

سال نهم، شماره ۳۴، تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۲۲۰-۱۸۹

تحلیل ویژگی مولتی فراکتال و همبستگی مقطعی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش MF-X-DFA

نادر حنیفی

گروه حسابداری، واحد بین المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، جزیره کیش، ایران

hanifinader@gmail.com

میرفیض فلاح شمس

گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

Mir.Fallahshams@iauctb.ac.ir

نگار خسروی پور

گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Neg.Khosravipour@iauctb.ac.ir

محسن حمیدیان

گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

m_hamidian@azad.ac.ir

شواهد نشان می دهد عده ای از نظریه پردازان بازار را کاملاً تصادفی تصور می کنند و از طرف دیگر افرادی بازار را کاملاً قطعی فرض می نمایند. می توان گفت هر دو گروه تا حد مشخصی درست می گویند ولی نتایجی که از هم پوشانی هر دو تفکر ناشی می شود از انتظارات هر دو گروه متفاوت است. بازار سرمایه به خوبی توسط توزیع نرمال و گشت تصادفی تشریح نمی شود و فرضیه بازار کارا به عنوان فرضیه ای غالب برای عملکرد بازار است. در این پژوهش با مروری کوتاه بر فرضیه بازار کارا و بیان ناکارآمدی آن، فرضیه بازار فراکتال به عنوان جایگزینی برای این فرضیه مطرح می شود. لذا در این پژوهش بررسی ویژگی مولتی فراکتال، کارایی و همبستگی مقطعی در بورس اوراق بهادار تهران در طی دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۳۹۹ و در بازه های روزانه مورد آزمون قرار گرفته است تا مشخص شود آیا شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران در رفتار خود فراکتالی هستند یا خیر. برای دستیابی به هدف فوق از برآورد مدل همبستگی روندزدایی شده استفاده شده است. یافته های حاصل از آزمون های فوق بیانگر این است که شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران دارای ویژگی مولتی فراکتال است و فرآیندی آشوبی و معین را تجربه می کند. این امر دلالت بر ناکارایی بازار سرمایه دارد و به دلیل وجود حافظه بلندمدت در پیش بینی بلندمدت نیز کارایی دارد.

طبقه بندی JEL: C13, I30, H31

واژگان کلیدی: قیمت سهام، بازده سهام، ویژگی فراکتال، آشوب، شاخص هرست

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۵

* تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۰۵

۱. مقدمه

در دنیای واقعی گاهی اتفاقات ناگهانی رخ می‌دهد، مانند فجایع طبیعی که محیط ما را از بین می‌برند و یا فجایع اقتصادی که تمامی دستاوردهای مالی را نابود می‌کنند و ریشه وقوع این اتفاقات به‌طور صریح مشخص نیست که آیا تصادفی و شانسی است یا طبق سلسله دلیل‌های از پیش تعیین شده رخ می‌دهد. اتفاقات هم به صورت تصادفی و غیرقابل پیش‌بینی و هم به صورت قطعی و کاملاً قابل پیش‌بینی قابل مشاهده است. تا آغاز قرن حاضر، این موضوع که جهان مانند ساعت حرکت می‌کند کاملاً پذیرفته شده بود اما ناگهان دانشمندان معادله‌ای کشف کردند که بر اساس آن می‌توان اتفاقات ناگهانی را پیش‌بینی کرد دیگر زمان از مکانیک نیوتونی پیروی نمی‌کند؛ بنابراین از لحاظ تئوری زمان می‌تواند معکوس حرکت کند. این اولین تغییر نگرش در مورد حرکت منظم عالم رخ داد و دومین حرکت در ظهور مکانیک کوانتومی که در آن ساختار مولکولی جهان به‌وسیله سطوح احتمالی مشخص می‌شود ولی باز هم ابهامات باقی ماند که جهان قطعی است یا تصادفی. به آرامی این موضوع آشکار شد که سیستم‌های طبیعی دارای حالت تصادفی محلی و قطعیت جهانی بوده و حالت قطعیت قوانین طبیعی را بیان می‌کند و حالت تصادفی نوآوری و تمایزات را روشن می‌سازد (نوربخش و همکاران، ۱۳۸۹).

علاوه بر آن، یک سیستم سالم نه تنها از شوک‌های ناگهانی در امان و ایمن می‌ماند بلکه با جذب این شوک‌ها فوراً ارتقا می‌یابد. با تعمیم این حقیقت به بازار سهام به نتایج جالبی می‌توان دست یافت. بازار سهام از یک سری سرمایه‌گذاران با افق سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت و بلندمدت تشکیل شده است. در بازار پایدار تمامی سرمایه‌گذاران می‌توانند با یکدیگر معامله کنند و هریک با یک سطح معینی از ریسک مواجه‌اند که افراد این سطح مشخص از ریسک را با مقیاس زمانی یا افق سرمایه‌گذاری خود تطبیق می‌دهند. از طرفی توزیع فراوانی بازده برای معامله‌گران روزانه، هفتگی، سه‌ماهه یکی خواهد بود. این بدین معنی است که معامله‌گر ۵ دقیقه‌ای با ریسکی مواجه است که یک معامله‌گر هفتگی مواجه است. در صورتی که معامله‌گر روزانه در مقیاس زمانی‌اش سقوط ناگهانی کند و مابقی معامله‌گران دارای افق سرمایه‌گذاری متفاوت باشند بازار به صورت

پایدار باقی خواهد ماند. در حالتی که افق سرمایه گذاری تمامی سرمایه گذاران بازار کوچک شود و هر نفر یک معامله گر یک دقیقه ای شود در این حالت بازار ناپایدار و غیرقابل پیش بینی خواهد شد بنابراین بازار در حالتی شوک ها را جذب می کند که دارای خاصیت فراکتالی باشد (نمازی و شوشتریان، ۱۳۷۵).

در مدل هایی که بر اساس چارچوب سیستمی می باشند تلاش محققین بر این است که از روابط ساده شده استفاده نمایند و بر این مبنا پیش بینی می کنند که با این وضعیت سیستم چگونه رفتار خواهد کرد. بنابراین، دلیل و تأثیر در این مدل ها به صراحت تعریف می شوند. برای مثال فرض اصلی مدل های قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای این است که برگشت سرمایه تابعی خطی یا تناسبی از ریسک است. دو فرض وابستگی و رابطه خطی اجازه می دهند یک مدل ساده ریاضی برای توضیح این ارتباط ساخته شود. دیگر فرض مشترک بین مدل های ساده شده، این است که سیستم های تحت مطالعه هرگاه به خود وانهاده شود به سمت تعادل پیش می رود. با این ساده انگاری امکان کاربردی شدن یک مدل بسیار کاهش می یابد. تحت فرضیات مدل ساده شده نمی توان بر بسیاری از مسائل فائق آمد. دانش نوین، مطالعه رفتار پویای مدل های غیر خطی را تحت عنوان رفتار آشوبی فراهم آورده است. شاید بزرگ ترین کمک نظریه آشوب انگیزه بخشی برای پژوهش در رفتار پیچیده سیستم های پویا باشد (قالیباف اصل و ناطقی، ۱۳۸۵).

به طور مثال، اگر نمودار پلات بازده بازار سهام به صورت ساعتی، روزانه ماهیانه یا سالیانه بدون هرگونه نشانی از زمان ترسیم شود، به احتمال زیاد تشخیص الگویی مبنی بر تمیز ادوار زمانی امکان پذیر نیست. اما با استفاده از نظریه آشوب می توان نشان داد که سری های زمانی آشوبی غالباً چرخه هایی نامتناوب و رفتار روندی قوی را نشان می دهند و یا به عبارت دیگر می توان الگوهای ادواری را تشخیص داد اما زمان شروع و پایان آن ها قابل پیشگویی نیستند. در طول این ادوار بازده مثبت از بازده مثبت پیروی می کنند و بازده معکوس نیز به همین ترتیب، اما گذار از هر مرحله به مرحله دیگر غیر قابل پیش بینی و ناگهانی است. از طرفی دیگر، هم در فیزیک و هم در مالی، هدف از نظریه آشوب و فراکتال مطالعه رفتار دوره ای غیر خطی حساسیت سیستم به شرایط اولیه

است که منجر به جاذب‌های عجیب می‌شود. بر این اساس، رفتار آشوب گونه جزء جدایی‌ناپذیر یک سیستم است اما در صورتی که الگوی مشخص و قابل پیش‌بینی و با دوره تناوب ثابت در رفتار بازار به وجود آید این الگو دلیل بر وجود حافظه بلندمدت در بازار و عدم وجود رفتار آشوب گونه است. لذا در این پژوهش سعی خواهد شد هدف مزبور دنبال شود و به بررسی و شناخت بورس اوراق بهادار تهران به عنوان یکی از مهم ترین بازارهای مهم اقتصادی کشور و تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به شرکت‌ها و سهام حاضر در آن و به طور ویژه بر اساس شاخص بازدهی قیمت روزانه سهام در روزهای معاملاتی سال‌های ۱۳۹۰ لغایت ۱۳۹۹ می‌پردازد.

۲. مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

در بحران مالی ۲۰۰۸، بسیاری از نظریه‌های اقتصادی غالب و چشم‌اندازهای مالی به چالش کشیده شدند. فرضیه بازار کارآمد^۱ به طور موقت در زمان بحران نتوانست پاسخگو باشد. با توجه به فرضیه بازار کارآمد و انتظار منطقی سرمایه‌گذاران از بازار کارا، سرمایه‌گذاران قادر به شکست بازار و کسب بازده نبودند. علاوه بر این، سرمایه‌گذاران قادر به خرید یا فروش سهام بی‌ارزش نبودند. به منظور دستیابی به بازده بیشتر از متوسط بازار، سرمایه‌گذاران باید ریسک مربوط به دارایی ناپایدار را قبول کنند. از سوی دیگر، رابرت شیلر^۲، اقتصاددان مشهور، معتقد است که قیمت دارایی‌ها به طور ذاتی ناپایدار است و بنابراین فرض بر کارایی بازار نقض می‌شود. در حالی که فرض بازار کارا همچنان در خط مقدم نظریه‌های مالی نوین قرار دارد، نظریه‌های جایگزین که نمایش دقیق تر بازار را ارائه می‌دهند، ظهور کرده‌اند. به طور مثال، تمرکز بر افق سرمایه‌گذاری و نقدینگی بازار و سرمایه‌گذاران، در نظریه فرضیه بازار کارآمد بسیار محدود است. ساختار نظری بازارهای فراکتالی اما می‌تواند به طور شفاف رفتار سرمایه‌گذار را در دوره‌های بحران و ثبات توضیح دهد (گبکا و ام، ۲۰۱۳).^۳

1. EMH

2. Robert Shiller

3. Gebka and M., 2013

۲-۱. تئوری آشوب و علم فراکتال در اقتصاد مالی

به عقیده ویتلی هنگامی یک سیستم را غیرقابل پیش‌بینی می‌نامند که تعیین جایگاه بعدی آن غیرممکن باشد و هیچ‌گونه امکان پیش‌بینی در مورد آن وجود نداشته باشد. چنین سیستمی هرگز دو بار در یک مکان فرود نمی‌آید، اما طبق نظریه آشوب اگر چنین سیستمی برای مدت کافی تحت نظر گرفته شود، با بررسی حالت‌های سیستم در لحظه‌های مختلف زمان سیستم یادشده همواره نظم ذاتی خودش را به نمایش می‌گذارد؛ حتی غیرقابل پیش‌بینی‌ترین (آشفته‌ترین) سیستم‌ها نیز همواره در محدوده مرزهای معینی حرکت می‌کنند و هرگز از آن خارج نمی‌شوند اغلب درون بی‌نظمی و آشوب، الگویی از نظم وجود دارد که به‌طور شگفت‌انگیزی زیبا است (تهرانی و همکاران، ۱۳۸۹).

بر اساس نظریه آشوب، جهان نظامی غیرخطی، پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی است. این نظریه به سیستم‌هایی اشاره دارد که ضمن نشان دادن بی‌نظمی حاوی نوعی نظم نهفته درون خود هستند و بیانگر رفتارهای نامنظم، غیرخطی و غیرقابل پیش‌بینی و پیچیده در سیستم‌ها است و قائل به وجود یک الگوی نظم غایی در تمام این بی‌نظمی‌ها است. به دلیل غیرخطی بودن و پیچیدگی سیستم‌های آشوب، ارائه مدل از این گونه سیستم‌ها کاری بس مشکل و سخت است. به همین علت سعی شده است به کمک مثال‌ها و مدل‌های رایانه‌ای وجهی از سیستم‌های آشوبناک نشان داده شود (مشیری، ۱۳۸۱).

یکی از مهم‌ترین کاربردهای نظریه آشوبناک در حسابداری و امور مالی پیش‌بینی روند متغیرهای اصلی (قیمت-مقدار) در بازارهای پولی و مالی است. برای نشان دادن رفتار آشوبناک قیمت در بازار سهام از مدل دی و هانگ استفاده می‌شود. این مدل تلاش می‌کند که توضیح دهد چگونه بازارهای پررونق ناگهان تنزل می‌یابند و رفتار آن‌ها تصادفی به نظر می‌رسد. دو گروه از سرمایه‌گذاران در این مدل دخیل هستند؛ گروه اول سرمایه‌گذاران آگاه که منابعی از اطلاعات را در اختیار دارند که می‌توانند ارزش ذاتی یک سهم را تعیین کنند، گروه دوم سرمایه‌گذاران غیر آگاه که برخلاف گروه اول در گیر جمع‌آوری اطلاعات از شرکت‌ها نمی‌شوند. این گروه بر

اساس اطلاعات افشاشده از طریق سرمایه‌گذاران آگاه و تخمینی که از تفاوت بین قیمت کنونی و ارزش ذاتی می‌زنند، قیمت آتی اوراق بهادار را برآورد می‌کنند. دی و هانگ با بررسی جزء به جزء رفتار دو گروه سرمایه‌گذار هیچ جزء تصادفی را مشاهده نمی‌کنند و نشان می‌دهند که تغییر قیمت سهام به‌طور کامل تعیین شده است (بلاک، ۲۰۰۰، ۲۵).^۱ مطالعه پدیده آشوب در بازار سرمایه می‌تواند اطلاعات مفیدی به هر دو گروه سرمایه‌گذاران ارائه نماید.

۲-۲. فرضیات بازار کارا و تئوری گشت تصادفی

تحقیقات در مورد بازارهای مالی توسط لوئیس باچلیر با رساله دکتری او با عنوان «تئوری سفته‌بازی» (۱۹۰۰) شروع شد. باچلیر برای اولین بار پیشنهاد کرد که از روش‌های آماری برای تحلیل رفتار تصادفی سهام، اوراق قرضه و... استفاده شود. مهم‌ترین موضوع در این تحقیق بازار عادلانه بود که تغییر قیمت‌ها در هر جهت و با هر مقدار دارای احتمال وقوع یکسان هستند. نتیجتاً انتظار ریاضی از هر گونه سفته‌بازی صفر خواهد بود. تحت این شرایط، احتمال بزرگ‌تر شدن از قیمت واقعی مستقل از مقدار قیمت محاسباتی است و منحنی احتمال در مورد قیمت واقعی متقارن خواهد بود (باچلیر، ۱۹۰۰) برخلاف مشارکت قابل توجه باچلیر، علاقه در تحلیل بازار از این زاویه بسیار کند پیش می‌رفت. بعد از بحران بی‌سابقه سهام در ۱۹۲۹، دانشمندان به این نظریه بها دادند و تحقیق در مورد بازار تصادفی باعث هدایت و اثبات رقابتی بودن دنیای سرمایه‌گذاری و نشان دادن قیمت‌ها به‌عنوان بهترین علامت اطلاعاتی آتی شد. متأسفانه محققان فراتر از این واقعیت که مدل‌های اقتصادی را شامل می‌شود نرفتند. فاما (۱۹۷۰) بیان می‌کند انگیزه اصلی برای توسعه تئوری ناشی از مدارک دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی است که رفتار سهام عادی و قیمت‌ها را می‌توان از طریق گشت تصادفی تخمین زد. مواجه با شواهد، اقتصاددانان مجبور کرد که پیشنهادهای عقلایی دهند. نهایتاً، در سال ۱۹۷۰ فاما چارچوبی تئوری برای بازار تصادفی تحت عنوان «فرضیه بازار کارا» ارائه کرد. این تئوری بیان می‌دارد که وقتی تمامی اطلاعات در دسترس به‌سرعت در

1. Blak, 2000, 25

بازار منتشر شود به سرعت نیز در قیمت سهام منعکس می شود؛ بنابراین بازار در تعیین قیمت عادلانه کاراست.

فاما بیان داشت که اگر بازار شرایط زیر را داشته باشد کارا خواهد بود:

۱. معامله سهام هزینه انتقال نداشته باشد.
۲. تمام اطلاعات موجود بدون هزینه در اختیار تمامی فعالان بازار باشد.
۳. قیمت سهام منعکس کننده اطلاعات موجود در بازار باشد (فاما، ۱۹۷۰).

در جهان بدون اصطکاک، سرمایه گذاران بازده مورد انتظار رقابتی در بازار به دست می آورند و تمامی هزینه ها و سودهای مرتبط با ارزش سهام در قیمت سهام منعکس شده است. بر اساس نظریه فاما، رقابت بین سرمایه گذاران به بازار سهام اجازه می دهد که قیمت سهام بر طبق بهترین انتظارات از آینده اقتصادی شکل بگیرد. بنابراین اگر قیمت ها از ارزش بنیادی منحرف شود شرکت کنندگان بازار آن را اصلاح می کند. در نهایت قیمت ها با توجه به اطلاعات به تعادل رقابتی می رسند.

تئوری گشت تصادفی توسعه یافته فرضیه بازار کار است. فرضیه گشت تصادفی بیان می دارد که اطلاعات تصادفی تنها عامل تغییر در قیمت هاست. بنابراین در غیاب اطلاعات جدید هیچ علتی برای تغییرات قیمت وجود ندارد. بهترین پیش بینی قیمت های فردا، قیمت های امروز خواهد بود. در نتیجه احتمال وقوع تغییرات از طریق بازی شانسی مانند پرتاب سکه مشخص می شود. تغییر بعدی قیمت از اتفاقات گذشته مستقل است. یا در فرم ریاضیات آن ها ناشی از متغیرهای تصادفی که دارای توزیع مستقل و یکنواخت هستند.

همان طور که قبلاً اشاره شد، این روش توسط باچلیر به صورت ریاضی گشت تصادفی در قیمت سهام را تشریح می کند. ۵۰ سال بعد، اسبوم ایده باچلیر را توسعه داد و مدل باچلیر-اسبوم را ابداع کرد. این مدل ایده مستقل گرفت و همچنین فرض کرد که هزینه معاملات در طول زمان به طور یکنواخت است و توزیع تغییرات قیمت از هر معامله به معامله دیگر دارای واریانس محدود

است (فاما، ۱۹۶۵). اگر تعداد معاملات زیاد باشد توزیع متغیرهای تصادفی مستقل و یکنواخت خواهد بود و بر اساس قضیه حد مرکزی گوسی یا نرمال می‌شود.

توزیع نرمال دارای این مشخصات است: اول، کلیت توزیع می‌تواند از طریق دو گشتاور اول مشخص شود: میانگین که موقعیت را تعیین می‌کند؛ و واریانس که پراکندگی را مشخص می‌کند. دوم، مجموع متغیرهای تصادفی نرمال دارای توزیع نرمال هستند.

در این چهارچوب، گشت تصادفی به صورت آماری به وسیله حرکت‌های براونی بیان می‌شود. حرکت‌های براونی به عنوان فرآیندهای اجتماعی تعریف می‌شود که دارای سه مشخصه اصلی همگنی در زمان، استقلال در توسعه و تداوم در مسیر هستند. حرکت براونی، فرآیندی است که: ۱- از لحاظ آماری ماناست؛ یعنی فرآیند تولیدی تغییرات قیمت در طول زمان ثابت است. بنابراین اگر X_t فرآیند در $t > 0$ باشد آنگاه فرآیند $X_{t_0+t} - X_{t_0}$ دارای همان تابع توزیع برای $t > 0$ است. ۲- افزایش فرآیند برای بازه‌های زمانی مجزا دارای استدلال دوطرفه است. ۳- فرآیند در فرکانس‌های متوالی کاهشی است؛ بدین معنی که بیشتر تغییرات قیمت کوچک هستند و تعداد کمی بزرگ هستند و آن‌ها در یک روش پیوسته تغییر می‌کنند. این روش فرآیندهایی که دارای پرش‌های ناگهانی است را مجزا کرده است. بنابراین این مدل فرض می‌کند که کوچک‌ترین حرکت از t_0 به t می‌تواند به صورت زیر تشریح شود.

$$X_t - X_{t_0} \approx e * (t - t_0)H$$

e متغیر تصادفی نرمال استاندارد است که دارای میانگین صفر و واریانس آن نسبتی از فاصله تفاضلی T^2 است و $H = 0.5$. به‌طور خلاصه در حرکت براونی، برای به دست آوردن X_t ، عدد تصادفی e در $(t - t_0)^H$ ضرب می‌شود و نتیجه با موقعیت X_{t_0} جمع می‌شود.

فرضیات بازار کارا و تئوری گشت تصادفی در بسیاری از تحقیقات تجربی به کار رفته است بعضی از تحقیقات آن‌ها را تأیید کرد. و بعضی دیگر آن‌ها را رد می‌کنند. با این حال امروزه این تئوری‌ها سدی برای مدل‌های قیمت‌گذاری و مدیریت ریسک می‌باشند بنابراین تئوری‌های

نئوکلاسیک‌ها، به عنوان پارادایم‌های حاکم بر اقتصاد و مالی و پایه اساس فکری در وال‌استریت محسوب می‌شود.

۲-۳. فرآیند و تئوری آشوب در بازارهای سرمایه

در مدل‌هایی که بر اساس چارچوب سیستمی می‌باشند تلاش پژوهشگران 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 تأثیر در این مدل‌ها به صراحت تعریف می‌شوند (روزنبلوم و کوتتر، ۲۰۰۶). برای مثال فرض اصلی مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای این است که برگشت سرمایه تابعی خطی یا تناسبی از مخاطره است. دو فرض وابستگی و رابطه خطی به پژوهش‌گر اجازه می‌دهند یک مدل ساده ریاضی برای توضیح این مدل ارتباط تدوین نماید. فرض مشترک دیگر مدل‌های ساده‌شده این است که سیستم‌های تحت مطالعه هرگاه به خود وانهاده شوند به سمت تعادل پیش می‌روند؛ اما امکان کاربردی شدن یک مدل بسیار کاهش می‌یابد و تحت فرضیه‌های مدل ساده‌شده نمی‌توان بر بسیاری از مسائل فائق آمد. دانش نوین مطالعه رفتار پویای مدل‌های غیرخطی را تحت عنوان رفتار آشوبی فراهم آورده است. شاید بزرگ‌ترین کمک نظریه آشوب انگیزه بخشی برای پژوهش در رفتار پیچیده سیستم‌های پویا باشد (ولسکوئز، ۲۰۰۹)^۱. به عنوان نمونه اگر نمودار پلات بازده بازار سهام به صورت ساعتی، روزانه، ماهیانه یا سالیانه بدون هرگونه نشانی از زمان ترسیم شود، به احتمال زیاد تشخیص الگویی مبنی بر تمیز ادوار زمانی میسر نخواهد بود؛ اما با استفاده از نظریه آشوب می‌توان نشان داد که سری‌های زمانی آشوبی اغلب چرخه‌هایی نامتناوب و رفتار روندی قوی را نشان می‌دهند؛ به عبارت دیگر می‌توان الگوهای ادواری را تشخیص داد، اما زمان شروع و پایان آن‌ها قابل پیش‌گویی نیستند به طوری که گذار از هر مرحله به مرحله دیگر غیرقابل پیش‌بینی و ناگهانی است. بر این اساس رفتار آشوب گونه جزء جدانشدنی یک سیستم است، اما اگر الگوی مشخص و قابل پیش‌بینی و با دوره تناوب ثابت در

1. Velasquez, 2009

رفتار بازار به وجود آید؛ این الگو دلیل بر وجود حافظه بلندمدت در بازار و عدم وجود رفتار آشوب گونه است (خواجوی و عبدی، ۱۳۹۵).

۲-۴. بررسی خصوصیات فراکتالی و حالت‌های تک‌فراکتالی و چندفراکتالی

در دیدگاه سیستمی، سیستم‌های ژئومورفیک (ژئوسیستم‌ها)، سیستم‌هایی پویا با رفتار پیچیده غیرخطی هستند. پاسخ‌های غیرخطی این سیستم‌های باز در شرایط نامتعادل، ساختارها و الگوهای ناپایدار را در آستانه‌های تعادلی رقم می‌زنند. مطالعه نظم و تکرار موجود در بسیاری از پدیده‌های طبیعی مانند شکل ابرها، رشته کوه‌ها، شبکه آبراهه‌ای، الگوهای زهکشی و پوشش گیاهی، منجر به خلق روابط ریاضی موجود میان این الگوهای تکرار شونده در قالب مفهوم هندسه فراکتال شده است. واژه فراکتال مشتق از واژه لاتین فراکتوس به معنی سنگی شکسته و خرد شده است (کرمی، ۱۳۸۹، ۷۳) و به عنوان زیرشاخه‌ای از آنالیز مختلط برای رفع ضعف‌های اقلیدسی در بیان و مدل‌سازی از پدیده‌های طبیعی گسترش یافته است. واژه فراکتال در سال ۱۹۶۷ توسط مندلبروت^۱، هنگام مطالعه روی الگوهای موجود در خطوط ساحلی غرب بریتانیا مطرح شد. ویژگی فراکتالی شبکه‌های زهکشی، یکی از اولین نمونه‌های رفتار فراکتالی بود که در سال ۱۹۸۲ توسط مندلبروت ارائه داده شد (تورکات، ۲۰۰۷، ۳۰۲).^۲ هندسه فراکتال بیانگر یک الگوی تکرار شونده در اشیا و تصاویر است، یعنی اگر هر تصویر یا شکل دارای این خاصیت، به قسمت‌های کوچک‌تر (بر اساس مقیاس فراکتال) تقسیم شود، هر کدام از این قسمت‌های کوچک‌تر خود یک کپی کوچک شده از شکل اولیه است که در دیدگاه سیستمی این رفتار نوعی خودسازمان‌دهی بحرانی به حساب می‌آید. هدف هندسه فراکتالی، محاسبه و یافتن این بعد هندسی به منظور پیش‌بینی رفتار طبیعت و دینامیک الگوهای موجود در آن است.

1 Mendelbort

2 Torkat, 2007, 302

۲-۵. ابعاد فراکتالی

یک روش اولیه برای محاسبه بعد فراکتالی پوشش منحنی با دایره‌هایی با شعاع r است تعداد دایره‌هایی که منحنی را پوشش می‌دهد را می‌شماریم سپس شعاع را افزایش می‌دهیم:

$$N * (2 * r)d = 1$$

تعداد دایره‌ها $N =$

شعاع $r =$

چون مقیاس خط بر اساس مقیاس خطی است ابعاد فراکتالی آن یک است یک فرآیند گشت تصادفی که شانس $50-50$ برای کم و زیاد شدن دارد بعد فراکتالی آن $1/5$ است اگر بعد فراکتالی بین 1 تا $1/5$ باشد سری زمانی بیشتر از یک خط و کمتر از حالت گشت تصادفی است. این فرایند گشت تصادفی صاف‌تر از یک خط راست دنده دنده‌ای است.

$$d = \log(N) / \log\left(\frac{1}{2 * r}\right)$$

ابعاد فراکتالی می‌تواند حل شود؛ مانند شیب شکل $\log/\log$ برای سری‌های زمانی ما می‌توانیم شعاع را افزایش دهیم مانند افزایش زمان و آنگاه تعداد دایره‌هایی را که برای پوشش منحنی لازم است می‌شماریم. بنابراین ابعاد فراکتالی یک سری زمانی تابعی از مقیاس آن در زمان است. ابعاد فراکتالی سری‌های زمانی از این جهت اهمیت دارد که مشخص می‌کند که فرآیند حالتی بین کاملاً قطعی (خط با بعد فراکتالی 1) و تصادفی (با بعد فراکتالی $1/5$) است. در حقیقت ابعاد فراکتالی یک خط می‌تواند بین 1 و 2 تغییر کند در حالت $2 > d > 1/5$ سری زمانی بسیار دنده‌ای‌تر از سری زمانی تصادفی است (محمدی و چیت‌سازیان، ۱۳۹۰).

۲-۶. پیشینه پژوهش

ژو و باو (۲۰۱۹)^۱ به بررسی وجود ویژگی مولتی فراکتالی و همبستگی مقطعی را در بازار صندوق‌های قابل معامله در بورس پرداختند. نتایج حاکی از وجود حافظه بلندمدت قبل و بعد از بحران مالی در این بازار بوده است و ویژگی مولتی فراکتالی بعد از بحران مالی قوی‌تر دیده می‌شود.

سای و همکاران (۲۰۱۹)^۲ همبستگی مقطعی را در بازارهای آسیایی با استفاده از تجزیه و تحلیل مولتی فراکتالی بررسی کردند. نتایج حاکی از آن است که خاصیت مولتی فراکتالی و همبستگی مقطعی در این بازارها که شامل بورس اوراق بهادار کشور هند، بورس اوراق بهادار کشور ژاپن و بورس اوراق بهادار کشور چین است وجود دارد و همچنین همبستگی شاخص هرست در بورس این کشورها با شاخص بورس نزدیک نیز معنادار است.

منسی و همکاران (۲۰۱۸)^۳ کارایی ضعیف، حافظه بلندمدت و ویژگی مولتی فراکتالی در بازار سهام کشورهای اروپایی را مورد تجزیه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد حافظه بلندمدت در هر دو مقطع زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت وجود دارد. همچنین میزان حافظه بلندمدت در مقطع زمانی بلندمدت مشهودتر است. همچنین نتایج حاکی از کارا بودن بورس اوراق بهادار کشور یونان نسبت به بقیه بازارهای سهام مورد بررسی است و کشورهای پرتغال و ایرلند دارای ناکارایی در بازار سهام خود هستند.

هو و همکاران (۲۰۱۸)^۴ تحلیل مولتی فراکتالی را برای شاخص قیمت سهام در تایوان به کار بردند و وجود ویژگی‌های مولتی فراکتالی در بازار سهام تایوان را تأیید کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که وجود اطلاعات بازار به صورت فرآیندی زنجیره‌ای باعث چند فراکتالی می‌شود.

1. Zho and Bao, 2019

2. Sai et. Al., 2019

3. Mensi et. Al., 2018

4. Hoa et. Al., 2018

توماس (۲۰۱۷)^۱ در پژوهشی تحت عنوان «تجزیه و تحلیل ابعاد فراکتال بر بازده دارایی های 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 می باشند را مورد بررسی قرار داد. او با استفاده از توان هرست که ابزاری جهت آزمون ابعاد فراکتال است، 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 ۲۰۱۴ 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 نمی باشند اما بازار شانگهای کارایی بیشتری نسبت به بازار شانزن دارد.

سرلیتین و شینتانی (۲۰۱۶)^۲ 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 ۱۹۲۸-۲۰۰۰ با استفاده از توان لیاپانوف آزمون کردند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که سری زمانی شاخص داوجونز بیشتر از یک روند تصادفی پیروی می کند تا اینکه از یک روند آشوبناک پیروی کند.

بیگلر و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر خاصیت فراکتالی شبکه بازار سهام بر بازده سهام را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. به منظور انجام پژوهش از بین ۳۸۲ شرکت عضو در بورس اوراق بهادار تهران ۳۴۹ شرکت را که در بین سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۵ دارای اطلاعات کامل بوده اند، به عنوان نمونه انتخاب نموده و با استفاده از تجزیه و تحلیل اطلاعات و بر اساس فرمول های ارائه شده ساخت شبکه بازار سهام بورس اوراق بهادار تهران انجام شد و با توجه به شبکه ایجاد شده و تحلیل آن

1. Thomas, 2017

2. Serletin and Shintani, 2016

خاصیت فراکتالی شبکه مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون نشان داد شبکه بازار سهام بورس اوراق بهادار تهران شبکه‌ای که با استفاده از سهام به‌عنوان رأس‌ها در آن و ارتباط میان سهم‌ها به‌عنوان یال‌ها ساخته شده است غیر فراکتال است.

مطهری و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی فرضیه کارایی ضعیف و ارائه الگوی هشدار پیش از وقوع نوسانات شدید در بازار ارز ایران با رویکرد مارکوف سوئیچینگ گارچ پرداختند. بدین منظور با استفاده از روش مارکوف سوئیچینگ و تصریح غیرخطی نرخ ارز واقعی، میزان نرخ ارز آستانه‌ای محاسبه شده است به‌طوری که وقتی نرخ ارز واقعی کمتر از این نرخ است، ارتباط مثبتی بین نرخ ارز واقعی و رشد اقتصادی وجود دارد اما پس از عبور از این آستانه و قرار گرفتن در رژیم بالای نرخ ارز واقعی، بین نرخ ارز واقعی و رشد اقتصادی ارتباطی منفی و معنی‌دار وجود دارد. این نرخ ارز واقعی آستانه‌ای حدود ۱۱۷۷۶ ریال برآورد شده است. نهایتاً تأثیر نوسانات ارزی بر نرخ تورم نیز با روش مارکوف سوئیچینگ مدل‌سازی شد که نتایج حاصل از برآورد مدل تحقیق نشان می‌دهد که اولاً تورم در اقتصاد ایران از دو رژیم تبعیت می‌کند که شامل رژیم ۰ با ویژگی میانگین تورم و واریانس (انحراف معیار) پایین و رژیم با ویژگی تورم و واریانس (انحراف معیار) بالا، ثانیاً نوسانات نرخ ارز در هر دو رژیم تورم پایین و بالا اثر مثبت و معنی‌داری بر نرخ تورم داشته است.

خواجوی (۱۳۹۵) به تجزیه و تحلیل تجربی ابعاد فراکتال بر قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداخت، نمونه آماری پژوهش قیمت در دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۱ است. در این پژوهش با استفاده از تحلیل R/S و توان هرست به بررسی تصادفی بودن سری زمانی قیمت پرداخته شده است. تحلیل R/S به‌عنوان 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 قیمت مستقل و تصادفی نیست و دارای حافظه بلندمدت است.

رودپشتی و کلانتری دهقی (۱۳۹۳) مدل‌های مولتی فراکتال در علوم مالی: ریشه، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها را مطالعه کردند. در ابتدا ریشه این روش که از مدل‌های مشابه جریان‌ات آشفته در فیزیک آماری نشأت گرفته شده است معرفی و سپس جزئیاتی در مورد مشخصات و ویژگی‌های مدل‌های سری زمانی مولتی فراکتالی در مالی، روش‌های در دسترس برای تخمین آن‌ها و وضعیت کنونی کاربردهای تجربی این مدل‌ها ذکر می‌شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد 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.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر سعی بر آن دارد تا ویژگی مولتی فراکتال را در مورد شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران مورد آزمون قرار دهد. لذا این پژوهش با توجه به هدف از نوع کاربردی و با توجه به نحوه اجرا، یک پژوهش توصیفی از نوع همبستگی است که برای کشف همبستگی به روش پس رویدادی عمل خواهد کرد. در این پژوهش برای گردآوری اطلاعات از روش کتابخانه‌ای بهره گرفته شده است. برای گردآوری داده‌های پژوهش از بانک اطلاعاتی سازمان بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است و برای آزمون فرضیه‌ها از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است.

همچنین در این پژوهش، جامعه آماری بورس اوراق بهادار تهران است؛ زیرا متغیر این پژوهش شامل شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران است. بنابراین در این پژوهش نمونه‌گیری صورت نمی‌گیرد و شاخص در قلمروی زمانی مربوطه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

متغیر پژوهش سری زمانی بازده شاخص کل در بازه زمانی ۱۳۹۰/۰۱/۰۶ الی ۱۳۹۹/۱۲/۲۷ حاوی ۲۴۰۰ داده است. مقادیر شاخص، از سایت رسمی سازمان بورس و اوراق بهادار تهران استخراج شده و سپس بازده لگاریتمی در دوره‌های موردنظر به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{it} = \frac{P_{it} - P_{it-1}}{P_{it-1}}$$

که در آن P_{it} نشان‌دهنده شاخص کل قیمت در روز t ، P_{it-1} نشان‌دهنده شاخص کل قیمت در روز $t-1$ و R_{it} نشان‌دهنده بازده روز t است. این معادله تغییرات و نوسان شاخص کل را نشان می‌دهد (تهرانی و همکاران، ۱۳۹۱).

لازم به ذکر است که بعد از محاسبه فرمول، تعداد داده‌ها به ۲۳۹۹ کاهش می‌یابد.

همچنین با عنایت به مدل آماری مذکور و اهداف عنوان‌شده پژوهش، فرضیه‌های این پژوهش بر اساس پژوهش، به شرح زیر تدوین شده است:

فرضیه ۱. آیا خاصیت مولتی‌فراکتالی در شاخص کل روزانه قیمت بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد؟

فرضیه ۲. آیا بررسی همبستگی مقطعی شاخص کل روزانه قیمت بورس اوراق بهادار تهران از طریق خواص مولتی‌فراکتالی امکان‌پذیر است؟

فرضیه ۳. آیا شکل ضعیف کارایی در رفتار شاخص کل روزانه قیمت بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد؟

۴. مدل آماری پژوهش

در سال ۱۹۵۱ میلادی، ادوین هرست روشی آماری به نام R/S جهت بررسی حافظه طولانی‌مدت داده‌ها معرفی کرد. حاصل این تحلیل، کمیتی است که مقداری در محدوده $[0,1]$ داشته و بعدها به افتخار نام هرست، به نامی هرست H معروف شد. اما روش R/S برای سری‌های زمانی با تعداد داده کم، غیرقابل اتکا بود. در سال ۱۹۹۴، روش تحلیل نوسانات روندزدایی شده DFA^۱ به‌عنوان یک تحلیل قابل اطمینان و مناسب برای به دست آوردن نمای هرست سری‌های زمانی معرفی شد. پس از آن نسخه تعمیم‌یافته به نام روش چند فراکتالی نوسانات روند زدایی شده MF-DFA^۲ توسط کانتلهارت و همکاران معرفی گردید.

1. Detrended fluctuation analysis

2. Multifractal detrended fluctuation analysis

در اقتصاد، روش MF-DFA در تجزیه و تحلیل داده‌های اقتصادی و مالی مخصوصاً زمانی که شواهدی از چند فراکتالی بودن دیده شده، بسیار مؤثر بود. در این راستا، تجزیه و تحلیل مولتی فراکتالی با استفاده از MF-DFA یک تکنیک رایج برای بررسی وابستگی طولانی مدت در تغییرات کوتاه و بلندمدت در قیمت دارایی است. چنین تحقیقاتی برای ایجاد مدل‌های پیش‌بینی برای بهبود مدیریت سبد سهام از نظر تخصیص بهینه دارایی و مدیریت ریسک ضروری است. به عنوان مثال، می‌توان تعیین کرد که آیا قیمت‌ها حافظه طولانی دارند یا خیر و تصمیم بگیرند که کدام مدل پیش‌بینی مناسب است. این روش علی‌رغم بهینه بودن، از لحاظ محاسباتی نسبت به وجود روندهای تناوبی مقاوم نبود. لذا روش‌های تلفیقی دیگری جهت تقلیل اثر روندهای موجود ارائه شدند.

بسیاری از مطالعات مالی تجربی بر شناسایی تغییرات (در صورت وجود) در پویایی و پیچیدگی بازار قبل و بعد از وقایع بزرگ تمرکز می‌کنند. دروزدز و همکاران^۱ (۲۰۰۱) دریافتند که کشش‌ها و افت‌ها توسط پویایی‌های به طور معنادار متمایز اداره می‌شود. افت‌ها با جداسازی معناداری از تجمعی زیاد از ماتریس همبستگی همراه بود. در حالی که برای کشش‌ها، پویایی به طور یکنواخت‌تری بر روی حالت‌های ویژه گسترش یافته و منجر به افزایش آنتروپی اطلاعات می‌شود.

در سال‌های اخیر، روش جدیدی توسط پدبنیک و همکاران (۲۰۰۸) به نام DCCA DXA که الهام گرفته از مدل تحلیل نوسانات روندزدایی شده است جهت روندزدایی نمودن تابع‌های همبستگی و ماتریس‌های کوواریانس ارائه شده است. در این روش به بررسی ساختار همبستگی‌های دوربرد میان دوسری نامانا (غیر ایستا) پرداخته می‌شود. در ادامه برای بررسی ساختار مقیاسی (فراکتالی) همبستگی میان دو سری نامانا یکی از اندیشمندان روش جدیدی را پیشنهاد نموده است که به نام روش همبستگی نوسانات روندزدایی شده MF-X-DFA^۲ نامیده

1. Drozd et al., 2001

2. Multifractal detrended cross-correlation analysis

می‌شود. لذا در این پژوهش نیز به بررسی خواص مولتی فراکتال و همبستگی مقطعی از طریق روش MF-X-DFA پرداخته شده است که مراحل انجام این روش طبق الگوریتم زیر است:

گام ۱. ابتدا دو سری تجمعی زیر ساخته می‌شود.

$$X(t) = \sum_{k=1}^t [x(k) - \bar{x}] \quad t = 1, 2, \dots, N$$

$$Y(t) = \sum_{k=1}^t [y(k) - \bar{y}] \quad t = 1, 2, \dots, N$$

جایی که $\bar{x}$ و $\bar{y}$ نشان‌دهنده میانگین $X(t)$ و $Y(t)$ است. نکته قابل ذکر به این صورت است که برای حذف روندهایی که از جمع بستن سری حاصل می‌شود، لازم است که در هر مرحله مقدار متوسط را از داده‌ها کم نماییم. با این وجود کم کردن میانگین لزوماً نیاز نیست؛ زیرا با حذف روند، آن‌ها حذف خواهند شد.

گام ۲. دو سری تجمعی $X(t)$ و $Y(t)$ را به $N_s = \text{int}(\frac{N}{s})$ بخش مستقل، که هریک دای s نقطه است تقسیم می‌کنیم. از آنجایی که اغلب، طول سری مضرب صحیحی از مقیاس s نیست، یک بخش کوچک از انتهای سری تجمعی باقی می‌ماند که برای نادیده نگرفتن آن، یک بار دیگر از انتهای سری تجمعی، آن را به بخش‌های مستقل با طول یکسان s تقسیم می‌نماییم. بنابراین در مجموع $2N_s$ قسمت به دست می‌آید.

گام ۳. روند محلی برای هر بخش v را توسط سری حداقل مربعات محاسبه کرده و سپس کمیت زیر را که شبیه کوواریانس است (جهت روندزدایی تابع همبستگی) را حساب می‌نماییم.

$$F_{xy}^2(s, v) = \frac{1}{s} \sum_{t=1}^s |X[(V-1)s+t] - x_v(t)| \times |Y[(V-1)s+t] - y_v(t)|$$

$$v = 1, 2, \dots, N_s$$

و

$$F_{xy}^2(s, v) = \frac{1}{s} \sum_{t=1}^s |X[N - (V-1)s+t] - x_v(t)|$$

$$\times |Y[N - (V-1)s+t] - y_v(t)|$$

$$v = N_s + 1, \dots, 2N_s$$

جایی که x_v و y_v چند جمله ای مناسب با بعد m در هر بخش v به ترتیب برای t و $Y(t)$ است.

گام ۴. میانگین مرتبه q ام تمام بخش ها را برای تابع کوواریانس به صورت زیر محاسبه می کنیم:

اگر $q \neq 0$

$$F_q(s) = \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [F_{xy}^2(s, v)]^{\frac{q}{2}} \right\}^{\frac{1}{q}}$$

و اگر $q = 0$

$$F_0(s) = \exp \left\{ \frac{1}{2N_s} \sum_{v=1}^{2N_s} [F^2(s, v)] \right\}$$

باید توجه داشت که منظور از q در حقیقت توجه به گشتاورهای مختلف سری زمانی است. همان طور که مشخص است هرچه به گشتاورهای بالاتری توجه نماییم در حقیقت به دم های تابع توزیع توجه بیشتری نموده ایم. از سوی دیگر توجه به مقیاس های زمانی بزرگ تر در حقیقت به معنای توجه به اتفاقات نادر است که همان دم های تابع توزیع هستند.

گام ۵. رفتار اندازه گیری را برای s های مختلف در تابع $F_q(s)$ تکرار می کنیم. با بررسی رفتار توابع روند با استنتاج از نمودار لگاریتمی تابع کوواریانس مورد نظر در مقابل مقیاس های مختلف برای هر مقدار از q به تحلیل شرایط می پردازیم. چنانچه سری $X(t)$ و $Y(t)$ به شکل توانی با یکدیگر همبستگی بلندمدت داشته باشند، تابع کوواریانس برای مقادیر بالای s به شکل توانی افزایش می یابد. لذا یک تابع نمایی به صورت زیر حاصل می شود:

$$F_q(s) \sim S^{H_{xyq}(q)}$$

تابع نمایی $H_{xyq}(q)$ که به عنوان نمای تعمیم یافته هرست شناخته می شود، می تواند در نمودار $F_q(s)$ و در رفتار s مورد تحلیل قرار بگیرد.

همچنین با استفاده از تبدیل لژاندر داریم:

$$\alpha_{xy} = H_{xy}(q) + H_{xy}(q)$$

و

$$f_{xy}(\alpha) = q[\alpha_{xy} - H_{xy}] + 1$$

لذا برای محاسبه درجه مولتی فراکتالی، از ΔH خواهیم داشت:

$$\Delta H = \max[H_{xy}] - \min[H_{xy}]$$

همبستگی مقطعی: بعد از محاسبه شاخص هرست در مقیاس‌های مختلف میزان همبستگی آن‌ها با هم سنجیده می‌شود. لازم به ذکر است در صورتی که مولتی فراکتالی در اثر همبستگی‌های متفاوت در مقیاس‌های کوچک و بزرگ دارای افت و خیز باشد، تابع توزیع افت و خیز قیمت تطابق خوبی با توزیع گوسی (نرمال) دارد و اگر داده‌های مورد بررسی را به هم بزنیم، یعنی حافظه و همبستگی‌های موجود در آن را از بین ببریم، چند فراکتالی از بین رفته و q مستقل از $h(q)$ خواهد شد.

۴-۱. تفسیر نمای هرست

بر اساس تئوری اصلی $H=0.5$ ، به عنوان یک فرآیند مستقل محسوب می‌شود. $0.5 \leq H \leq 1.00$ مربوط به سری زمانی پایدار است این سری زمانی پایدار به وسیله اثر حافظه بلندمدت مشخص می‌شود. به صورت نظری یعنی هر اتفاقی که امروز می‌افتد برای همیشه در آینده تأثیر می‌گذارد مطرح شده است. با توجه به اینکه بر اساس دینامیک آشوب، بین رویدادهای آتی با شرایط اولیه یک وابستگی وجود دارد، این حافظه بلندمدت بدون توجه به مقیاس زمانی اتفاق می‌افتد. در حقیقت تمامی تغییرات روزانه با تغییرات روزهای آتی همبستگی دارد و به این ترتیب، تمامی تغییرات هفتگی با تغییرات هفته‌های آتی همبستگی دارد و در هیچ مشخصات، مقیاس زمانی وجود ندارد. این مشخصه اصلی یا کلیدی یک سری زمانی فراکتالی است.

$0 \leq H \leq 0.5$ نشان‌دهنده ناپایداری است. یک سیستم غیر پایدار فاصله‌ای کمتر از یک

حالت تصادفی را پوشش می‌دهد.

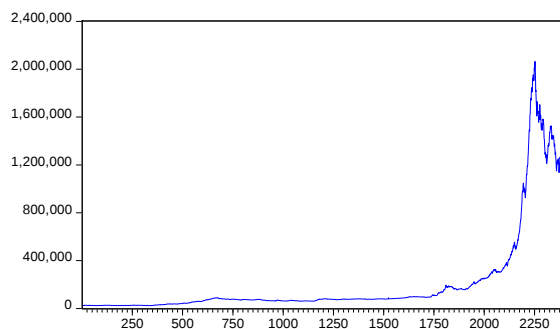
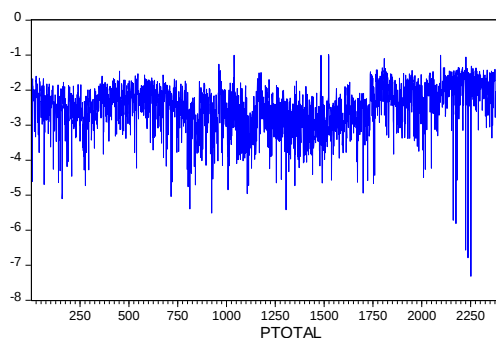
۵. نتایج پژوهش

در جدول زیر شاخص‌های مرکزی از جمله میانگین و شاخص‌های پراکندگی از جمله انحراف معیار، کشیدگی و چولگی برای متغیرهای مختلف محاسبه شده است.

جدول (۱). آمار توصیفی برای متغیرهای پژوهش

نام متغیر	تعداد	میانگین	میان	انحراف معیار	واریانس	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی
بازده شاخص کل قیمت	۲۳۹۹	-۲.۴۹۲۰۷	-۲.۳۸۶۰۰	.۶۹۱۳۸۳	.۴۷۸	۶.۳۳۵	-۱.۱۶۲	۲.۹۸۳
شاخص کل قیمت	۲۴۰۰	۲۱۹۲۵۴.۱۷۷۵۱	۷۷۵۵۴.۷۰۰۰۰	۳۹۳۳۰۷.۰۰۸۹۱۰	۱۵۴۶۹۰۴۰۳۲۵۷.۵۵۲	۲۰۴۱۳۵۸.۰۰۰	۲.۸۱۸	۶.۹۵۹

RTOTAL



نمودار (۱). نمودار خطی متغیرهای پژوهش در بازه زمانی ۱۳۹۰/۰۱/۰۶ الی ۱۳۹۹/۱۲/۲۷

در این پژوهش داده‌های مورد بررسی به دو بخش تقسیم شد. بخش نخست که داده‌ها به شکل ماهانه در طول ۱۰ سال جمع‌آوری شده است و در بخش بعد نیز داده‌ها گسترش یافته و در طول ۱۰ سال و به صورت روزانه جمع‌آوری شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

در جدول (۱) برخی از مفاهیم آمار توصیفی متغیرها، شامل میانگین، میانه، حداقل مشاهدات، حداکثر مشاهدات و انحراف معیار ارائه شده است. بیشینه (ماکسیمم) و کمینه (مینیمم) تابع در یک بازه به بزرگ‌ترین مقدار و کوچک‌ترین مقدار تابع در آن بازه گفته می‌شود. در اصطلاح به بیشینه و همین‌طور کمینه، نقاط فرینه (اکسترمم) تابع گفته می‌شود. برای مثال مقدار حداکثر مشاهدات برای متغیر شاخص بازده سهام در طول کل دوره پژوهش برابر با ۰,۹۸۰- است که نشان‌دهنده بیشترین مقدار این متغیر در بازه مورد بررسی است و همین‌طور مقدار حداقل مشاهدات برای این متغیر برابر با ۷,۳۱۵- است که نشان‌دهنده کمترین مقدار این متغیر در بازه تحقیق مورد نظر است.

در مطالعه توزیع یک جامعه آماری، مقدار نماینده که اندازه‌ها در اطراف آن توزیع شده‌اند را مقدار مرکزی می‌نامند و هر معیار عددی را که معرف مرکز مجموعه داده‌ها باشد، معیار گرایش به مرکز می‌نامند. میانگین و میانه از متداول‌ترین معیارهای گرایش به مرکز هستند. اصلی‌ترین شاخص مرکزی میانگین است که نشان‌دهنده نقطه تعادل و مرکز ثقل توزیع است و شاخص خوبی برای نشان دادن مرکزیت داده‌ها است. برای مثال میانگین شاخص بازده سهام برابر ۲,۴۹۲۰۷- است که نشان می‌دهد بیشتر داده‌های مربوط به این متغیر در حول این نقطه تمرکز یافته‌اند. میانه یکی دیگر از شاخص‌های مرکزی است که وضعیت جامعه را نشان می‌دهد و در آمار و نظریه احتمالات نوعی سنجش گرایش به مرکز است. میانه عددی است که یک جمعیت آماری و یا یک توزیع احتمالی را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. اگر تعداد جمعیت آماری زوج باشد، میانه با میانگین دو عضو جمعیت که در وسط جمعیت آماری قرار دارند، محاسبه می‌شود. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود میانه R برابر با ۲,۳۸۶۰۰- است که نشان‌دهنده این است که نیمی از داده‌ها کمتر از این مقدار و نیمی دیگر بیشتر از این مقدار هستند.

نقطه آغازین مربوط به فرآیندهای انباشته کسری این حقیقت بوده است که بسیاری از سری‌های اقتصادی و مالی نه $I(0)$ هستند و نه $I(1)$. آن‌ها در وقفه‌های بسیار طولانی خود همبستگی‌های معنی‌داری از خود نشان می‌دهند که از آن به عنوان «میرایی هیپربولیک» نام برده می‌شود. وقتی از این سری یک بار تفاضل گرفته شود، به نظر می‌رسد یک بار تفاضل‌گیری برای آن زیاد باشد؛ بنابراین، یک طبقه مفید از مدل‌ها برای یک سری زمانی که دارای رفتار حافظه بلندمدت است، فرآیند $(ARFIMA(p,d,q))$ است. این فرآیندها بسط فرآیندهای خودرگرسیو میانگین متحرک انباشته $ARIMA$ است که در آن پارامتر تفاضل‌گیری می‌تواند عددی غیر صحیح را اختیار کند. برای سری زمانی $\{x_t\}$ مدل $(ARFIMA(p,d,q))$ به صورت کلی زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi(L)(1-L)^d(x_t) = \theta(L)\varepsilon_t$$

که در آن ε نوفه سفید است. L ، عملگر وقفه و $(1-L)^d$ عملگر تفاضل‌گیری کسری است و $d \in (-0.5, 0.5)$ است. چند جمله‌ای‌های $\Phi(L) = 1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p$ و $\theta(L) = 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q$ به ترتیب نشان‌دهنده فرایندهای AR و MA هستند. شرط لازم و کافی برای اینکه بتوان سری $\{x_t\}$ را دارای یک فرایند $ARFIMA$ دانست، این است که فرایند $(1-L)^d x_t$ یک فرایند $ARMA$ باشد. برای ساخت الگوها ابتدا بایستی مانایی سری مربوطه را با استفاده از آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته بررسی کرد. دلیل نیاز به داده‌های مانا این است که هر مدلی که از این داده‌ها به دست می‌آید را می‌توان با ثبات دانست و آن را مبنای معتبری برای پیش‌بینی به شمار آورده و ساختار آن را به سایر دوره‌های زمانی تعمیم داد. بدیهی است در صورتی که سری زمانی مانا نباشد ساختار آن در قسمتی از سری زمانی را نمی‌توان به بقیه دوره‌های زمانی تعمیم داد. در مرحله بعد برای استفاده از مدل $ARIMA$ باید تعداد جملات خودرگرسیو (p) و تعداد جملات میانگین متحرک (q) ، با استفاده از توابع خودهمبستگی (AC) و خودهمبستگی جزئی (PAC) بر اساس مراحل باکس، جنکینز محاسبه شود. حال باید بررسی کرد چه ترکیبی از AR و MA برای پیش‌بینی بلندمدت قیمت سهام و بازده سهام بهینه است. معادلات مختلف از ترکیب AR و MA

بررسی می‌شوند و ترکیبی که معنادار است و کمترین آکائیک را دارد انتخاب می‌کنیم. بعد از بررسی‌های انجام شده مقادیر $(AR, MA)=(6,6)$ و $(AR, MA)=(4,6)$ به ترتیب برای قیمت سهام و بازده سهام مناسب بوده‌اند. همچنین سری‌های زمانی متغیرهای بازده شاخص کل قیمت (۱۳۹۰-۱۳۹۹) و شاخص کل قیمت (۱۳۹۰-۱۳۹۹) بر اساس آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته مانا بوده‌اند. در جدول (۱) نتایج آزمون دیکی و فولر برای سری زمانی قیمت و بازده را نشان می‌دهد. در واقع داریم:

H_0 : سری زمانی بازده یا قیمت دارای ریشه واحد است

H_1 : سری زمانی بازده یا قیمت دارای ریشه واحد نیست

جدول (۲). آزمون دیکی و فولر برای بازده لگاریتمی سری زمانی شاخص کل

متغیر	احتمال	آماره
بازده شاخص کل قیمت (1390-1399)	۰,۰۰۰۰	-۸,۴۴۷۴۷۱
شاخص کل قیمت (1390-1399)	۰,۰۰۰۰	-۸,۶۹۵۷۸۸

همان‌طور که مشخص است مقدار آماره t برای سری زمانی متغیرهای بازده شاخص کل قیمت و شاخص کل قیمت از سطح خطای ۰,۰۵ کمتر است. بنابراین، این سری‌های زمانی مانا است. در حالت کلیدر این سطح از فرآیند گام تصادفی پیروی نکرده و احتمال وجود فرآیند آشوب گونه را تأیید می‌کند.

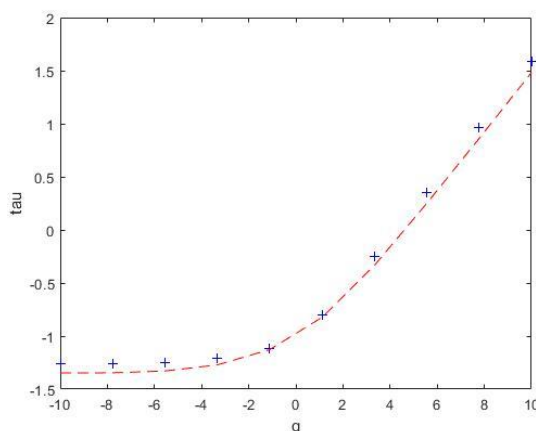
جدول (۳). نتایج برآورد مدل $MF-X-DFA$ برای شاخص کل قیمت سهام

پارامتر	tau	Hq	Q	Logfq	ΔH
	-۱.۳۴۷۲۴	۰.۰۳۴۷۲۴	-۱۰	۰.۲۷۴۵۶۲	۰.۷۴۶۹۱۲
	-۱.۳۴۶۰۷	۰.۰۴۴۴۹۵	-۷.۷۷۷۷۸	۰.۳۵۱۸۱۹	۰.۷۸۴۶۶۹
	-۱.۳۲۸۷۱	۰.۰۵۹۱۶۸	-۵.۵۵۵۵۵۶	۰.۴۶۷۸۳۷	۰.۸۴۲۶۸۲
	-۱.۲۷۱۵۵	۰.۰۸۱۴۶۵	-۳.۳۳۳۳۳	۰.۶۴۴۱۳۳	۰.۹۳۳۳۴۲
	-۱.۱۲۷۱۸	۰.۱۱۴۴۶۵	-۱.۱۱۱۱۱	۰.۹۰۵۰۶۳	۰.۸۴۰۲۲۸
شاخص بازده کل	-۰.۸۲۳۶۲	۰.۱۵۸۷۴۵	۱.۱۱۱۱۱۱	۱.۲۵۵۱۸۱	۰.۹۱۹۸۳۵
	-۰.۳۳۴۴	۰.۱۹۹۶۷۹	۳.۳۳۳۳۳۳	۱.۵۷۸۸۴۳	۰.۸۳۵۱۰۶
	۰.۲۴۹۵۱۶	۰.۲۲۴۹۱۳	۵.۵۵۵۵۵۵۶	۱.۷۷۸۳۶۲	۰.۸۱۰۳۳۳
	۰.۸۶۱۱۰۷	۰.۲۳۹۲۸۵	۷.۷۷۷۷۷۸	۱.۸۹۲۰۰۲	۰.۷۹۳۹۲۱
	۱.۴۸۱۶۷۱	۰.۲۴۸۱۶۷	۱۰	۱.۹۶۲۲۳	۰.۷۴۶۹۱۲
	scmin	4	Qmin	-10	
	scmax	240	Qmax	10	

بررسی خاصیت مولتی فراکتال: با توجه به مقادیر به دست آمده برای نمای هرست تعمیم یافته (ΔH) برای شاخص بازده کل، چون در تمامی مقادیر به ازای q های مختلف از ۰.۵ بیشتر است لذا می توان گفت که خاصیت فراکتالی در این سری زمانی دیده می شود و این سری زمانی و بر اساس آزمون های تئوری آشوب قابل پیش بینی است. برای بررسی اینکه این ویژگی مونوفراکتال است یا مولتی فراکتال، از تابع نمایی رینی $\tau_{xy}(q)$ استفاده می شود و این تابع نشان دهنده خاصیت مولتی فراکتال است.

$$\tau_{xy}(q) = qH_{xy}(q) - 1$$

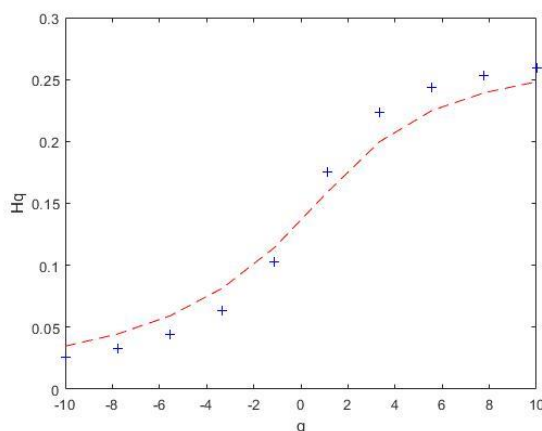
تفسیر بدین صورت است که اگر نمودار $\tau_{xy}(q)$ بر حسب q به صورت خط راست باشد، در این صورت سری دارای خاصیت مونو فراکتال است در غیر این صورت دارای خاصیت مولتی فراکتال است. در زیر در نمود τ بر حسب q برای دو سری زمانی ده ساله و پنج ساله نشان داده شده است (نموداری که با علامت + نشان داده شده، نمودار سری شاخص بازده کل در بازه زمانی ۵ ساله و نموداری که با -- نشان داده شده، نمودار شاخص بازده کل در بازه زمانی ۱۰ ساله است).



نمودار (۲). نمودار τ بر حسب q

همان گونه که مشاهده می شود، نمودار τ بر حسب q به صورت یک تابع غیرخطی است و تابع خطی نیست، لذا می توان اذعان داشت که سری زمانی شاخص بازدهی کل بورس اوراق بهادار برای بازه های ۱۰ ساله دارای خاصیت مولتی فراکتال است و لذا فرضیه اول پژوهش مورد قبول است.

بررسی همبستگی مقطعی: برای بررسی همبستگی مقطعی، باید مشخص شود که آیا تابع $H_q(q)$ با تغییرات q تغییر می کند یا با تغییرات q تغییری در $H_q(q)$ به وجود نمی آید. نمودار تغییرات $H_{xy}(q)$ بر حسب q در زیر نشان داده شده است:

نمودار (۳). نمودار H_q بر حسب q

همان‌طور که مشخص است این نمودار یک نمودار ثابت نیست. به عبارت دیگر با تغییرات q تغییرات در $H(q)$ نیز حاصل می‌شود. لذا می‌توان گفت همبستگی مقطعی برای شاخص بازدهی کل بورس اوراق بهادار تهران در بازه ۱۰ ساله وجود دارد. برای مقادیر q می‌توان گفت برای مقادیر مثبت q بخش‌هایی که (در تقسیم‌بندی سری‌های زمانی به بخش‌های مختلف) دارای افت‌وخیز زیاد در تابع همبستگی هستند در معادله مرحله چهارم غالب خواهند شد. به عبارت دیگر در مقاطع مختلف زمانی (هفتگی، ماهانه و سالانه) قیمت سهام با مقطع بعدی خود همبستگی مثبت دارد و افزایش یا کاهش در یک مقطع، سبب افزایش یا کاهش در مقطع بعدی می‌شود. برعکس برای مقادیر q منفی، بخش‌های که دارای افت‌وخیز کوچک در تابع همبستگی هستند، غالب شده و $H(q)$ خواص آماری افت‌وخیزهای کوچک در تابع همبستگی را نشان می‌دهد. بدین معنا که بازده شاخص منفی در مقاطع مختلف زمانی می‌تواند باعث افزایش بازده شاخص در مقطع بعدی شود. همچنین اگر $H(q) = 0$ ، در این صورت هیچ حرکت مشابهی در سری مشاهده نمی‌شود و لذا همبستگی مقطعی وجود ندارد. لذا فرضیه دوم پژوهش مورد تأیید واقع می‌شود.

برای بررسی این موضوع که آیا بازده کل شاخص دارای کارایی ضعیف است یا خیر، باید وجود تفاوت معنادار بین این متغیر و متغیر شبیه‌سازی گام تصادفی مورد آزمون قرار بگیرد. لذا بدین منظور از آزمون t جهت بررسی این موضوع استفاده شده است:

جدول (۴). نتایج آزمون t جهت بررسی تفاوت معناداری متغیرهای پژوهش و گروه شبیه‌سازی شده

نتیجه	فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین	مقدار احتمال	درجه آزادی	آماره آزمون t	متغیرها
	کران بالا	کران پایین					
وجود							بازده شاخص کل
تفاوت معنادار	-۰.۳۷۸۵۲	۰.۴۱۳۱۳	۰.۳۹۵۸۲۶	۰.۰۰۰	۴۷۹۷	۴۴.۸۳۸	قیمت و گروه شبیه‌سازی شده

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مقدار احتمال برای آزمون t جهت بررسی وجود اختلاف معنادار بین بازده شاخص کل قیمت و متغیر گروه شبیه‌سازی شده گام تصادفی برای بازه ۱۰ ساله از ۰.۰۵ کمتر است لذا وجود اختلاف مورد قبول واقع می‌شود و لذا کارایی ضعیف در این متغیر وجود ندارد. لذا فرضیه سوم پژوهش رد می‌گردد.

۶. نتیجه‌گیری و بحث

برای سال‌های متمادی این سؤال که تا چه اندازه می‌توان از قیمت‌های قبلی بازار سهام برای پیش‌بینی معنی‌دار قیمت‌های آتی استفاده نمود، یکی از مباحث اصلی و رایج در محافل علمی و تجاری بوده است. برای پاسخگویی به این سؤال مدل‌ها و تئوری‌های مختلفی به وجود آمدند. یکی از این مدل‌ها مدل گام تصادفی است که تا دهه‌های اخیر از اهمیت و اعتبار بیشتری برخوردار بوده است. این نظریه فرایند حاکم بر روند قیمت‌ها را تصادفی دانسته و بنابراین تغییرات آن‌ها را غیرقابل پیش‌بینی می‌داند. بعد از مطرح شدن نظریه گام تصادفی، فرضیه بازارهای کارا برای آزمون آن به وجود آمد. بازارهایی که از فرایند گام تصادفی تبعیت نمایند کارا می‌باشند (افشاری، ۱۳۸۲).

فرضیه بازارهای فراکتالی، مدل و الگوی تئوری مالی و اقتصادی در طی بیست سال اخیر بوده است. بعد از تحلیل داده‌های تجربی بازارهای مالی و پیشرفت نظریه‌های مالی و اقتصادی این الگو متداول شد. توسعه نظریه سیستم‌های پویای غیرخطی رهیافت‌های جدیدی در مورد نظریه‌های مالی و اقتصادی را به وجود آورده است. معرفی فرایندهای غیرخطی در این مدل‌ها ممکن است تحقیق در مورد مکانیزم مولد نوسانات مشاهده شده در داده‌های مالی واقعی را بهبود دهد. در این راستا در این پژوهش بر آن شد تا این فرضیه در مورد شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران مورد آزمون قرار گیرد. در این تحقیق از روش MF-X-DFA برآورد نمای تعمیم‌یافته هرست که معیاری برای تشخیص حافظه بلندمدت در سری‌های زمانی است، در طی دوره ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ استفاده شد. نتایج حاکی از این موضوع بود که با توجه به نتایج حاصل از برآورد مدل MF-X-DFA، اولاً مقادیر شاخص هرست تعمیم‌یافته به دست آمده از ۰.۵ بیشتر بوده‌اند که این نشان از وجود خاصیت فراکتالی در شاخص کل قیمت است. دوم، نمودار تابع نمایی رینی τ بر حسب q به صورت یک تابع غیرخطی است و تابع خطی نیست، لذا نشان داده شد که سری زمانی شاخص بازدهی کل بورس اوراق بهادار برای بازه‌های ۱۰ ساله دارای خاصیت مولتی فراکتال است. همچنین نتایج حاصل از بررسی نمودار $H(q)$ نشان داد که در مقاطع مختلف تابع برآورد کننده شاخص هرست (q) ، تابع مقادیر است که این نشان از همبستگی مقطعی است و داده‌های شاخص کل قیمت در هر بازه زمانی (روزانه، ماهانه و سالیانه) در این ۱۰ سال همبستگی دارند. با توجه به اینکه بین شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران و همچنین گروه شبیه‌سازی شده گام تصادفی، از نظر آماری تفاوت معنادار وجود دارد، لذا پدیده تصادفی بودن در این سری زمانی رد می‌شود که این نشان از عدم وجود کارایی ضعیف در این سری زمانی است.

این بدان معناست که با توجه به فرضیه بازار کارآمد و انتظار منطقی سرمایه‌گذاران و بازار کارا، سرمایه‌گذاران قادر به شکست بازار و کسب بازده نبودند و فرضیه بازار فراکتالی بر فرضیه بازار کارا در بورس اوراق بهادار تهران ارجحیت دارد. علاوه بر این، سرمایه‌گذاران قادر به خرید یا فروش سهام بی‌ارزش با توجه به قیمت سهام نبودند. لذا به‌منظور دستیابی به بازده بیش‌تر از

متوسط بازار، سرمایه‌گذاران باید ریسک مربوط به دارایی ناپایدار را قبول کنند. همچنین نتایج نشان داد که قیمت دارایی‌ها به طور ذاتی ناپایدار است و بنابراین فرض بر کارایی بازار نقض می‌شود. دلالت سیاستی این یافته آن است که با وجود آنکه شوک‌ها و اطلاعات جدید بازدهی و قیمت سهام را در کوتاه‌مدت تحت تأثیر قرار می‌دهد اما آثار این تغییرات بلندمدت و پایدار است. بنابراین اگر سیاست‌گذاران با اتخاذ سیاست‌های مناسب بتوانند نوسانات کوتاه‌مدت را بکاهند گام مهمی در کارایی بازار برداشته و این بازار را به عنوان ابزار مهم و مطمئنی جهت تخصیص بهینه منابع مالی کشور تبدیل خواهند نمود که در آن سرمایه‌گذاران با افق زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت منتفع خواهند شد. نتایج به دست آمده با پژوهش انجام شده توسط نیکومرام و همکاران (۱۳۹۱)، خواجوی و همکاران (۱۳۹۴) و همچنین پژوهش‌های ژو و بائو (۲۰۱۹) و منسی و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد ولی با پژوهش شعرای و ثنایی اعلم (۱۳۸۹) و سرلیتین و شینتانی (۲۰۱۶) مطابقت نداشته است.

از این رو با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان به کارگیری مدل فراکتال را به گروه‌های مختلف استفاده‌کننده برای اهداف زیر پیشنهاد کرد:

۱. به مدیران و صاحبان شرکت‌ها توصیه می‌گردد که از مدل فراکتال، بازده سهام سال بعد شرکت را پیش‌بینی نمایند و تدابیر لازم را در خصوص هر چه بهتر کردن این بازدهی به انجام برسانند؛

۲. به مدیران توصیه می‌شود که با توجه به مهم‌ترین عوامل مؤثر در پیش‌بینی شاخص کل شرکت‌ها، شناخت کامل از وضعیت بازار کسب کنند و جهت کسب تجربه و تخصص، دوره‌های آموزشی مرتبط با افزایش بازده سهام شرکت را بگذرانند؛

۳. با توجه به نتایج این پژوهش که نشان‌دهنده کاربردی بودن مدل فراکتال در بازار بورس اوراق بهادار تهران می‌باشند و با توجه به اینکه تنها منبع اطلاعات این مدل سازمان بورس اوراق بهادار است، نسبت به ایجاد یک بانک اطلاعات قوی و دقیق اقدام نمایند و ابزار

تحلیلی قدرتمندی را در اختیار مدیران، سرمایه گذران و اعتباردهندگان قرار دهند و آن‌ها را در انجام اقدامات پیش‌بینی کننده بازده سهام یاری رسانند.

منابع

تهرانی، رضا، انصاری، حجت‌اله، سارنج، علی‌رضا (۱۳۸۹). بررسی وجود پدیده بازگشت به میانگین در بورس اوراق بهادار تهران، *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، دوره ۱۵، شماره ۵۴، ۱۷-۳۲.

خواجوی، شکراله، عبدی طالب‌بیگی، هادی (۱۳۹۵). تجزیه و تحلیل ابعاد فراکتال بر شاخص بازده نقدی و قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، *دانش سرمایه‌گذاری*، سال پنجم، شماره ۱۸، ۷۹-۹۳.

دانیالی ده حوض، محمود، منصوری، حسین (۱۳۹۱). بررسی کارایی بورس اوراق بهادار تهران در سطح ضعیف و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آن، *فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی (رویکرد اسلامی-ایرانی)*، ۱۲(۴۷): ۷۱-۹۶.

رهنمای رودپشتی، فریدون، کلاتری دهقی، مهدیه (۱۳۹۳). مدل‌های مولتی فراکتال در علوم مالی: ریشه، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، شماره ۲۴، ۴۷-۲۵.

کاظمی روچی، مصطفی، کیومرث، بیگلر، کشاورز بهادری، مهدی (۱۳۹۷). تأثیر خاصیت فراکتالی شبکه بازار سهام بر بازده سهام، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، موسسه آموزش عالی رجاء.

محمدی، شاپور، چیت‌سازیان، هستی (۱۳۹۰). «بررسی حافظه بلندمدت بورس اوراق بهادار تهران». *نشریه تحقیقات اقتصادی دانشگاه تهران*، شماره ۹۷، ۲۰۲-۲۲۱.

مطهری، محب‌اله، لطفعلی‌پور، محمدرضا، احمدی شادمهری، محمدطاهر (۱۳۹۷). بررسی فرضیه کارایی ضعیف و ارائه الگوی هشدار پیش از وقوع نوسانات شدید در بازار ارز ایران با رویکرد مارکوف سوئیچینگ گارچ، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه فردوسی مشهد

- Akhmet, M., Akhmetova, Zh., Fen, M.O. (2014). Chaos in economic models with exogenous shocks, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 106: 95-108.
- Alvarez-Ramírez, J. & Rodríguez, E. (2012). Temporal variations of serial correlations of trading volume in the US stock market, *Physica A*, 4128-4135.
- Black, E. D. (2000). *Financial Market Analysis*. 2nd Edition, New York: John Wiley and sons.
- Chen, C., & Wang, Y. (2017). Understanding the multifractality in portfolio excess returns. *Physica A*, 466, 346–355.
- Ho, S.A., Machado, J.A.T., Quintino, D.D., Balthazar, J.M. (2016). Partial chaos suppression in a fractional order macroeconomic model, *Mathematics and Computers in Simulation*, 122: 55-68.
- Mensi, W., et al. An analysis of the weak form efficiency, multifractality and long memory of global, regional and European stock markets. *The Quarterly Review of Economics and Finance* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.qref.2018.12.001>
- Rosenblum, B. and Kuttner F. (2006). *Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness*. Oxford University Press, Incorporated.
- Sensoy, A., & Tabak, B. M. (2015). Time-varying long term memory in the European Union stock markets. *Physica A*, 436, 147–158.
- Velasquez, T. (2009). Chaos theory and the science of fractals, and their application in risk management. Cand. merc. Copenhagen Business School, Cand. merc. Finance & Strategic Management, Supervisor: Michael Clemens.
- Weiss, G. (1992). Chaos hits wall street-the theory, that is, Business Week November. pp. 138-140.
- Zhang, G., & Li, J. (2018). Multifractal analysis of Shanghai and Hong Kong stockmarkets before and after the connect program. *Physica A*, 503, 611–622.

فصلنامه سیاست‌های مالی و اقتصادی

[Downloaded from qjfeq.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.23453435.1400.9.34.1.4]

[DOI: 10.52547/qjfeq.9.34.189]