

بررسی معادلات آشوب بر سیستم بورس اوراق بهادار (موردکاوی سیستم بورس اوراق بهادار تهران)

محمدصادق حری^{1*}، مرضیه هاشمی²

- 1- استادیار، گروه مدیریت اجرایی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
- 2- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت اجرایی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

پذیرش: ۴۴۴/۴۴/۴۴

دریافت: ۴۴۴/۴۴/۴۴

چکیده

از نقطه نظر نظریه آشوب، سیستم‌های پیچیده صرفاً ظاهری پر آشوب دارند و در نتیجه، نامنظم و تصادفی به نظر می‌رسند، در حالی که ممکن است تابع یک جریان معین با یک فرمول ریاضی مشخص باشد. در اقتصاد، بازارهای پولی و مالی یکی از موارد بسیار مناسب برای به‌کارگیری نظریه آشوب هستند، زیرا نظریه‌های موجود در اقتصاد بازارهای پولی و مالی حاکی از آن هستند که متغیرهای پولی مانند نرخ ارز و قیمت سهام، تصادفی و در نتیجه تغییرات آنها غیر قابل پیش‌بینی هستند. مطابق نظریه آشوب اگر فرایند تعیین‌کننده متغیرهای پولی از یک فرایند غیر خطی معین پیروی کند، می‌توان تغییرات آنها را پیش‌بینی کرد. در این مقاله با توجه به نو بودن ادبیات آشوب، قیمت‌های روزانه سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بازار بورس تهران در دوره زمانی ابتدای سال 1385 تا 1393 مورد آزمون قرار می‌گیرد تا مشخص شود که آیا سیستم بورس اوراق بهادار از فرایند تصادفی پیروی می‌کند یا متأثر از یک فرایند معین (آشوبی) می‌باشد؟ به این منظور از آزمون‌های BDS و نمای لیاپانوف و دیکی فولر استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که سیستم بورس اوراق بهادار تهران از یک سیستم آشوبناک پیروی می‌کند.

واژه‌های کلیدی: سیستم آشوب، بازار بورس، آزمون‌های کشف آشوب، آزمون‌های غیر خطی.

1- مقدمه

با رشد روز افزون بازارهای سرمایه و سهام در دهه‌های اخیر این بازارها نقش اساسی در اقتصاد کشورهای مختلف ایفا نموده، به طوری که تحرک و رونق بورس اوراق بهادار و بازار سهام به عنوان یکی از معیارهای سلامت و پویایی اقتصاد کشورها شناخته می‌شود. بازارهای سهام به عنوان یکی از ارکان اصلی بازار سرمایه، پس‌اندازها و منابع مالی محدود موجود در جامعه را در سریع‌ترین زمان و با هزینه معاملاتی کم به مسیر سرمایه‌گذاری هدایت می‌کنند. با گسترش بازارهای مالی، سهام‌داران، محققان و سیاست‌گذاران برای تصمیم‌گیری‌های بهینه و کاهش ریسک نیازمند آشنایی با مدل‌های پیش‌بینی و استفاده از آنها هستند. برای سالهای متمادی این سؤال که، تا چه اندازه می‌توان از قیمت‌های قبلی بازار سهام برای پیش‌بینی معنادار (معتبر) قیمت‌های آتی استفاده کرد، یکی از مباحث اصلی و رایج در محافل علمی و تجاری بوده است. برای پاسخگویی به این سؤالات مدل‌ها و فرضیه‌های مختلفی ارائه شده‌اند که می‌توان آنها را در چهار گروه اصلی شامل 1- مدل‌های بنیادی (ساختاری)؛ 2- مدل‌های فنی؛ 3- مدل‌های گام تصادفی؛ 4- مدل‌های آشوبی تقسیم‌بندی کرد.

ARIMA از معروف‌ترین مدل‌ها هستند و به آنها عنوان خطی تصادفی داده می‌شود. گروه دیگر GARCH-ARCH که به آنها عنوان مدل غیر خطی - تصادفی داده می‌شود. سیستم‌های خاصی هم وجود دارد که علی‌رغم داشتن ظاهری پراشوب و تصادفی تابع جریان معین با فرمول ریاضی مشخص هستند. در علم ریاضیات به فرایندهای غیر خطی تصادفی‌نما، آشوب گوئیم [4، ص 35].

دستگاه معادلات تشکیل‌دهنده نظریه آشوب دارای چند مشخصه است که عبارتند از: 1- معادلات آشوبی غیر خطی می‌باشند؛ 2- معادلات آشوبی دارای خاصیت خودمانایی می‌باشند؛ 3- معادلات آشوبی دارای جاذبه‌های غریب می‌باشند؛ 4- دستگاه معادلات آشوبی دارای اثر پراوانه‌ای می‌باشند؛ یعنی نسبت به شرایط اولیه حساسیت بالایی دارند [1، ص 21].

در این تحقیق قیمت‌های روزانه سهام بازار بورس تهران (TEPIX) در دوره زمانی ابتدای سال 85 تا پایان سال 1393 مورد آزمون قرار گرفته است تا مشخص شود که آیا شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران از فرایند تصادفی پیروی می‌کند یا متأثر از یک فرایند معین (آشوبی) هستند؟

2- ادبیات تحقیق

امروزه بازار اوراق بهادار و سهام به جهت رشد روز افزون، نقش بسیار مهمی در اقتصاد کشورهای مختلف ایفا می‌کند و حجم زیادی از سرمایه در این بازارها مبادله می‌شود، به طوری که یکی از معیارهای مهم سنجش توسعه‌یافتگی اقتصاد هر کشور، میزان توسعه‌یافتگی بازار سهام آن کشور می‌باشد. بازار سهام به عنوان بخش مهمی از بازار سرمایه، منابع مالی محدود موجود در جامعه را با سرعت بالا و هزینه معاملاتی کم به سوی سرمایه‌گذاری‌های بهینه هدایت می‌کند.

با گسترش بازار سهام، سرمایه‌گذاران، سیاست‌گذاران و تحلیلگران برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌ها و کاهش هزینه ریسک نیازمند آشنایی با مدل‌های پیش‌بینی و استفاده از آنها هستند. [7، ص 30].

در بین مدل‌های فوق، مدل‌های آشوب‌گونه تا دهه‌های اخیر اهمیت و اعتبار بیشتری داشته است.

2-1- تئوری آشوب

تئوری آشوب در دهه‌های 60 و 70 میلادی شکل گرفته و طرفداران این نظریه بر این باورند که در میان الگوهای ظاهراً تصادفی پدیده‌های مختلف - از سیستم‌های هواشناسی گرفته تا نظام‌ها و بازارهای بورسی - نوعی نظم وجود دارد [19، ص 2819].

دستگاه معادلات تشکیل‌دهنده نظریه آشوب یا نظم غایی دارای چند مشخصه هستند که الوانی آنها را به صورت زیر معرفی می‌نماید [1، ص 25].

2-2- معادلات آشوبی غیر خطی¹ می‌باشد.

برای تشخیص غیر خطی بودن، آزمون‌های فراوانی طراحی شده‌اند. ساده‌ترین آنها حدس زدن یک مدل غیر خطی مناسب و برازش آن بر داده‌هاست. آزمون بی‌دی اس² هم می‌تواند یک آزمون تشخیص روند غیر خطی باشد [4، ص 38].

1. Non- Linear

2. Bds

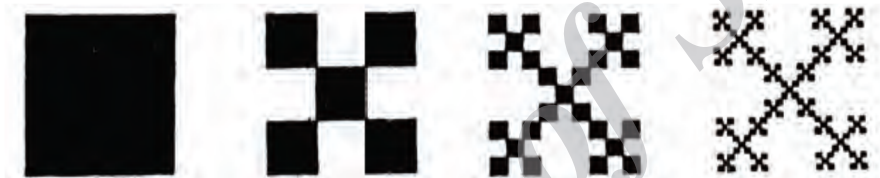
2-3- معادلات آشوبی دارای خاصیت خودمانایی¹ هستند

در تئوری آشوب، نوعی شباهت بین اجزا و کل قابل تشخیص است. بدین ترتیب که هر جزئی از الگو همانند و مشابه کل می‌باشد [8، ص 47]. به این خاصیت خودمانایی گفته می‌شود [5، ص 40].

تکرر، فرایندی را تشکیل می‌دهد که چنان سیستمی، برون داد خود را بازخورد می‌نماید و آن را به مثابه درون داد تحویل می‌گیرد تا برون‌دادی جدید، پس دهد. این پدیده به عنوان یک سیستم بازخورد می‌تواند طبق رابطه (1) بیان شود:

$$X_{n+1} = f(X_n) \text{ رابطه (1)}$$

به شکل 1 توجه شود:



شکل 1 فرایند تکراری در ایجاد فراکتال‌های رشد یافته [4، ص 37]

ابعاد فراکتالی این طرح از 5 عنصر که با نسبت 3 به 1 کوچک‌تر شده‌اند، تشکیل گردیده است ($N=5, R=1/3$). در اینجا در واقع هر بار، مربع اولیه به 9 قسمت مساوی (هر بعد به سه قسمت) تقسیم شده و 5 قسمت آن به‌طور منظم جایگزین مربع نخستین گردیده است. این خاصیت ((به خود همانندی)) موسوم است. البته تعاریف پیچیده‌تری از خود همانندی در قالب افرازهای متنوع مجموعه‌های خود همانند در آمده است [12].

2-4- دستگاه‌های آشوبی دارای جاذبه‌های غریب² می‌باشند.

جاذبه‌های غریب الگو نیستند ولی از الگویی پیروی می‌کنند که خاصیت و ارزش آنها هم در این الگو داشتن است. این جاذبه‌ها دارای ویژگی‌های هندسی پیچیده‌ای هستند و دارای ابعاد غیر صحیح و فراکتالی می‌باشند.

1. Self-similarity
2. Strange attractors

2-5- سیستم‌های آشوبی دارای اثر پروانه‌ای هستند؛ یعنی نسبت به شرایط اولیه حساسیت بالایی دارند.

مشخصه مهم سیستم‌های آشوبی، حساسیت آنها به شرایط اولیه است. اثر پروانه‌ای در واقع بیانگر رد روابط خطی بین علت و معلول و تأیید غیر خطی بودن روابط در پدیده‌ها و سیستم‌ها است (شکل 2).



شکل 2 اثر پروانه‌ای

2-6- کارایی نظریه آشوب در بازار بورس

در پی شکل‌گیری نظریه آشوب و توانایی آن برای توضیح رفتار قیمت‌ها در بازار بورس، فرض بازار کارا که توسط محققانی همچون فاما¹ (1969) مطرح شده بود، به چالش کشیده شد. فرض بازار کارا بر این مبنا استوار است که قیمت‌ها به طور سریع نسبت به اطلاعات جدید واکنش نشان می‌دهند.

تحقیقات متعددی در بورس‌های مختلف جهان در ارتباط با کارایی بازار انجام شد. نتایج اکثر این تحقیقات (اوریتانن، 1987)، (دنالدسون، 1990) و (گالوتی و شیان تارلی، 1993) حکایت از عدم کارایی بورس‌های مورد مطالعه داشت. تحقیقات انجام

1. Fama

شده در خصوص کارایی بازار بورس اوراق بهادار تهران فرضیه کارایی بازار در بورس اوراق بهادار تهران را تأیید نکرده اند [6].

2-7- آزمون‌های کشف آشوب

در این تحقیق برخی از آزمون‌های آشوب مانند آزمون BDS، نمای لیاپونوف، دیکی فولرو آزمون بعد همبستگی، آزمون براک، آزمون کاپلان، نمای هرست، آنتروپی کولموگروف مورد استفاده قرار گرفته است.

3- چهارچوب نظری تحقیق

برای آزمون فرضیه بازارهای کارا در بازارهای سهام از آزمون‌های مختلفی که اغلب خطی هستند، پیروی شده است، اما به تازگی آزمون‌های آشوبی که مبتنی بر نظریه آشوب هستند برای بررسی وجود فرایندهای غیرخطی معین و آشوبی در سری‌های زمانی پیچیده ارائه شده‌اند. طبق نظریه آشوب شاخص‌های سهام که دارای ظاهری کاملاً تصادفی (کارای ضعیف) هستند ممکن است از فرایند غیرخطی معین تبعیت کرده (ناکارا باشند) و در نتیجه نتوان آنها را با استفاده از آزمون‌های معمولی از سری‌های تصادفی تمیز داد [7، ص 31].

وجود فرایندهای آشوبی در ابعاد گوناگونی از اقتصاد مورد بحث قرار گرفته است [10، ص 317] اگر مشخص شود که این سری‌های اقتصادی تصادفی نبوده بلکه به وسیله یک فرایند آشوبی معین ایجاد می‌شود در کوتاه‌مدت قابل پیش‌بینی خواهند بود [8، ص 51].

مطابق نظریات کنیزین‌ها، عامل نوسانات تولید را فعل و انفعالات اقتصاد می‌دانند و از آشوب به عنوان شاهی بر ادعای خود استفاده می‌کنند [11، ص 71].

3-1- مدل تحلیلی تحقیق

اکثر مدل‌های پویای مورد استفاده اقتصاددانان ناپیوسته و خطی بوده‌اند. دلیل استفاده از مدل‌های پویای ناپیوسته شاید این باشد که کار برآورد ضرایب متغیرها در این مدل‌ها در مقایسه با مدل‌های پیوسته آسان‌تر است. دلیل تأکید بر مدل‌های پویای خطی نیز احتمالاً امکان حل تحلیلی آنها بوده است [7، ص 65].

در این تحقیق از مدل سیستم‌های آشوب‌گونه که غیرخطی و تصادفی‌نما می‌باشند، استفاده شده است.

مدل کلی سیستم‌های آشوب‌گونه به صورت تابع زیر است:

$$X_t = f(X_t, X_{t-1}, \dots, X_{t-k})$$

که در این پژوهش این تابع به صورت زیر می‌باشد:

$$P_t = f(P_t, P_{t-1}, \dots, P_{t-k})$$

که P_t بازده سهام است.

و از آزمون‌های BDS، لیاپانوف، دیکی فولر و بعد همبستگی برای آزمون فرضیه‌ها استفاده شده است.

4- پرسش اصلی تحقیق

1- آیا بورس اوراق بهادر تهران یک سیستم آشوبناک است؟

5- سؤالات فرعی تحقیق

1- آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادر تهران دارای ماهیت غیر خطی می‌باشند؟

2- آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادر تهران دارای اثر پروانه‌ای است؟

2- آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادر تهران دارای خاصیت خودمانایی

می‌باشند؟

3- آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادر تهران دارای جاذبه‌های غریب

می‌باشند؟

6- اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق تشخیص روند آشوبی از روند تصادفی است.

تشخیص روند آشوبی از روند تصادفی در سیستم بورس اوراق بهادار تهران و بررسی و وجود رفتار آشوب‌گونه در قیمت سهام است تا از این طریق در صورت آشوب‌گونه بودن، بتوان افق قابل پیش‌بینی برای قیمت سهام را به‌دست آورده و در تعیین افق سرمایه‌گذاری توسط سرمایه‌گذاران از نتایج آن استفاده کرد در صورتی که آشوب‌گونه‌گی تأیید نشود روش‌های پیش‌بینی که در سری‌های تصادفی متداول است با اطمینان بیشتری قابل توصیه خواهد بود.

7- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

بررسی آشوب در سری زمانی به دلایل زیر حایز اهمیت است:

- 1- اگر مشخص شود که یک سیستم آشوبی است، راه برای تشخیص نوع سیستم آشوبی و مکانیزی که آن را ایجاد کرده هموارتر می‌شود و می‌توان برای توضیح این پدیده مدل‌های مناسبی طراحی کرد که در هنگام حل جوابی آشوبی ایجاد کند؛
- 2- با کشف یک سیستم آشوبی و محتوای آن می‌توان امیدهای از دست رفته پیش‌بینی‌پذیری متغیرها را دوباره زنده کرد، زیرا پیش‌بینی‌کنندگان اغلب با تغییر وضعیت مواجه می‌شوند که رابطه به دست آمده گذشته را از اعتبار می‌اندازد. این‌گونه مشکلات برای محققانی که در علوم غیر خطی تحقیق می‌کنند، بسیار آشناست؛
- 3- آگاهی سرمایه‌گذاران چه حقیقی و حقوقی از قابلیت پیش‌بینی قیمت سهام آنها را در انتخاب استفاده از مدل‌های پیش‌بینی قیمت و سرمایه‌گذاری براساس پیش‌بینی‌ها و یا استراتژی پوشش ریسک کمک خواهد کرد؛
- 4- قیمت سهام در سیستم بورس اوراق بهادار در ایران به عوامل شناخته شده و ناشناخته زیادی بستگی دارد.

8- نوع تحقیق

تحقیق حاضر یک تحقیق کاربردی است که هدف از این‌گونه تحقیقات (کاربردی) توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص می‌باشد.

9- روش‌شناسی پژوهش

همان طور که اشاره شد، سیستم‌های آشوبناک دارای چهار خصوصیت اصلی هستند، بنابراین اگر خواستار تأیید آشوبناکی سیستمی باشیم، باید با طراحی آزمون‌های مناسب وجود یا عدم وجود چهار خصوصیت اصلی آشوب در آن سیستم بررسی شود.

10- جامعه و نمونه آماری

10-1- جامعه آماری

در این پژوهش جامعه آماری تمام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است که تقریباً معادل 400 شرکت می‌باشد.

10-2- نمونه آماری و روش نمونه‌گیری

از آن جایی که سیستم‌های آشوب‌گونه ممکن است دوره تناوب بسیار بزرگی داشته باشند، هر چه تعداد داده‌های سری زمانی بیشتر نتایج آزمون‌ها از اعتبار بیشتری برخوردار خواهند بود. از این رو برای اطمینان از کافی بودن حجم داده‌ها، جامعه آماری را که شامل تمام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد، از نظر تعداد روزهای معاملاتی چارک‌بندی می‌کنیم، سپس چارک بالا را در نظر می‌گیریم. اکنون شرکت‌های به‌دست آمده را از نظر ارزش بازار چارک‌بندی می‌کنیم و این بار دو چالاک بالا را در نظر می‌گیریم. در این مرحله 43 شرکت خواهیم داشت که از بین آنها شرکت‌های سرمایه‌گذاری و هلدینگ را که خود تحت تأثیر سایر شرکت‌ها می‌باشند، حذف می‌کنیم. در نهایت 31 شرکت با ویژگی‌های بالا مورد آزمون قرار می‌گیرند.

10-3- دوره زمانی و مکانی پژوهش

داده‌های مورد آزمون قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است که در طول نه سال از تاریخ 85/1/1 تا تاریخ 1393/12/29 جمع‌آوری شده‌اند. داده‌های مربوط به قیمت روزانه هر شرکت در طول این نه سال پس از تعدیل نرمال خواهند شد [3].

11- روش‌های جمع‌آوری اطلاعات

اطلاعات مورد نیاز پژوهش به صورت میدانی و کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده‌اند. اطلاعات مربوط به شرکت‌ها از طریق نرم‌افزار رهاورد نوین 3 و سایت سازمان اوراق بهادار تهران جمع‌آوری گردیده‌اند. سایر اطلاعات نیز از طریق مقالات، مجلات و کتاب‌های مرتبط با موضوع تحقیق جمع‌آوری شده‌اند.

12- تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این قسمت نخست به بررسی آمار توصیفی داده‌ها پرداخته و پس در قالب آمار استنباطی برای بررسی فرضیه‌های پژوهش می‌پردازیم. نرم‌افزار مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها E-views نسخه تحت ویندوز و نرم‌افزار مطلب می‌باشد.

12-1- آمار توصیفی

در جدول 1 شاخص‌هایی چون حداکثر و حداقل مقدار، میانه، میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی بیان شده است. هدف از مطالعه متغیرهای پژوهش به صورت توصیفی شناخت توزیع و ویژگی‌ها خاص هر متغیر است.

جدول 1 آمار توصیفی شاخص قیمت برای شرکت‌های نمونه

شاخص‌ها شرکت‌ها	میانگین	میانه	ماکسیمم	مینیمم	انحراف معیار	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
بهمن	550.00	385.00	700.00	200.00	1.25	2.1	0.285
کربن ایران	600.00	495.00	800.00	250.00	0.75	-0.258	0.145
دارو جابر	250.00	240.00	400.00	135.00	1.42	2.1	4.25
ایران خودرو	1,250.00	854.00	1,500.00	400.00	2.58	3.1	-0.145
ایران خودرو دیزل	385.00	210.00	432.00	155.00	3.25	2.14	-0.163
نفت بهران	145.00	100.00	250.00	85.00	2.00	3	0.148
پترو اراک	1,325.00	850.00	1,400.00	600.00	2.10	2.5	3.14
پترو خارک	850.00	400.00	1,000.00	250.00	0.79	1.258	10.12
سایپا	652.00	565.00	800.00	458.00	0.26	1.2	0.235
سیمان فارس خوزستان	145.00	132.00	200.00	120.00	0.13	2.4	0.856
سیمان تهران	500.00	325.00	700.00	200.00	2.10	3.1	-0.325
توسعه معادن روی	410.00	385.00	500.00	250.00	3.50	0.14	2.1

شاخصها شرکتها	میانگین	میانها	ماکسیمم	مینیمم	انحراف معیار	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
زامیاد	302.00	145.00	500.00	100.00	1.14	-1.5	-0.256
توسعه معادن و فلزات	400.00	398.00	550.00	230.00	0.14	-2.1	-0.1
نفت پارس	124.00	123.00	230.00	98.00	7.10	3	-0.258
سیمان سپاهان	256.00	138.00	302.00	95.00	1.35	-0.754	2.1
سیمان شرق	369.00	250.00	400.00	200.00	0.25	2.3	3.1
پتروشیمی اصفهان	810.00	300.00	1,000.00	185.00	0.85	1.2	2.14
تراکتورسازی ایران	935.00	535.00	735.00	385.00	2.10	0.32	3
صنعتی بهشهر	147.00	359.00	232.00	285.00	6.20	0.235	0.285
پارس خودرو	254.00	148.00	320.00	100.00	4.32	0.856	0.145
صنعتی دریایی ایران	1,111.00	650.00	1,400.00	400.00	1.10	-0.325	4.25
معدنی صنعتی چادرملو	1,321.00	132.00	1,400.00	99.00	5.12	2.1	-0.145
بانک کارافرین	299.00	132.00	325.00	98.00	4.15	-0.256	-0.163
گاز لوله	781.00	350.00	800.00	200.00	3.14	-0.1	0.148
کالسیمین	925.00	480.00	1,100.00	250.00	3.00	0.285	3.14
ایران ترانسفو	1,233.00	750.00	1,500.00	400.00	2.45	0.145	10.12
سایپا دیزل	989.00	480.00	1,050.00	235.00	4.12	4.25	2.1
دارویی صبحان	858.00	400.00	1,020.00	205.00	1.30	-0.145	3.2
سیمان شاهرود	457.00	201.00	563.00	145.00	2.10	-0.163	-0.258
سیمان کرمان	550.00	385.00	700.00	200.00	4.50	0.148	-0.123
	600.00	495.00	800.00	250.00	6.30	3.14	-0.148

12-2- آمار استنباطی

برای بررسی سؤالات پژوهش و آزمون فرضیه‌ها آن از آمار استنباطی به کمک نرم‌افزار E-views و مطلب استفاده می‌کنیم. ابتدا به بررسی فرضیه اولیه، یعنی وضعیت آشوبناک بودن و غیر خطی بودن بورس اوراق بهادار تهران پرداخته می‌شود.

فرضیه اصلی: بورس اوراق بهادار تهران دارای وضعیت آشوبناکی است.

فرضیه فرعی اول: بورس اوراق بهادار تهران دارای خاصیت غیر خطی است

برای بررسی آشوبناک و وجود روابط غیر خطی در سری‌های زمانی از آزمون‌های متعددی استفاده می‌شود که پرکاربردترین این آزمون‌ها ¹BDS است. از

1. Brock, Dechert And Scheinkman(Bds)

این آزمون برای آزمون این فرض که فرایند ایجاد سری‌های زمانی مستقل و مشابه است، در مقابل فرض وابستگی خطی یا غیر خطی فرایند، استفاده کرد. آماره آزمون BDS تبدیلی از انتگرال همبستگی است. انتگرال همبستگی احتمال اینکه فاصله دو نقطه از دو مسیر مختلف در فضای فازی کمتر از ε باشد، اندازه می‌گیرد، با افزایش فاصله مورد نظر، یعنی ε این احتمال نیز مطابق با بُعد فراکتالی فضای فازی تغییر می‌کند. برای محاسبه انتگرال همبستگی ابتدا باید یک مجموعه m حافظه‌ای از داده‌ها را با استفاده از تئوری تیکن تشکیل داد.

انتگرال همبستگی را رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$t \neq s$$

$$c_m(\varepsilon, t) = \frac{1}{t/m} \sum_{t,s=1}^t h(\varepsilon - |x_t - x_s|), t \neq s$$

در این رابطه H تابع هوی ساید بوده که تعداد نقاطی را که فاصله آنها از ε کمتر است، محاسبه می‌کند.

T_m تعداد مجموعه m حافظه‌ای را که از نمونه‌ای به حجم T ساخته می‌شود، نشان می‌دهد:

$$T_m = T - m + 1$$

ε حداکثر فاصله دو نقطه را که در محاسبه انتگرال همبستگی استفاده می‌شود،

نشان می‌دهد و $c_m(\varepsilon, t)$

انتگرال همبستگی نمونه‌ای به حجم T و m بعد محاط است.

براک و دیگران نشان دادند که اگر یک متغیر IID باشد، آماره BDS توزیع مجانبی

نرمال استاندارد خواهد داشت که می‌توان آن را از طریق رابطه زیر محاسبه کرد:

$$W = \frac{T^{\frac{1}{2}} [C_m(\varepsilon, T) - C_1^m(\varepsilon)]}{\delta_m(\varepsilon, T)} \approx N(0, 1) \quad (1)$$

که در این معادله، W آماره BDS و $s_m(\varepsilon, t)$ انحراف معیار عبارت داخل علامت $[]$ است. بنابراین اگر آماره W که برای پسماندهای مدل $ARIMA$ محاسبه شده است، به اندازه کافی بزرگ باشد، می‌توان فرض تصادفی بودن پسماندها را در مقابل تبعیت آنها از فرایند غیر خطی رد کرد.

جدول 2 نتیجه آزمون BDS

Dimension	Bds Statistic	Std Error	Z-Standard	Normal Prop	Bootstrap Prop
2	0.132558	0.000602	10.2586	0.000	0.000
3	0.312	0.014521	15.1472	0.000	0.000
4	0.215487	0.01478925	11.1478	0.000	0.000
5	0.258471	0.0147852	13.1425	0.000	0.000
6	0.0258147	0.0141001	10.1325	0.000	0.000
Raw epsilon		34.99025			
Pairs within epsilon		1277	V-statistic	0.505214	
Triples within epsilon		2504500	V-statistic	0.251432	
Dimension	$C(m,n)$	$C(m,n)$	$C(1,n-(m-1))$	$\frac{C(1,n-(m-1))}{1}$	$C(1,n-(m-1))^k$
2	1012.52	0.147852	1214.000	0.583	0.587
3	2012.52	0.123582	1236.000	0.413	0.147
4	1425.13	0.136985	2514.000	0.153	0.333
5	2014.2	0.963748	1235.000	0.362	0.148
6	1425.14	0.456789	1463.000	0.147	0.325

همان طور که مشاهده می‌شود، $Prop > 0.05$ است و فرضیه صفر مبنی بر توزیع سری‌های زمانی به صورت مستقل و یکسان رد می‌شود و فرضیه مقابل، یعنی توزیع سری‌های زمانی به صورت آشوبناک غیر تصادفی پذیرفته می‌شود. در نتیجه سری زمانی مورد مطالعه به صورت آشوبناک است. همچنین با توجه به نتیجه آزمون فوق می‌توان عنوان کرد که بورس اوراق بهادار تهران دارای خاصیت غیر خطی است.

فرضیه فرعی دوم: بورس اوراق بهادار دارای اثر پروانه‌ای است. برای بررسی اثر پروانه‌ای بورس اوراق بهادار تهران از توان لیاپانوف (M) به روش رزن اشتاین در قالب نرم‌افزار matlab استفاده می‌شود.

محاسبه توان لیپانوف

ابتدا به علت اینکه الگوریتم‌های عددی بر روی اعداد بین 0 و 1 بهتر عمل می‌کنند، داده‌ها را نرمال می‌کنیم. در اینجا برای نرمال کردن از روش تقسیم کردن مشاهدات بر انحراف معیار آنها استفاده شده است. سپس به محاسبه توان لیپانوف سری زمانی می‌پردازیم که اگر یکی از آنها مثبت باشد، نشان‌دهنده این است که مسیرهای زمانی که شرایط اولیه‌شان اختلاف اندکی با هم دارند با گذشت زمان واگرا می‌شوند. به این منظور از بزرگ‌ترین توان لیپانوف استفاده می‌کنیم، زیرا اگر بزرگ‌ترین توان لیپانوف منفی باشد، توان‌های لیپانوف دیگر نیز منفی خواهند بود. جدول زیر اطلاعات ناشی از محاسبه توان لیپانوف به روش رزن اشتاین با استفاده از داده‌های نرمال شده، برنامه‌ای را که به این منظور در برنامه matlab نوشته شده است، نشان می‌دهد. وقفه جانشانی T=1 و بعدهای جانشانی m=1 و m=2 در نظر گرفته شده است.

$$\lambda_1 = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{\tau} \ln \left(\frac{|x(\tau) - x_\varepsilon(\tau)|}{\varepsilon} \right), |x(0) - x_\varepsilon(0)| = \varepsilon$$

نتایج به‌دست آمده از آزمون لیپانوف در جدول 3 نشان داده شده است.

جدول 3 اثر پروانه‌ای

شرکت‌ها	M=1	M=2
بهمن	0.315	.310
کربن ایران	0.412	.398
دارو جابر	.145	.132
ایران خودرو	.785	.723
ایران خودرو دیزل	.325	.302
نفت بهران	.968	.925
پترو اراک	.145	.130
پتروشیمی خارک	N	N
سایپا	.852	.830

شرکت‌ها	M=1	M=2
سیمان فارس خوزستان	.658	.602
سیمان تهران	.108	.098
توسعه معادن روی	.107	.100
زامیاد	.214	.202
توسعه معادن و فلزات	.358	.324
نفت پارس	.698	.625
سیمان سپاهان	.314	.284
سیمان شرق	.789	.745
پتروشیمی اصفهان	.987	.952
تراکتور سازی ایران	.414	.400
صنعتی بهشهر	.201	.195
پارس خودرو	.502	.480
صنعتی دریایی ایران	.219	.132
معدنی صنعتی چادرملو	.212	.199
بانک کارافرین	.581	.513
گاز لوله	.362	.321
کالسیمین	.714	.699
ایران ترانسفو	.784	.720
سایپا دیزل	.321	.421
دارویی سبحان	.214	.210
سیمان شاهرود	.914	.839
سیمان کرمان	.102	.98

همان‌گونه که جدول 3 نشان می‌دهد، محاسبات برای تمامی شرکت بجز پتروشیمی خارک از طریق توان لیاپانوف به‌وسیله روش رزن اشتاین انجام گردید و خروجی برای تمامی شرکت‌ها مثبت می‌باشد. بنابراین فرضیه فرعی دوم مورد تأیید است. فرضیه فرعی سوم: بورس اوراق بهادار تهران دارای خاصیت مانایی است. در پژوهش‌های تجربی، هنگام کار با سری‌های زمانی چنین فرض می‌شود که سری‌های زمانی مانا هستند. اگر این حالت وجود نداشته باشد، آزمون‌های آماری متعارفی که اساس آنها بر پایه آماره‌های F و t بنا شده است، مورد تردید قرار

می‌گیرد. در این پژوهش برای بررسی مانایی متغیر پژوهش از آزمون دیکی فولر استفاده شده است.

یکی از سودمندترین آزمون‌ها در زمینه مانایی (سکون) آزمون دیکی فولر تعمیم یافته¹ است. فرض کنید سری y_t ساس ساده‌ترین شکل خود، یک مدل خود رگرسیون از درجه اول است؛ یعنی $y_t = \alpha y_{t-1} + \epsilon_t$ چنانچه $|\alpha| < 1$ باشد، سری ماناست. در این آزمون فرض صفر دلیل بر نامانایی است و حالت مطلوب زمانی اتفاق می‌افتد که فرض صفر رد شود؛ یعنی $H_0: \alpha = 1$ نتایج به دست آمده از آزمون دیکی فولر در جدول 4 آماده است.

جدول 4 آزمون مانایی دیکی فولر

شرکت	مقدار آماره	سطح معناداری	نتیجه
بهمن	-12/345	0/000	مانا
کربن ایران	-11/012	0/000	مانا
داروی جابر	-4/830	0/014	مانا
ایران خودرو	-7/792	0/000	مانا
ایران خودرو دیزل	-5/756	0/000	مانا
نفت بهران	11/012	0,000	مانا
پترو اراک	-3/599	0/000	مانا
پترو خارک	-4/535	0/000	مانا
سایپا	-3/153	0/000	مانا
سیمان فارس خوزستان	-2/152	0/020	مانا
سیمان تهران	-12/345	0/000	مانا
توسعه معادن روی	-11/012	0/000	مانا
زامیاد	-2/830	0/030	مانا
توسعه معادن و فلزات	-3/144	0/000	مانا
نفت پارس	-1/125	0/000	مانا
سیمان سپاهان	11/012	0,000	مانا
سیمان شرق	-3/599	0/006	مانا

1. Augmented dicky fuller

نتیجه	سطح معناداری	مقدار آماره	شرکت
مانا	0/000	-4/125	پترو شیمی اصفهان
مانا	0/000	-3/115	تراکتور سازی ایران
مانا	0/015	-3/220	صنعتی بهشهر
مانا	0,001	-11/345	پارس خودرو
مانا	0/000	-11/012	صنعتی دریایی ایران
مانا	0/003	-2/810	معدنی صنعتی چادرملو
مانا	0/000	-3/714	بانک کارآفرین
مانا	0/000	-1/856	گاز لوله
مانا	0/000	12/012	کالسیمین
مانا	0,010	-3/514	ایران ترانسفو
مانا	0/000	-4/546	سایپا دیزل
مانا	0/000	-7/153	دارویی صبحان
مانا	0/000	-2/152	سیمان شاهرود
مانا	0/005	-2,14	سیمان کرمان

عدد معناداری یا همان (sig) برای تمامی شرکت‌ها که مورد بررسی قرار گرفته اند، از 0,05 کمتر می‌باشد. این آماره نشان از این دارد که داده‌های شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران دارای خاصیت مانایی هستند.

13- خلاصه موضوع پژوهش

در تحقیق حاضر وجود رفتار آشوب‌گونه در قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران را بررسی نموده‌ایم. در فصل اول کلیات را بیان کردیم، سپس در فصل دوم ابتدا به بررسی مبانی نظری پرداخته و کوشش شد که با استدلال منطقی به نظریاتی دست یابیم که اساس تحقیق باشد. در آخر مروری اجمالی بر پژوهش‌های انجام یافته بر تئوری آشوب در بازارهای مالی صورت گرفت. در فصل سوم روش محاسبه آزمون BDS و روش‌های مختلف محاسبه توان لیاپانوف شامل الگوریتم‌های ولف، رزن اشتاین و آزمون دیکی فولر و بعد همبستگی تشریح شد و دوره تحقیق بیان گردید که شامل سال‌های بین 1385 تا آخر سال 1393 می‌باشد. گفته شد که نمونه‌گیری براساس دو فیلتر چارک بالای روزهای

معاملاتی و در فیلتر دوم، دو چارک بالای ارزش بازار انجام خواهد یافت. در فصل چهارم به انجام آزمون‌ها با استفاده از برنامه‌های نوشته شده در نرم‌افزار matlab و e-views پرداختیم.

14- یافته‌ها و نتایج تحقیق

نتایج حاصل از آزمون BDS، آزمون لیپانوف با الگوریتم رزن اشتاین و آزمون دیکی فولر و بعد همبستگی حاکی از فرایند آشوبگونه در سری قیمت‌های شرکت‌های نمونه بود و داده‌های قیمت شرکت‌های بورس اوراق بهادار دارای خاصیت غیرخطی می‌باشند و همچنین دارای اثر پروانه‌ای یا حساسیت بالا نسبت به شرایط اولیه و خودمانا و جاذبه‌های پیچیده می‌باشند.

وجود فرایندهای آشوبگونه و در نتیجه وابستگی بالا به شرایط اولیه به طور الزام بر وجود فرصت‌های سودآور قابل بهره‌برداری دلالت نمی‌کند، زیرا نخست پیچیدگی فرایند ممکن است شناسایی آن را توسط عوامل غیر ممکن سازد؛ هر چند که می‌توان گفت اگر محققان بتوانند مدل صحیح را بیابند، بازار نیز قادر به یافتن آن است. دوم اینکه وابستگی بالا به شرایط اولیه به آن معناست که تابع قیمت بازار ممکن است برای تضمین سودآوری کافی نباشد، زیرا دقت مورد نیاز برای پیش‌بینی ممکن است برای تضمین سودآوری کافی نباشد چون دقت مورد نیاز برای پیش‌بینی ممکن است باعث از دست دادن زمان برای انجام معاملات سودده شود و اگر قیمت به هر دلیلی مانند وجود حجم مبنا و دامنه نوسان قیمت اشتباه تعیین شود مسیر قیمت تفاوت بسیار زیادی خواهد داشت. با استفاده از نتایج تخمین نقاط جاذب‌های پیچیده قیمت می‌توان به برآورد دقیق‌تر بازده محتمل و تعادلی سهام دست یافت و تعیین بازده‌های محتمل و بلندمدت به انتخاب سهام کمک خواهد کرد.

بر این اساس به سؤالات اصلی پژوهش، یعنی آیا سیستم بورس اوراق بهادار تهران آشوبگونه است؟ و به سؤالات فرعی، یعنی:

- 1- آیا سیستم بورس اوراق بهادار غیرخطی می‌باشند؟
- 2- آیا سیستم بورس اوراق بهادار دارای اثر پروانه‌ای است؟
- 3- آیا سیستم بورس اوراق بهادار خودمانا می‌باشد؟

رفتار قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده، غیرخطی، خودمانا و دارای اثر پروانه‌ای و جاذبه‌های پیچیده می‌باشد.

15- محدودیت‌های تحقیق

در انجام هر پژوهشی محدودیت‌هایی وجود دارد که می‌تواند بر نتایج آن تأثیرگذار باشد. در این تحقیق نیز محدودیت‌ها و موانعی وجود داشت که بر مسئله و توانایی مدل‌های طراحی شده و نتایج حاصل مؤثر بوده‌اند. از جمله محدودیت‌هایی که می‌توان به آن اشاره کرد، وجود دامنه نوسان در قیمت می‌باشد.

16- ملاحظات پیرامون روش‌های آزمون آشوب

پژوهش‌های تجربی که تاکنون با استفاده از روش‌های آزمون یاد شده برای تعیین وجود آشوب در سری‌های اقتصادی انجام شده‌اند، نتایج سازگار و هماهنگی نداشته است، برای مثال نشان داده شده است که سری‌های زیر دارای فرایند آشوبی هستند. برخی متغیرهای پولی (بارنت و چن، 1987) نرخ بازدهی بازار سهام آمریکا (لی بران، 1989) و (شیکرمن و لی بران، 1989) بازارهای طلا و نقره (فرانک و استینگوس، 1989)، توقف نیروی کار (سایرز، 1986)، اشتغال، بیکاری و تولید صنعتی (بروک و سایلر، 1988) تولید ناخالص ملی در ژاپن (فرانک و همکار، 1988)، نرخ ارز (گرین و ارکال، 1966) [16].

بازار سهام اسپانیا (امیدا و جامونز، 1995)، حساب‌های بانکی (توفالی، 1995) و بازارهای گاز طبیعی مایع آمریکای شمالی، پژوهش‌های دیگری نیز نشان داده‌اند که سری‌های زیر از یک فرایند آشوبی پیروی نمی‌کنند:

تولید ناخالص ملی واقعی آمریکا، بیکاری در کانادا، تولید ناخالص ملی انگلستان، ایتالیا و آلمان، مصرف کل در آمریکا و کانادا و قیمت‌های آتی نفت [18، ص 311]. نتایج متفاوت آزمون‌ها تا حدودی به استفاده از روش‌های متفاوت با فرضیه‌های صفر متفاوت مربوط می‌شوند، برای مثال، همان‌گونه که در قسمت قبلی توضیح داده شد، در روش آزمون BDS تصادفی بودن یک فرایند در مقابل غیرتصادفی بودن آن را ارزیابی می‌شود. در نتیجه در صورت رد شدن فرضیه مورد آزمون، غیرتصادفی بودن فرایند ایجادکننده سری و نه به طور لزوم آشوبناک بودن آن تأیید می‌شود. در

آزمون‌های توان لیاپانوف و آنتروپی کولموگروف، نتیجه آزمون دلالت بر آشوبی بودن یا غیر آشوبی بودن فرایند دارد. افزون بر این، مسائل و مشکلات زیر نیز در انجام آزمون‌ها و نتیجه‌گیری‌های به دست آمده از آنها باید مدنظر قرار گیرند:

1- غالب آزمون‌ها مربوط به کشف فرایند آشوبی در یکسری زمانی نیاز به داده‌های فراوان دارند. متأسفانه در اقتصاد تولید اطلاعات با فراوانی بسیار به راحتی سایر علوم تجربی و آزمایشگاهی امکان‌پذیر نیست. این مشکل به‌ویژه در مورد متغیرهای اقتصاد کلان مانند تولید ناخالص داخلی و بیکاری که آمارهای با فراوانی‌های حداکثر فصلی دارند، نمود بیشتری دارد. بنابراین در چنین مواردی نتیجه آزمون‌ها را باید با احتیاط بیشتری تفسیر و یا آنها را با انجام سایر آزمون‌های تکمیلی مقایسه کرد؛

2- آمارهای اقتصادی معمولاً آلوده به اغتشاش (Noise) هستند. این آلودگی که ناشی از خطای اندازه‌گیری و یا شوک‌های برونزا است در صورتی که رفع نشود ممکن است نتایج آزمون‌ها را خدشه‌دار سازد؛

3- آمارهای اقتصادی معمولاً همان‌گونه که جمع‌آوری می‌شوند، منتشر نمی‌شوند. مسئولان جمع‌آوری و انتشار آمارهای جمع‌آوری شده می‌دهند و یا آنها را با روش‌های خاصی پردازش می‌کنند، به عبارت دیگر، در بسیاری از موارد، آمارهای موجود اقتصادی که در مطالعات کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرند، آمارهای غیر اصلی و پردازش شده هستند. پردازش و تغییر داده‌ها از آنجا که ممکن است الگوهای احتمالی موجود در آنها را به نحوی تحت تأثیر قرار دهد، احتمالاً در نتیجه آزمون‌های آشوب مؤثر خواهد بود.

17- پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

1- از الگوریتم‌های مختلف محاسبه توان لیاپانوف مورد استفاده در این تحقیق می‌توان برای آزمون‌های آشوب‌گونگی در بازدهی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران استفاده نمود.

2- از الگوریتم‌های مختلف محاسبه توان لیاپانوف مورد استفاده در این تحقیق می‌توان برای آزمون‌های آشوب‌گونگی در قیمت طلا، نفت و نرخ ارز استفاده نمود.

18- منابع

- [1] Alvani Syed Mahdi, Danayefard Hassan (1999) Decision making in choase approach, (5), No. 21, pp: 21-25.
- [2] Tehrani Reza, Rahbar Amirhossin, Saberi Jafar, Ghorbanzadeh Sasan (2010) Chaose Theory and market behavior, *Organizational Culture Management Pub*, No. 22.
- [3] Raey Reza, Talangi, Ahmad (2004) *Advanced investment management*, Human Resource Organization in University (SAMT) Tehran.
- [4] Salami Amirbehdad (2003) "Chaos trend test in Tehran stock market efficiency", *Economical Reserch Pub*, No. 2, pp: 35-84.
- [5] Faghih Nezameddin (1998) "Fractal development in dynamic systems", *Journal of Management Science*, No. 39 and 40, pp. 39-50.
- [6] Fadaeenejad Mohammad Esmail (1994) *Chaos trend testing in Tehran stock market efficincy*, Dissertaion in Tehran University.
- [7] Moshiri Said "Surveying the chaos theory and its Application in Economics "(2002) *Journal of Economic Bulletin*, No. 12, pp. 29-68.
- [8] Moshiri Said, Morovvat Habib (2005) "Surveying the chaos process in efficncy index of stock total price", *Economic Bulletin*, (7), No. 25, pp. 47-64.
- [9] Moattar H., Mahmoudzade Sayed Mohammad, Pary azari M. S., Zaery M. S. (2007) Surveying the chaos behavior and its application in sales, *Management.5th International Conference of Management*, Tehran.2007
- [10] Brock, W. A., & De Lima, P. J. (1996) "Nonlinear time series, complexity theory, and finance", *Handbook of Statistics*, Vol. 14, pp. 317-361.
- [11] Brock W. A., Sayers C. L. (1988) "Is the business cycle characterized by deterministic chaos?", *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), pp. 71-90.
- [12] Hutchinson J. E., *Fractals and self similarity*, University of Melbourne, [Department of Mathematics], 1991.
- [13] Meakin P. (1987) "Fractal aggregates", *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 28, pp. 249-331.

- [14] Nishimura K., Sorger G. (1996) "Optimal cycles and chaos: A survey", *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 1(1), pp. 11-28.
- [15] Peitgen H. O., Jürgens H., Saupe D. (1992) "Chaos and fractals: New frontiers of science springer, New York.
- [16] Pynn R., Skjeltorp A. (2013) "Scaling phenomena in disordered systems" *Springer Science & Business Media*, Vol. 133.
- [17] Rosser J. B. (1999) "on the complexities of complex economic dynamics", *The Journal of Economic Perspectives*, 13(4), pp. 169-192.
- [18] Scheinkman J. A., LeBaron B. (1989) "Nonlinear dynamics and stock returns", *Journal of Business*, pp: 311-337.
- [19] Weiss J. N., Garfinkel A., Karagueuzian H. S., Qu Z., Chen P. S. (1999) "Chaos and the transition to ventricular fibrillation a new approach to antiarrhythmic drug evaluation", *Circulation*, 99 (21), pp: 2819-2826.