی با توجه به اینکه شرایط بازار و رقابت در کشورها و دوره‌های زمانی متفاوت، می‌تواند بر نتایج پژوهش تاثیرگذار باشد، می‌بایست این عوامل را در مقایسه‌ها لحاظ کرد.

فهرست منابع

- * افشاری، ح. (۱۳۸۲). "بررسی ساختاری قابلیت پیش بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران." بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، شماره ۳۲، صص. ۱۲۶-۱۰۳.
- * بیدگلی اسلامی، غ.، صادقی باطانی، ع. (۱۳۸۳). "ارائه قواعد فیلتر و مقایسه بازدهی قواعد فیلتر با روش خرید و نگهداری." فصلنامه تحقیقات مالی، شماره ۱۸، صص. ۲۶-۳.
- * تهرانی، ر.، انصاری، ح.، و سارنج، ع. (۱۳۸۷). "بررسی وجود بازگشت به میانگین در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از آزمون نسبت واریانس." بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، شماره ۵۴، صص. ۳۲-۱۷.

- * تهرانی، ر.، نمکی، ع. و هدایتی‌فر، ل. (۱۳۹۱). "همبستگی متقابل شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهرانبا استفاده از تحلیل چندفراکتالی همبستگی‌های بدون رند شده." تحقیقات مالی، شماره ۱، صص. ۵۵-۶۸.
- * جهانخانی، ع. و عبده تبریزی، ح. (۱۳۷۲). "نظریه بازار کارآی سرمایه." فصلنامه تحقیقات مالی، دوره ۱، صص. ۷-۲۳.
- * خالوزاده، ح. و خاکی صدیق، ع. و لوکس، ک. (۱۳۷۵). "آیا قیمت سهام در بازار بورس تهران قابل پیش بینی است؟" فصلنامه تحقیقات مالی، شماره ۱۱ و ۱۲، صص ۳۷-۴۶.
- * خواجهی، ش. و قاسمی، م. (۱۳۸۵). "فرضیه بازار کارا و مالی رفتاری." فصلنامه تحقیقات مالی، شماره ۲۰، صص. ۴۹-۶۹.
- * رضائیان، ع. (۱۳۸۰). مبانی سازمان و مدیریت. تهران: انتشارات سمت.
- * رهنمای رودپشتی، ف. و کلانتری دهقی، م. (۱۳۹۳). "مدل‌های مولتی فرکتال در علوم مالی: ریشه، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها." دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، شماره ۲۴، ۴۷-۲۵.
- * رهنمای رودپشتی، ف. و پدرام، پ. (۱۳۹۱). "آنالیز فرکتالی شاخص بورس اوراق بهادار تهران به روش RS." فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، شماره ۳، پاییز ۹۱، صص ۶۳-۷۹.
- * سینایی، ح. مرتضوی، ا. و تیموری اصل، ی. (۱۳۸۴). "پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی." فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، سال دوازدهم، شماره ۴۱، صص. ۵۹-۸۳.
- * شیرکوند، س. محمدی، ش. و دولتی، ن. (۱۳۸۷). "بررسی وجود بازگشت به میانگین در قیمت‌های سهام در بورس اوراق بهادار تهران." فصلنامه تحقیقات مالی، شماره ۲۵، صص. ۴۱-۵۶.
- * فدائی نژاد، م. (۱۳۷۳). "برداشتهای غلط برخی از محققین در زمینه کارایی بازار سرمایه." فصلنامه تحقیقات مالی، سال اول، شماره ۲، صص. ۳۷-۴۵.
- * فقیه، ن. (۱۳۷۷). "توسعه فراکتالی در سیستم‌های پویا و تحول در سیستم‌های سازمانمند." فصلنامه دانش مدیریت، سال یازدهم، شماره ۳۹ و ۴۰، صص. ۵-۳۹.
- * قالیباف اصل، ح. و ناطقی، م. (۱۳۸۵). "بررسی کارایی در سطح ضعیف در بورس اوراق بهادار تهران (بررسی زیر بخش های بازار)." فصلنامه تحقیقات مالی، دوره ۸، شماره ۲۲، صص. ۴۷-۶۶.
- * مشیری، س. (۱۳۸۱). "مروری بر نظریه آشوب و کاربردهای آن در اقتصاد." فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۲، پاییز ۱۳۸۱، صص. ۳۰-۷۱.
- * نمازی، م. و شوشتریان، ز. (۱۳۷۵). "مروری بر آزمونهای کارایی بورس اوراق بهادار در سطح ضعیف." فصلنامه تحقیقات مالی، سال سوم، شماره ۱۱ و ۱۲، صص. ۶۲-۱۰۹.
- * نمازی، م. (۱۳۸۲). بررسی عملکرد اقتصادی بازار بورس اوراق بهادار در ایران. چاپ اول، انتشارات پایگان.

* نوریخس، ع، عسگری، غ، و نصیری، ر. (۱۳۸۹). "کارایی در بازارهای در حال توسعه: شواهد تجربی از بورس اوراق بهادار تهران." فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، دوره ۱۷، شماره ۶۲، صص. ۱۱۶-۱۰۳.

- * Agwuegbo, S.O.N.; Adewole A.P. and Maduegbuna A.N. (2010). "A Random Walk Model for Stock Market Prices, Journal of Mathematics and Statistics, Vol. 6, No. 3, pp. 342-346
- * Chin, C. and Isa Z. (2011). " A short range dependence adjusted hurst exponent evaluation for Malaysian and Indonesian financial markets. African Journal of Business Management, Vol. 5, Vol .7 , pp. 2644-2653.
- * Gleick, J (1993). Ghaos . N.Y. : Viking.
- * Mc BRIDE, N. (2005). "Chaos theory as a model for interpreting information systems in organizations. IT Service Management Research Group, School of Computing, De Montfort University, Leicester, LE1 9BH, UK, pp. 233-254
- * Norouzzadeh, P. and Jafari, G.R. (2008). "Application of Multifractal Measures to Tehran Price Index, Available online at <http://arxiv.org/pdf/physics/0412067v1.pdf>
- * Peters, E. E. (1994). Fractal Market Analysis: Applying chaos theory to investment and economics. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- * Peitgen, H. O.; Jurgens, H. and Saupe D. (1992). Chaos and fractals: New frontiers in science (2^{ed}). New York: Springer Verlag Inc.
- * Rosenblum, B. and Kuttner F. (2006). Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness. Oxford University Press, Incorporated.
- * Schroeder, M. (1991). Fractals, Chaos, Power Laws. New York, W. H. Freeman.
- * Serletin. A. and Shintani M. (2003) . "No evidence of chaos but some evidence of dependence in US stock market", Chaos, solitons and fractals, Vol. 17, pp. 449-459.
- * Thomas A. T. (2007). "An Empirical Analysis of the Fractal Dimension of Chinese Equity Returns, doctoral dissertation.
- * Voss R.F.; and pynn R.; and Skjeltorp A. (1985): Scaling phenomena in disorder system, plenum, New York.
- * Vstelo .T. (2009). Chaos Theory And The Science Of Fractals, And Their Application In Risk Management. Cand.merc. Finance & Strategic Management.
- * Weiss, G. (1992). "Chaos Hits wall Street-the Theory, that is", Business week November. pp. 138-140.
- * Zhao, Yu; Zhang, Yu and Zou X. (2011). "Are Chinese soybean future markets efficient? A fractal Analysis. African Journal of Agricultural Research, Vol. 6, No. 16, pp. 3897-3902.