

تئوری آشوب و رفتار بازارهای سهام (موردکاوی بورس اوراق بهادار تهران)

رضا تهرانی^۱، امیرحسین رهبر^{۲*}، جعفر صابری^۳، ساسان قربانزاده^۴

۱. دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری آینده‌پژوهی، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

۳. کارشناس ارشد مدیریت اجرایی پردیس قم دانشگاه تهران

۴. کارشناس ارشد مدیریت اجرایی پردیس قم دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۵؛ تاریخ تصویب: ۸۹/۱۰/۲۰)

چکیده

با گذشت حدود دو دهه از بازگشایی مجدد بورس اوراق بهادار تهران، حجم معاملات و تعداد شرکت‌های پذیرفته شده در آن از افزایش چشم‌گیری برخوردار شده است و سهامداران حقیقی و حقوقی بسیاری در آن درگیر شده‌اند، لذا به تدریج جایگاه قابل توجهی در مجموعه اقتصاد کشور پیدا کرده است و این مسؤولیت پژوهشگران عرضه اقتصاد را برای بهره‌گیری از ابزارهای جدید و کارآمدتر - جهت توجیه بهتر نوسانات این بازار - مضاعف می‌کند. از دیگر سو تئوری آشوب از جمله دریچه‌های نوینی است که در حوزه مدیریت و اقتصاد گشوده شده و سالیان اخیر، هر روز علاقه‌مندان بیش‌تری را مجذوب خود نموده‌است، بنابراین نگرستن به بازار اوراق بهادار تهران از این دریچه مفید به‌نظر می‌رسد. این مقاله پس از مرور برخی مقدمات ضروری پیرامون تئوری آشوب و انواع سیستم‌ها درصدد پاسخ به این پرسش است که آیا بورس اوراق بهادار تهران یک سیستم آشوب‌ناک است یا خیر؟ متدلوژی ویژه این پژوهش، آن را از حالت یک تحقیق معمولی خارج ساخته و به یک فراتحقیق بدل نموده است، زیرا در این پژوهش مستقیماً به جمع‌آوری داده‌ها مبادرت نموده، بلکه تلاش شده است با جمع‌آوری و تحلیل نتایج سایر تحقیقات معتبر انجام شده، به اظهار نظر پیرامون مسأله اصلی تحقیق پرداخته شود. در نهایت، با احتمال نسبتاً بالایی آشوب‌ناکی بازار سهام ایران تأیید شد و بر همین مبنا در انتهای تحقیق پیشنهاداتی برای ادامه مسیر ارایه گردیده است.

واژگان کلیدی

تئوری آشوب، بازار کارا، سری زمانی، مدل‌های غیرخطی، پویه‌مندی سیستم.

Email: a.h.rahbar@ut.ac.ir

* نویسنده مسؤول ۰۹۱۸۳۱۸۶۵۷۰

مقدمه

بورس اوراق بهادار تهران پس از پایان جنگ ایران و عراق و هم زمان با برنامه اول توسعه اقتصادی دولت در سال ۱۳۶۹ فعالیت مجدد خود را آغاز کرد. هم زمانی فعالیت مجدد بورس با برنامه اول توسعه که خصوصی سازی یکی از محورهای اصلی آن بود، باعث رونق گرفتن بورس اوراق بهادار تهران پس از مدت کوتاهی از فعالیت مجدد شد و با گذشت حدود چهارده سال (با توجه به تاریخ کنونی هجده سال) حجم معاملات و تعداد شرکت های پذیرفته شده از افزایش چشم گیری برخوردار شده است، سهامداران حقیقی و حقوقی بسیاری در این بورس درگیر شده اند و به تدریج جایگاه قابل توجهی در مجموعه اقتصاد کشور پیدا کرده است؛ به طوری که شاخص سهام - که در گذشته اهمیت چندانی نداشت - از حساسیت قابل ملاحظه ای برخوردار گردیده است (سینایی و همکاران، ۱۳۸۴، ص ۶۰). رفتار قیمت سهام که پیش تر به صورت سری های زمانی مطالعه و بررسی می شود، همواره مورد توجه دانشمندان علوم مالی و اقتصادی بوده است. پیش بینی قیمت واقعی سهام، حتی برای روز آینده رویایی است که خواب کارگزاران، سرمایه گذاران، بورس بازان و دانشمندان علوم مربوطه را آشفته کرده است. در ادامه فرضیه گشت تصادفی، خط بطلانی بر روی همه روش های پیش بینی سنتی کشیده و ادعا کرده است که قیمت سهام به صورت مستقل از حافظه تاریخی آن تعیین می شود و با بررسی روند گذشته قیمت ها اطلاعات تازه ای به دست نمی آید (جهانخانی و همکاران، ۱۳۷۲، ص ۹).

از جانب دیگر، در عصر حاضر نظریه آشفتگی یا آشوب توجه بسیاری از علما و دانشمندان رشته های مختلف را به خود جلب کرده است. (الوانی و همکاران، ۱۳۷۸، ص ۱۲). در واقع، آنگاه که فرایند توسعه، در گذر زمان مطرح باشد، نظریه آشوب، پای در عرصه تحلیل می نهد و هنگامی که شکل و شمایل ساختاری رشد و تحول، در فرایندهای آشوبناک، مورد توجه قرار گیرد، هندسه فراکتالی، رخ می نماید؛ و این، در حقیقت، هندسه ای است که ساختارهای آن به آشوب، نظم می بخشد. به عبارتی، فضای فراکتالی، همچون «زبانی» نوین، در توصیف، مدل-

سازی و تحلیل شکل‌های بغرنج به کار می‌آید (بیلیر^۱، ۱۹۹۱). اگر آشوب‌ناکی سیستمی اثبات شود راه برای تشخیص مکانیزمی که این سیستم را ایجاد می‌کند، هموارتر خواهد شد و امیدهای از دست رفته برای پیش‌بینی‌پذیری آن دوباره زنده می‌گردد (سلامی، ۱۳۸۲، ص ۳۸). لذا تصمیم بر این است که از پنجره تئوری آشوب به آشفتگی‌های بازارهای مالی نگریسته شود و تلاش شده است، حاصل پژوهش‌های سایر اندیشمندان را در یک ترکیب و چیدمان جدید قرار داده تا از این رهگذر راه برای انجام تحقیقات تازه در این حوزه نوظهور باز شود.

مروری بر مبانی نظری

قبل از ورود به بحث اصلی آشنایی با بعضی از مفاهیم تعریف‌کننده سیستم‌های آشوب‌ناک ضروری به نظر می‌رسد.

سیستم‌های پویا و ایستا

سیستم‌های پویا، سیستم‌هایی هستند که مقدار خروجی آن‌ها در هر لحظه، نه تنها بستگی به مقدار تحریک در آن لحظه داشته، بلکه به مقادیر ما قبل نیز بستگی دارد. در حالی که مقدار خروجی یک سیستم ایستا در هر لحظه به تحریک همان لحظه مرتبط می‌شود، بنابراین اگر قصد داشته باشیم یک سیستم پویا را مدل‌سازی کنیم، بعضی از داده‌ها را باید با وقفه‌های خاصی نسبت به سایر داده‌ها وارد مدل کنیم مثلاً ممکن است لازم باشد برای پیش‌بینی وضعیت سیستم در لحظه t ، متغیر ورودی اول از لحظه $(t-5)$ ، متغیر ورودی دوم از لحظه $(t-9)$ و متغیر ورودی سوم از لحظه $(t-10)$ اخذ شود (خالوزاده و همکاران، ۱۳۸۲، صص ۴-۵۰).

تئوری آشوب

تئوری آشوب در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ 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 (ویس^۲، ۱۹۹۱، صص ۱۳۸-۱۴۰). عزم چالش برانگیز پژوهش‌گران سیستمی بر این است که قواعدی را برای پیش‌بینی رفتار

1. Belair
2. Weiss

سیستم‌های پیچیده به ظاهر غیر قابل پیش‌بینی و نامنظم، کشف کنند. به عقیده مارگارت ویتلی^۱ هنگامی یک سیستم را غیر قابل پیش‌بینی می‌نامند که تعیین جایگاه بعدی آن غیر ممکن بوده و هیچ گونه امکان پیش‌بینی در مورد آن وجود نداشته باشد. چنین سیستمی هرگز دوبار در یک مکان فرود نمی‌آید، اما طبق نظریه آشوب اگر ما چنین سیستمی را برای مدت کافی تحت نظر بگیریم، با بررسی حالات سیستم در لحظات گوناگون زمان متوجه می‌شویم که سیستم یاد شده همواره نظم ذاتی خویش را به نمایش می‌گذارد. حتی غیر قابل پیش‌بینی‌ترین (آشفته‌ترین) سیستم‌ها نیز همواره در محدوده مرزهای معینی حرکت می‌کنند و هرگز از آن خارج نمی‌شوند. معمولاً درون بی‌نظمی و آشوب، الگویی از نظم وجود دارد که به طور شگفت‌انگیزی زیباست (رضایان، ۱۳۸۰، صص ۶۰-۶۱). فرایند آشوبی محصول یک سیستم غیرخطی پویا است. چنین سیستم‌هایی در طبیعت و هم‌چنین در رفتارهای انسانی مشاهده شده‌اند. به عنوان مثال ضربان قلب و حرکت پاندول ساعت و نوسانات اقتصادی همه به نوعی یک رفتار غیرخطی پویا را به نمایش می‌گذارند. بنابراین برای شناخت آشوب باید سیستم‌های غیرخطی پویا را مورد بررسی قرار داد (مشیری، ۱۳۸۱، ص ۳۱).

دستگاه معادلات تشکیل دهنده نظریه آشوب یا نظم غایی دارای چند مشخصه هستند که در اینجا به آن‌ها اشاره می‌کنیم: (الوانی و همکاران، ۱۳۷۸، صص ۱۴-۱۵).

معادلات آشوبی غیرخطی^۲ می‌باشد

نظام‌هایی که به کمک نظریه آشوب تحلیل می‌شوند، دارای روابط غیرخطی هستند. یعنی اگر در نظامی سری‌های زمانی به دست آورید و آن‌ها را خطی و بدون نوسان یافتید، در اینکه این نظام آشوب‌ناک و بی‌نظم است، تردید نمایید. برای تشخیص غیرخطی بودن، آزمون‌های فراوانی طراحی شده‌اند. ساده‌ترین آن‌ها حدس زدن یک مدل غیرخطی مناسب و برازش آن بر داده‌هاست، در این حالت نیکویی برازش بیانگر درجه غیرخطی بودن است. آزمون بی‌دی‌اس^۳ هم می‌تواند یک آزمون تشخیص روند غیرخطی باشد. این آزمون در حقیقت برای تشخیص

1. Margaret Wheatley

2. Non-Linear

3. BDS

مستقل و هم توزیع بودن^۱ بودن متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (سلامی، ۱۳۸۲، صص ۶۱-۶۲). اگر این آزمون را بر پسماندهای یک مدل خطی اعمال کنیم و تصادفی بودن آنها تأیید شود به معنی نیکویی برازش مدل خطی است. در غیر این صورت بیانگر غیرخطی بودن فرایند مولد داده‌ها (و نه لزوماً آشوب‌ناکی داده‌ها) است (مشیری و مروت، ۱۳۸۴، ص ۵۳). البته براک^۲ و دیگران نشان دادند که این آزمون نسبت به سایر آزمون‌ها در نمونه‌های بزرگ و مشاهدات با تعداد بالا، از قدرت بالاتری در تشخیص میان روندهای آشوبی، خطی و غیرخطی برخوردار است (مشیری، ۱۳۸۱، ص ۶۱). آزمون شبکه عصبی وایت^۳ نیز به منظور یافتن فرایند غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در بخش‌های بعدی توضیح داده خواهد شد.

معادلات آشوبی دارای خاصیت خودمانایی^۴ هستند

در تئوری آشوب، نوعی شباهت بین اجزای و کل قابل تشخیص است. بدین ترتیب که هر جزئی از الگو همانند و مشابه کل می‌باشد (معطر حسینی و همکاران، ۱۳۸۶، ص ۵). به این خاصیت خودمانایی گفته می‌شود. به دلیل وجود همین ویژگی است که در دستگاه‌های نامنظم و آشوبی، هندسه جدیدی پا به عرصه وجود می‌گذارد که آنرا هندسه فراکتالی می‌نامند (الوانی و همکاران، ۱۳۷۸، ص ۱۵). آقای دکتر نظام‌الدین فقیه از معدود پژوهشگران علوم انسانی است که به موضوع خودمانایی رویکرد کمی داشتند. ایشان برای تبیین خودمانایی، از تشریح فرایند تکرر^۵ در فضا آغاز می‌کنند و بیان می‌دارند (فقیه، ۱۳۷۷، صص ۸-۲۰): تکرر، فرایندی را تشکیل می‌دهد که چونان سیستمی، برون‌داد خود را بازخور می‌نماید و آن را به مثابه درون‌داد تحویل می‌گیرد تا برون‌دادهای جدید، پس دهد (پیتگن^۶، ۱۹۹۳). این پدیده، به عنوان یک سیستم بازخور، می‌تواند طبق رابطه زیر بیان گردد:

$$\text{رابطه (۱) } (X_{n+1}=f X_n)$$

شکل زیر را در نظر بگیرید:

1. IID: Independent & Identical Distributed

2. Brock

3. White

4. Self-Similarity

5. Intration

6. Peitgen



شکل ۱: فرایند تکراری در ایجاد فراکتال‌های رشد یابنده برگرفته از (فقیه، ۱۳۷۷، ص ۱۳)

ابعاد فراکتالی این طرح از ۵ عنصر که با نسبت ۳ به ۱ کوچک‌تر شده‌اند، تشکیل گردیده است ($r=1/3, N=5$). در اینجا، در واقع، هر بار، مربع اولیه به ۹ قسمت مساوی (هر بعد به ۳ قسمت) تقسیم شده و ۵ قسمت آن به طور منظم جایگزین مربع نخستین گردیده است. شکل فوق نشانگر آن است که چگونه قاعده‌ای بسیار ساده، تحت عمل تکرار، می‌تواند به تصویری بغرنج با خواصی غیر معمولی، منجر شود. در هر شکل، مشابهت و همانندی بین قطعات متعدد تشکیل دهنده آن شکل و نیز کل شکل، کاملاً جالب توجه است و در صورت بزرگ‌نمایی، هر قطعه می‌تواند کل شکل را وانمایاند. این خاصیت به «خودهمانندی» موسوم است (جولین^۱، ۱۹۸۷ و پین^۲، ۱۹۸۶، ص ۴-۲۰). البته تعاریف پیچیده‌تری از خودهمانندی در قالب افزای متنوع مجموعه‌های خودهمانند درآمده است (هوتچینسون^۳، ۱۹۸۱ و هاتا^۴، ۱۹۸۵، صص ۲۱-۲۴).

موضوع خودهمانندی که در واقع پایایی در مقیاس را بیان می‌دارد، از مفاهیم بنیادی در هندسه فراکتالی است و با مفهوم ابعاد فضا، ارتباطی تنگاتنگ دارد (چربیت^۵، ۱۹۹۱، صص ۸۸-۹۰) (فقیه، ۱۳۷۷، ص ۱۰).

به عبارت دیگر، چنانچه پدیده‌ای خودهمانند متشکل از N قسمت باشد، که هر قسمت در مقیاسی به نسبت r از کل بگنجد، ابعاد فراکتالی (یا ابعاد خودهمانندی) آن برابر D خواهد بود و در حالت کلی، برخلاف فضای اقلیدسی، لازم نیست که D عددی صحیح باشد، بلکه می‌تواند عددی اعشاری نیز باشد. بعد فراکتالی را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم (مندلبروت^۶، ۱۹۸۵، صص ۲۵۷-۲۶۰).

1. Jullien
2. Pynn
3. Hutchinson
4. Hata
5. Cherbit
6. Mandelbrot

رابطه (۲) $D = \log(N) / \log(l/r)$

در رابطه با شکل فوق می‌توان نوشت: $D = \log(5) / \log(3) = 1/465$ آنچه تاکنون در ارتباط با خودهمانندی ملاحظه گردید، جنبه بی‌شبهه و قابل یقین^۱ داشته و به عبارت دیگر، با به‌کارگیری روش‌های معین، می‌توان طرح‌های فراکتالی را به دست آورد. اکنون شکل زیر را در نظر بگیرید:



شکل ۲: نمایش ایجاد طرح‌های فراکتالی تصادفی یا خودهمانندی آماری

(قابل قیاس با شکل (۱) به گونه تصادفی یا آماری) برگرفته از (فقیه، ۱۳۷۷، ص ۱۴)

ابعاد فراکتالی این طرح نیز، از ۵ عنصر که با نسبت $1/3$ کوچک‌تر شده‌اند، تشکیل گردیده است. در اینجا، در واقع، هر بار، مربع اولیه به ۹ قسمت مساوی تقسیم شده و ۵ قسمت آن به طور تصادفی جایگزین مربع نخستین گردیده است. بنابراین اگرچه طرح فراکتالی شکل شماره (۲) با طرح موجود در شکل قبل، ظاهری متفاوت دارد، لیکن بعد فراکتالی هر دو یکسان $(1/465)$ است. این قبیل طرح‌های فراکتالی، فراکتال‌های تصادفی یا خودهمانندی آماری نامیده می‌شود (جولین، ۱۹۸۷ و پین، ۱۹۸۶، صص ۴-۲۰).

مفهوم دیگری که لازم به توضیح است، مفهوم گام‌های تصادفی است که حرکت برونی نیز نامیده می‌شود و در رشته‌های مختلف علوم، کاربرد فراوان دارد. گام‌های تصادفی، فرایند تصادفی پیوسته‌ای مانند $V(t)$ را تشکیل می‌دهد که از تابع احتمال نرمال، با میانگین صفر و انحراف معیار \sqrt{t} ، پیروی می‌نماید و فواصل نقاط آن از عناصر تصادفی مستقل به وجود می‌آید؛ به عبارت دیگر مشتق آن، یک فرایند نوفه سفید است؛ یعنی:

$$dv(t)/dt = w(t)$$

که در رابطه فوق $w(t)$ یک فرایند نوفه سفید^۲ را تشکیل می‌دهد؛ به بیانی، حرکت برونی انتگرال نوفه سفید است. (لاتوسا و ماکی^۳، ۱۹۹۴، صص ۳۳۵-۳۵۹) به این ترتیب، برای حرکت

1. Diterminestic
2. White Nose
3. Lasota & Mackey

برونی که دارای انحراف معیار \sqrt{t} است، فواصل نقاط $V(t)$ با جذر فواصل t متناسب است و می-توان نوشت (پیتگن، ۱۹۹۳، صص ۴۴۶-۴۶۱؛ لاتوسا و ماک، ۱۹۹۴، صص ۳۳۵-۳۵۹):

$$V(t) \approx (\Delta t)^{1/2}$$

رابطه فوق را می‌توان در حالت کلی، به صورت زیر بیان کرد:

$$\Delta V(t) \approx (\Delta t)^H \quad (۳)$$

یعنی $\Delta V(t)$ با $(\Delta t)^H$ متناسب است که H عددی بین صفر و یک است؛ و آنگاه که $H=0.5$ باشد، گام‌های تصادفی یا حرکت برونی حاصل خواهد شد و در غیر این صورت $H \neq 0.5$ فرایند مربوط، حرکت برونی خرد خوانده می‌شود، (فقیه، ۱۳۷۷، ص ۱۶) و می‌توان آن را گامک‌های تصادفی نیز نامید.

البته باید توجه داشت که رابطه (۳) حرکت برونی خرد یک بعدی (با یک متغیر مانند t) را ارایه می‌نماید و برای فضاهای چند بعدی باید از حرکت برونی خرد چند بعدی (با چند متغیر) استفاده نمود. در ضمن گامک‌های تصادفی یک بعدی، مانند (v_i) در روابط فوق، فضای فراکتالی بین یک و دو بعدی را پوشش می‌دهند و می‌توان نشان داد که بعد فراکتالی آن D ، برابر

$$D = 2 - H \quad (۲۵۷-۲۵۹):$$

است با (مندلبروت، ۱۹۸۲، صص ۲۵۷-۲۵۹): $D = 2 - H$ چنانچه حرکت برونی خرد، n متغیره باشد، ابعاد فراکتالی آن طبق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$D = n + 1 - H$$

در مورد پدیده‌های فراکتالی نامنتظم، موضوع خود همانندی، با آنچه که پیش‌تر مطرح گردید، می‌تواند متفاوت باشد. در خاصیت خودهمانندی، در اثر درشت‌نمایی، شکل‌ها (به طور دقیق یا آماری) تکرار می‌شوند؛ حال آنکه، در فراکتال‌های نامنتظم، تکرار آماری فقط هنگامی می‌تواند امکان‌پذیر گردد، که درشت‌نمایی در ابعاد مختلف، به اندازه‌های متفاوت انجام گیرد. به عنوان مثال در حرکت برونی خرد، مانند $V(t)$ ، بزرگ‌نمایی در جهت‌های V و t باید به اندازه‌های متفاوت صورت پذیرد؛ اگر t به میزان m بزرگ شود (یعنی t به mt تبدیل گردد)، آنگاه V باید به اندازه m^H درشت شود. این نایکنواختی مقیاسی که طی تبدیلات نایکنواخت مختصات، پدیده‌ها و اشکال، به لحاظ آماری بدون تغییر می‌مانند، خاصیت «خودخویشی» نامیده می‌شود (مندلبروت، ۱۹۸۵، صص ۲۵۷-۲۶۰).

پس در پدیده‌های فراکتالی، اجزای تشکیل دهنده، هر یک مشابه همدیگر و مشابه کل پدیده هستند؛ در پدیده‌های قطعی‌گرا، این خاصیت به خودهمانندی موسوم است. چنانچه تشابهات

مورد نظر، در برخی نقاط، به طور جسته گریخته، پراکندگی‌های تصادفی بروز دهند، خودهممانندی آماری مطرح می‌گردد. به علاوه، اگر بعضی اجزای پدیده، دارای اریبی یا کژی باشند، و به عبارت دیگر، در جهات مختلف به نسبت‌های متفاوت، تغییر نشان دهند، خاصیت خودخویشی (خود خویشاوندی) بارز می‌شود (پیتگن، ۱۹۹۳، ص ۲۶۷). به هر حال مشاهده فرمودید که نقشه‌های آشوب کل فضا را در ابعاد بزرگ پر نمی‌کنند، در حالی که داده‌های تصادفی این گونه نیستند. به عبارت بهتر یک فرایند آشوب‌ناک می‌تواند یک فضای N بعدی را پر کند، ولی در فضای $N+1$ بعدی حفره‌های بزرگی بر جای می‌گذارد. بر همین مبنا آزمون‌ی به نام بعد همبستگی یا بعد جاذب توسط گراسبرگ و همکارش تعریف شده که می‌تواند به تخمین ابعاد فرایند بپردازد. بدیهی است اگر بعد تخمینی غیر صحیح (فراکتالی) بود، بیانگر آشوب‌ناکی فرایند است (معطر حسینی و همکاران، ۱۳۸۶، صص ۸-۹). در انتها اشاره به آزمون پسمان براک نیز خالی از فایده نیست. براک در سال ۱۹۸۶ نشان داد، اگر سیستم آشوبی باشد اعمال یک تبدیل خطی یا یک تبدیل غیرخطی هموار (مانند گارچ^۱) بر مشاهدات، آشوب‌ناکی سیستم و به تبع آن بعد همبستگی به دست آمده را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، اما اگر سیستم غیر آشوبی باشد این تغییرات بر سیستم موثر است. بنابراین محاسبه بعد همبستگی یکبار از روی داده‌های اصلی و بار دیگر از روی پسماندهای بر جای مانده از یک برازش خطی و مقایسه این دو عدد با یکدیگر می‌تواند به عنوان یک آزمون مطرح شود. اگر این دو عدد مشابه بود، یعنی سیستم آشوب‌ناک است (سلامی، ۱۳۸۲، ص ۵۹).

دستگاه‌های آشوبی دارای جاذبه‌های غریب^۲ می‌باشند

جاذبه‌های غریب الگو نیستند و از الگویی پیروی می‌کنند و 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. مسیر آن‌ها به هم پیچیده، چند جهته و گسترده است. به عنوان مثال ذره‌ای را در نظر بگیرید که در ناحیه‌ای از فضا بنا بر قانون معین حرکت می‌کند. اگر مسیر پیمودن این ذره را دنبال کنیم، ممکن است چهار نوع رفتار مختلف زیر مشاهده شود:

1 Garch
2 Strange Attractors

۱. ذره در نهایت در موضع خاصی در حالت سکون قرار گیرد؛
۲. ذره در نهایت یک حرکت تناوبی بین دو یا چند نقطه پیدا کند؛
۳. ذره در حرکت آتی خود دارای رفتار تصادفی خواهد بود.
۴. آخرین احتمال این است که ذره به حرکت نامنظم و پیش‌بینی ناپذیر خود ادامه دهد، اما کماکان در ناحیه‌ای محدود از فضا باقی بماند. این پدیده نشانه‌ای از حرکت آشوبی است. توصیف هندسی وضعیت نهایی مثال بالا را در اصطلاح جاذب می‌نامند. در حالت اول جاذب یک نقطه است. در حالت دوم جاذب می‌تواند یک دایره، یک مربع، یک بیضی یا یک مدار پیچیده غیر منظم باشد. اما از آنجا که ناحیه‌ای از فضا که در حالت چهارم طی می‌شود از پیچیدگی بالایی برخوردار است به آن عنوان جاذب عجیب اطلاق می‌شود. وقتی ذره‌ای به یک جاذب عجیب جذب می‌شود، دیگر راه فراری ندارد و گرچه حرکت ذره در درون جاذب با قوانین دقیقی مشخص می‌شود، ولی ذره طوری رفتار می‌کند که گویی حرکت تصادفی دارد (معطر حسینی و همکاران، ۱۳۸۶).

اثر پروانه‌ای^۱

نتایج نهایی این گونه معادلات شدیداً تحت تاثیر تغییرات جزئی در شرایط اولیه آنهاست. این ویژگی اشاره به اثر پروانه‌ای دارد و به عنوان یک شاخص برای شناخت این نظام‌ها می‌توان بهره برد (الوانی و دانایی فرد، ۱۳۷۸، ص ۱۵). خاصیت مهمی که یک فرایند آشوب‌گونه داشته و بدین وسیله از یک فرایند تصادفی متمایز می‌شود، حساسیت آن به حالت اولیه است؛ بدین ترتیب که خطای کوچکی در اندازه‌گیری حالت اولیه، موجب افزایش نمایی در فرایند آینده این سری زمانی می‌گردد (خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، ص ۶۸). گفتنی است آزمون‌های توان لیاپانف و اغتشاش کولوموگرف جهت سنجش اثر پروانه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند (سلامی، ۱۳۸۲، صص ۵۹-۶۱، خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، ص ۴۸، معطر حسینی و همکاران، ۱۳۸۶، ص ۸-۱۰).

کارایی بازار سهام

بازار کارا^۲، بازاری است که در آن اطلاعات موجود بلافاصله بر قیمت اوراق بهادار تأثیر

1 Butterfly Effect
2. Efficient Market

می‌گذارد (جونز، ۱۳۸۶، ص ۲۹۶). بنابراین قیمت فعلی سهام شامل تمامی اطلاعات شناخته شده اعم از اطلاعات گذشته (مانند سود مربوط به فصل یا سال گذشته)، و اطلاعات فعلی است. این دقیقاً به معنای پیش‌بینی ناپذیری وضعیت آینده این بازارهاست. زیرا اطلاعات موجود تمام تأثیر خود را بر قیمت گذاشته‌اند و اطلاعات جدید نیز کاملاً تصادفی به وجود می‌آیند. کارایی در سه سطح ضعیف، نیمه‌قوی و قوی تعریف می‌شود.

آشنایی با برخی از روش‌های پیش‌بینی

روش‌های پیش‌بینی که در بورس کاربرد دارند از دیدگاه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. از جمله خطی یا غیرخطی بودن، سری یا موازی بودن و در نهایت درون‌زایی و برون‌زایی که هرکدام از این روش‌ها به اختصار توضیح داده خواهد شد.

مدل‌های خطی

مدل‌های خطی از معروف‌ترین انواع مدل‌ها می‌باشند و از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به رگرسیون‌های خطی معمولی و میانگین‌های متحرک آریما^۱ اشاره کرد.

مدل‌های غیرخطی

سری‌های زمانی غیرخطی

این سری‌ها، مشابه مدل‌های خطی می‌باشند با این تفاوت که در فرمول آن‌ها به جای روابط خطی از روابط غیرخطی مانند لگاریتم، جذر و... استفاده می‌شود.

هوش مصنوعی^۲

تمامی افراپد بشر از هوش بهره‌مندند و برای حل مسایل آن را به کار می‌برند. زمانی که این هوش به صورت مصنوعی و به مثابه یک سیستم در پایگاه داده‌ها جای گیرد از سیستم هوش مصنوعی برخوردار می‌شویم. امروزه هوش مصنوعی شاخه‌ای از علم کامپیوتر است و تلفیقی از سه فن‌آوری و گرایش مطرح یعنی: شبکه‌های عصبی، نظریه فازی و الگوریتم ژنتیک می‌باشد (مومنی، ۱۳۸۵، ص ۲۶۲). شبکه‌های عصبی، قابلیت یادگیری رفتارهای پیچیده را دارا هستند.

1. ARIMA: Auto Regressive Integrated Moving Average
2. Artificial Intelligence

آن‌ها از چندین پردازشگر ساده غیرخطی متصل به هم به نام گره^۱ و یا نرون^۲ تشکیل می‌شوند. اتصال تعداد بسیار زیاد نرون‌های ساده که مغز بشر را تشکیل می‌دهند، اولین ایده برای ساختن مدل‌های شبکه عصبی بوده است (خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، ص ۶۹). پژوهشگرانی ضمن نشان دادن آشوب‌ناکی قیمت جهانی نفت خام در بازارهای مالی نشان دادند که مدل شبکه‌های عصبی پیش‌بینی بهتری نسبت به سایر مدل‌ها از چنین فرایندی ارائه می‌دهد (مشیری و فروتن، ۱۳۸۳، ص ۸۷). گفتنی است که آزمونی به نام شبکه عصبی وایت بر همین مبنا تلاش می‌کند تا سری زمانی مشاهده شده را به دو بخش خطی و غیر خطی (که از شبکه عصبی حاصل می‌شود) تجزیه کند و حاصل این دو را در یک مدل رگرسیونی خطی به منظور توجیه نوسانات سری زمانی اولیه قرار دهد. بدیهی است با توجه به ضرایبی که هریک از اجزای خطی و غیرخطی خواهند گرفت می‌توان راجع خطی یا غیرخطی بودن فرایند مولد سری زمانی اظهار نظر کرد. مثلاً اگر اختلاف ضریب جزء غیرخطی با صفر معنادار نباشد، نشان‌دهنده خطی بودن فرایند مولد است (مشیری و مروت، ۱۳۸۴، صص ۵۴-۵۵).

مدل‌های موازی و سری - موازی

روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها در مدل‌های موازی به صورت زیر است:

$$\hat{y}(k+1) = \varphi[u(k), \dots, u(k-n_u), \hat{y}(k), \dots, \hat{y}(k-n_y)] \quad \text{رابطه (۵)}$$

n_u و n_y به ترتیب درجات تأخیر ورودی و خروجی، φ تابع خطی یا غیرخطی مدل شناسایی و \hat{y} خروجی مدل شناسایی می‌باشند. در پیش‌بینی درازمدت می‌بایست از این مدل استفاده کرد. زیرا همانطور که مشاهده می‌فرمایید برآورد دوره $k+1$ به کمک دو عامل انجام می‌شود: ۱. ورودی‌هایی از دوره گذشته n_u . برآوردهایی از متغیر وابسته که توسط مدل برای n_y دوره بعد انجام شده است. از آنجا که این مدل از داده‌های حقیقی متغیر مورد برآورد در n_y دوره گذشته استفاده نمی‌کند (بلکه از تخمین آن به عنوان ورودی استفاده می‌کند) برای پیش‌بینی‌های بلند مدت مفید است.

بر خلاف مدل موازی، در مدل سری - موازی از خروجی‌های واقعی فرایند دینامیکی، به

-
1. Node
 2. Nerun

عنوان ورودی مدل، استفاده می‌شود. از این مدل در پیش‌بینی مرحله بعد استفاده می‌شود و قابلیت پیش‌بینی بلند مدت ندارد. می‌توان روابط ورودی و خروجی را در مدل سری - موازی شکل زیر نوشت:

$$\hat{y}(k+1) = \varphi[u(k), \dots, u(k-n_u), y(k), \dots, y(k-n_y)] \quad (6)$$

$\hat{y}(k+1)$ تخمین خروجی فرایند دینامیکی در لحظه $k+1$ است. در این ساختار احتمال همگرایی خطای e_t به صفر بیش‌تر است (خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، صص ۶۰-۶۱).

مدل‌های درون‌زا و برون‌زا

مدل‌های درون‌زا از مقادیر تاریخی شاخص مورد پیش‌بینی اخذ می‌شود، ولی مدل‌های برون‌زا از داده‌های مرتبط خارج از مقادیر تاریخی شاخص مورد پیش‌بینی استفاده می‌کنند. به عنوان مثال لنداس^۱ برای پیش‌بینی شاخص بورس از دو نوع داده‌های برون‌زا و درون‌زا توأم استفاده کرده است. داده‌های برون‌زای اقتصادی تحقیق او شامل شاخص‌های قیمت سهام بین‌المللی (اس اند پی ۵۰۰، تاپیکس^۳، اس بی ۲۵۰)، نرخ‌های تبدیل (دلار/مارک، دلار/ین) و نرخ بهره (سه‌ماهه و نرخ بهره خزانه) بوده‌اند و داده‌های درون‌زا شامل مقادیر تاریخی شاخص بودند (لنداس و دیگران، ۲۰۰۰، ص ۸۸).

مدل‌های مبتنی بر پویه‌مندی سیستمی

پویایی‌های سیستم بر ساختار و رفتار سیستم‌هایی متکی است که از حلقه‌های بازخوردی مرتبط تشکیل شده‌اند. مسایل قابل تحلیل با این مدل از دو ویژگی پویایی و ساختار بازخوردی برخوردارند. از این مدل برای شناخت، درک و تجزیه و تحلیل رفتار و حرکات اجزای سیستم استفاده می‌شود و با آن تعاملات ناشی از تعامل متغیرها و شناسایی رفتارهای آتی آن‌ها در دوره‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این روش مدل‌سازی در سه مرحله‌ی: نمودارهای علی - حلقوی، نمودارهای جریان و معادلات داینامو (معادلات ریاضی و دیفرانسیل) انجام می‌گردد (حمیدی‌زاده، ۱۳۷۹، صص ۳۴-۵). آنچه که پیتر سنج در انتهای کتاب پنجمین

1. Lendasse
2. S & P500
3. Topix
4. SB250

فرمان خود پیرامون حلقه‌های متداخل آورده، در حقیقت همان نمودارهای علی - حلقوی است. سنج در این کتاب عمل سیستم‌های پویا را ناشی از دو حلقه تقویتی و متعادل‌کننده می‌داند. حلقه تقویتی همان چیزی است که در نظریه آشوب به آن حلقه با بازخور مثبت لقب داده‌اند (مانند بهمن که از یک مقدار ناچیزی برف تشکیل می‌شود) و حلقه متعادل‌کننده در واقع همان بازخور منفی در نظریه آشوب است که باعث می‌شود که سیستم از سطح واقعیت موجود به سمت میزان مطلوب پیش برود. سطح واقعی که سیستم پویا و آشوب‌ناک به سمت آن حرکت می‌کنند را جاذب‌های غریب می‌نامند (سنج، ۱۳۸۰). یک نمونه نسبتاً ساده از حلقه رشد در بخش‌های قابل مشاهده است. البته حلقه‌ها در جهان واقع بسیار پیچیده‌تر هستند.

در نمودارهای علی - حلقوی، صرفاً متغیرهای موثر مورد شناسایی قرار می‌گیرند و جهت تأثیر آن‌ها بر یکدیگر (مثبت یا منفی) مورد دقت نظر قرار می‌گیرد، ولی در نمودارهای جریان با تعریف نرخ، برای هر رابطه، امکان انجام پیش‌بینی‌های ساده در مورد وضعیت آینده سیستم را فراهم می‌آورد. یعنی مشخص می‌شود که هر متغیر با چه نرخ و چه اندازه بر روی متغیر دیگر مؤثر است. در این روش اگر بخواهیم ببینیم بعد از چندین ماه وضعیت سیستم چگونه خواهد بود، از یک حالت اولیه مفروض شروع می‌کنیم و با کمک نرم‌افزارهای مرتبط، چرخه‌های فوق را به دفعات (تعداد دفعات متناسب با بازه پیش‌بینی است) اجرا می‌کنیم. در نهایت مقادیر متغیرهای سیستم در لحظه خاتمه فرایند اجرا، بیانگر وضعیت سیستم در پایان بازه پیش‌بینی خواهد بود. حالا اگر معادلات دینامو به این مجموعه اضافه شود، یک دستگاه پیش‌بین تمام عیار خواهیم داشت. برای مطالعه بیش‌تر راجع به این روش پیش‌بینی به منبع شماره (۷) مراجعه شود.

روش‌شناسی پژوهش

همان‌طور که در بخش اشاره شد، سیستم‌های آشوب‌ناک دارای چهار خصوصیت اصلی هستند و 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. البته همان‌گونه که در ذیل هر یک از بخش‌های قبلی آورده شده است، ریاضی‌دانان برای هر یک از این چهار ویژگی آزمون‌های نسبتاً مستقلی طراحی کرده‌اند. این آزمون‌ها به هیچ وجه آشوب‌ناک بودن سیستم را به قطعیت نمی‌رساند. بلکه صرفاً حاوی درجه‌ای از قطعیت‌اند،

بنابراین کماکان مجال برای گردآوری شواهد بیش تر پیرامون آشوب‌ناکی سیستم‌هایی که مورد این آزمون‌ها قرار گرفته‌اند، وجود دارد. پژوهش‌های معتبری که پیش از این مستقلاً با هدف تعیین آشوب‌ناکی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی کشورمان صورت گرفته از تعداد انگشتان یک دست تجاوز نمی‌کند که البته اکثر آن‌ها بازار اوراق بهادار را هدف گرفتند و در ارجاعات عنوان شده‌اند. با سامان‌دهی نتایج پژوهش‌های این دوستان و سایر پژوهش‌هایی که باطناً (و نه ظاهراً) به آشوب‌ناکی بورس اوراق بهادار تهران مرتبط می‌شد، در غالب پاسخ به سؤالات اصلی و فرعی تحقیق تلاش خواهد شد که بینش شهودی مخاطبان حول سؤالات تحقیق به چالش کشیده شود و از این رهگذر درجه یقین خوانندگان به آشوب‌ناکی بورس ایران افزایش (یا کاهش) یابد. شایان تذکر مجدد است که برای تأیید یا رد آشوب‌ناکی بورس تهران به دنبال انجام پیمایش‌های مستقل نبوده، بلکه سعی شده است با جمع‌آوری و تحلیل سایر تحقیقات انجام شده، به اظهار نظر پرداخته شود. به عبارت دیگر در اینجا یک فراتحقیق^۱ صورت گرفته است.

سؤال اصلی تحقیق:

آیا بورس اوراق بهادار تهران یک سیستم آشوب‌ناک است؟

سؤالات فرعی تحقیق:

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای ماهیت غیرخطی می‌باشند؟

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای خاصیت خودمانایی می‌باشند؟

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای جاذبه‌های غریب می‌باشند؟

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای اثر پروانه‌ای است؟

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای ماهیت غیرخطی می‌باشند؟

ماهیت خطی یا غیرخطی و یا حتی تکرارپذیری شاخص‌های بورسی، ارتباط تنگاتنگی با مباحث مرتبط با پیش‌بینی‌پذیری و کارایی بازار دارند، برای پاسخ به پرسش اول، پژوهش‌های پژوهشگران وطنی در دو گروه تقسیم‌بندی شده است؛ گروهی بر وجود روابط خطی در بورس

اوراق بهادار تأکید کرده‌اند و عده‌ای بر ماهیت غیر خطی آن صحه گذاشته‌اند.

خلاصه‌ای از پژوهش‌های طرفداران ماهیت خطی نوسانات بورس اوراق بهادار

از سال ۶۸ به بعد تحقیقات زیادی پیرامون ارزیابی کارایی بازار اوراق بهادار تهران در سطوح مختلف انجام شده که عمدتاً از روش‌های خطی (مانند تابع همبستگی قیمت‌ها) در بازه‌های کوتاه‌مدت (مانند یک یا دو هفته) استفاده کرده‌اند و لذا با تکیه بر این تحقیقات بیان مخالف فرضیه بازار کارا، به معنای ماهیت خطی نوسانات بورسی است. احصای تحقیقات کاربران پیش‌بینی‌های خطی در بورس به علت فراوانی در حوصله این مقاله نیست. به عنوان نمونه پژوهشگرانی که مقالات آن‌ها در برخی ارجاعات آمده، مدعی عدم کارایی و در نتیجه ماهیت خطی بورس شده‌اند.

گذشته از موارد فوق، دو پژوهشگر توانستند به کمک یک مدل خطی که صرفاً با داده‌های برون‌زا تغذیه می‌شد تا سطح ۰.۹۵ نوسانات بورسی را توجیه کنند. این مدل خطی توانست شاخص بورس یک دوره بعد (فصل آینده) را به خوبی پیش‌بینی کند (بیگدلو و تاتاری، ۱۳۸۵، صص ۶-۱۰). البته باید توجه داشت که این پیش‌بینی کوتاه مدت قلمداد می‌شود. محقق دیگری نیز به پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام در بازار بورس تهران برای یک دوره بعد با استفاده از سیستم‌های خبره فازی و مدل رگرسیون خطی پرداخت. سیستم خبره فازی با اینکه ام‌اس‌ای^۱ کم‌تری نسبت به مدل خطی داشت، ولی از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین دو مدل قابل تشخیص نبود (کریمی علویجه، ۱۳۸۳، صص ۳-۲۰). بسیاری نیز با استفاده از مدل سه‌سه‌عاملی خطی فاما و فرنچ توفیقاتی در پیش‌بینی کوتاه مدت به دست آوردند که به علت رعایت اختصار از ذکر آن‌ها خودداری شده است.

البته باید توجه داشت، اینکه سیستم‌های خطی در تبیین خصوصیات بازار بورس تهران در کوتاه‌مدت توانمند هستند، به تنهایی نمی‌توانند معیار حاکمیت روابط خطی در بورس تهران باشد، زیرا توابع خطی در بازه‌های کوتاه‌مدت به خوبی توان تخمین زدن وضعیت سیستم‌های غیرخطی و پیچیده را دارند و در بازه‌های طولانی‌تر می‌توان برآوردگر اریب را از تورش تمیز داد. از بین تحقیقات در دست صرفاً منبع شماره هشتم به پیش‌بینی بلند مدت بر مبنای مدل‌های

1. MSE

خطی مبادرت کرده و در بخش بعدی خواهد آمد که ایشان نیز ناکام مانده‌اند.

خلاصه‌ای از پژوهش‌های طرفداران ماهیت غیرخطی نوسانات بورس اوراق بهادار

دانشمندان و محققان در دهه آخر قرن بیستم عمدتاً به این اصل معتقد شدند که با استفاده از ریاضیات پیچیده در سیستم‌های غیرخطی و پویا می‌توان مدل‌هایی را ایجاد کرد که نظریه‌های گذشته را باطل کند. مسلماً درک انسان از مفهوم کارایی بازار در گذر زمان و با استفاده از ابزارهای جدید کامل‌تر می‌شود و چه بسا بازارهایی با آماره‌های خطی دیروز کارا تشخیص داده می‌شدند، ولی با برآوردگرهای امروزی کارایی آن‌ها در هاله‌ای از ابهام فرو رود. پیشرفت‌های اخیر در مورد سری‌های زمانی آشوب‌گونه، نشان داده است که روش‌های خطی کلاسیک مانند حداقل مربعات و مدل‌هایی از قبیل آریما کفایت لازم را برای دریافت و استخراج الگوهای غیر خطی در سری‌های زمانی ندارند؛ به عنوان مثال، ممکن است متغیر شبه تصادفی قیمت واقعاً تصادفی نباشد، ولی اگر با روش‌های آزمون خطی مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد، تصادفی بودن آن نتیجه شود. در این حالت، ممکن است متغیر غیر تصادفی، متغیری غیرخطی و آشوب‌گونه بوده و دارای اطلاعات و الگوهایی با ارزش برای پیش‌بینی باشد؛ اما مدل‌های خطی قادر به استخراج آن نباشند (خالوزاده و حاکی، ۱۳۸۲، ص ۶۸).

در این بخش سعی خواهد شد تا مروری بر تلاش‌های پژوهشگرانی شود که بر ماهیت غیرخطی نوسانات صحنه گذاشته‌اند. دکتر فدایی‌نژاد و همکارش در این راستا به بررسی پدیده "تجمع قیمتی" در قیمت‌های پایانی بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. پدیده تجمع قیمت‌ها یکی از بی‌نظمی‌های بازار سرمایه می‌باشد که خود حاکی از سوگیری‌های روان‌شناسی یا گرایش به اعداد خاص در بازار می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در بورس اوراق بهادار تهران گرایش به معامله در عدد رُند صفر بسیار شدید است و در بعضی موارد گرایش به عدد پنج و نه تا حدودی بیش‌تر از سایر اعداد می‌باشد (فدایی‌نژاد و صادقی، ۱۳۸۵، ص ۷۳). سلامی و لطفی روند قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران را برای کشف رابطه غیرخطی مورد آزمون قرار دادند. در این تحقیق داده‌های بازار به دو قسمت (۷۱/۱۰/۸ الی ۷۴/۱۲/۲۹) و (۷۵/۱/۱۵ الی ۸۲/۳/۲۵) تقسیم سهام انجام شد، در نتیجه دو آزمون اگر چه در قسمت اول داده‌ها به روند خطی نزدیک بود، قسمت دوم داده‌ها دارای روند کاملاً غیرخطی بودند (سلامی و لطفی، ۱۳۸۲، صص ۲۱۴-۲۲۷).

راعی و چاووشی نیز به پیش‌بینی رفتار بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران به وسیله مدل خطی چند عاملی و شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق حاکی از برتری عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی بود (راعی و چاووشی، ۱۳۸۲، ص ۹۷). یکی دیگر از پژوهش‌های مفید در این زمینه حاصل مطالعات آقای سینایی و همکارانش در جهت تخمین شاخص بورس تهران می‌باشد. داده‌های به کار گرفته در این پژوهش شامل هر دو نوع داده‌های درون‌زا و برون‌زا می‌باشد. و در نهایت شاخص برای چهار دوره آینده (از آنجا که هر دوره در تحقیق آن‌ها برابر با یک هفته بوده بهتر است بگوییم ماه آینده) توسط دو مدل آریمما و شبکه عصبی تخمین زده شد و در نهایت هر دو مدل موفقیت نسبی در پیش‌بینی میان مدت شاخص داشته‌اند، اما شبکه عصبی اندکی موفق‌تر بوده است. و ایشان این موضوع را حاکی از وجود حرکات غیرخطی در سری زمانی شاخص دانسته‌اند (سینایی و همکاران، ۱۳۸۴، صص ۷۶-۷۷).

دکتر خاکی و خالوزاده طی پژوهش دیگری نشان دادند که قیمت و بازده سهام (بر روی سهام شرکت‌های شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر، و هم‌چنین شاخص قیمت سهام در بورس تهران (تپیکس^۱) از نگاهت‌های پیچیده غیرخطی و آشوب‌گرانه به وجود آمده‌اند و اساساً استفاده از انواع مختلف روش‌های خطی صحیح نمی‌باشد. هم‌چنین نشان دادند که استفاده از روش غیرخطی شبکه عصبی معمولی به خودی خود و به شکل متعارف بهبود قابل ملاحظه‌ای را به دنبال ندارد. ایشان با ارایه یک شبکه عصبی ابتکاری قیمت و بازده را به خوبی در دو حالت پیش‌بینی روز بعد و پیش‌بینی سی روز بعد تخمین زدند (خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، ص ۴۳).

امیر بهداد سلامی برای آزمون غیرخطی بودن بازده‌های سهام بازار تهران، از آزمون‌های بی‌دی‌اس استفاده کرد که با درجه اطمینان بالا روند غیرخطی در بازده‌های سهام بازار تهران بر اساس محاسبات مبتنی بر شاخص کل سهام به صورت روزانه از ۱۳۷۵/۱/۱۵ الی ۱۳۸۰/۹/۱۴ تأیید شد (سلامی، ۱۳۸۲، صص ۶۴-۷۰).

مشیری و مروت در تحقیقی با استفاده از شاخص‌های بازدهی روزانه و هفتگی قیمت سهام بازار بورس تهران (تپیکس) در دوره زمانی ابتدای سال ۱۳۷۷ تا پایان ۱۳۸۲، وجود فرایند غیر

1. Tepix

خطی در پسماندهای مدل‌های آریما و گارچ را با آزمون‌های بی‌دی‌اس، و شبکه عصبی وایت مورد آزمون قرار دادند. هر دو آزمون، وجود فرایند غیرخطی در پسماندهای مدل‌های آریما و عدم وجود فرایند غیرخطی در پسماندهای مدل‌های گارچ برآزش شده بر هر دوسری (روزانه و هفتگی) را نشان دادند. بنابراین احتمالاً این سری‌ها از فرایند غیرخطی نوع گارچ پیروی می‌کنند. در ضمن حاصل این تحقیق نشان می‌دهد که قرار دادن شبکه عصبی در کنار الگوی گارچ به توان آن نخواهد افزود (مشیری و مروت، ۱۳۸۴، صص ۵۹-۶۳).

در انتها به پژوهش آقایان طالبی و ثریا نژاد اشاره می‌شود؛ ایشان نسبت‌های مالی ۸۳ شرکت فعال را بین سال‌های ۷۷ تا ۸۲ به عنوان متغیرهای مستقل و بازده آن‌ها را به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفتند. در نهایت ثابت کردند مدل‌های غیرخطی (مانند مدل‌های نمایی و لگاریتمی) در مقایسه با مدل‌های خطی بهتر روابط بین نرخ بازده سهام و نسبت‌های مالی را نشان می‌دهد (طالبی و ثریانژاد، ۱۳۸۶، ص ۶-۱۲).

با توجه به نمونه‌های ذکر شده در این بخش، به نظر می‌رسد هر قدر از برآوردگرهای ساده و خطی دورتر شده و بیش‌تر به ماهیت پویا و غیرخطی بورس تهران توجه می‌شود، بهتر می‌توان وضعیت موجود بازار سهام تهران را توجیه کرد (گرچه هنوز کاستی‌های فراوانی مشهود است) و این خود به ماهیت پیچیده و غیر خطی بازار اوراق بهادار تهران اشاره دارد. لازم به یادآوری مجدد است، تئوری آشوب تصمیم‌گیری‌های بلندمدت بر مبنای مدل‌های خطی را در سیستم‌های آشوب‌ناک نفی می‌کند.

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای خاصیت خود مانا می‌باشد؟

رهگیری خاصیت خودمانایی در سیستم‌های اقتصادی دارای سابقه‌ای طولانی است. مندلبروت که خود از مبدعان هندسه فراکتالی است، با وارد کردن قیمت پنبه در طول ۶۰ سال به رایانه مشاهده نمود: هر چند که قیمت ظاهراً به صورت تصادفی و غیر قابل پیش‌بینی تغییر می‌نماید، اما توالی این تغییرات در طول روزها و ماه‌ها کاملاً بر هم منطبق می‌باشد و توالی تغییرات از مقیاس مشاهده مستقل است. در طول دوره ۶۰ ساله مورد بررسی مندلبروت از قیمت پنبه دو جنگ جهانی و یک دوره رکود شدید قرار داشت، اما این عوامل بیرونی هیچ کدام نتوانستند الگوی تغییرات قیمت پنبه را تحت تاثیر قرار دهند (عابد جعفری، ۱۳۸۴، ص ۳).

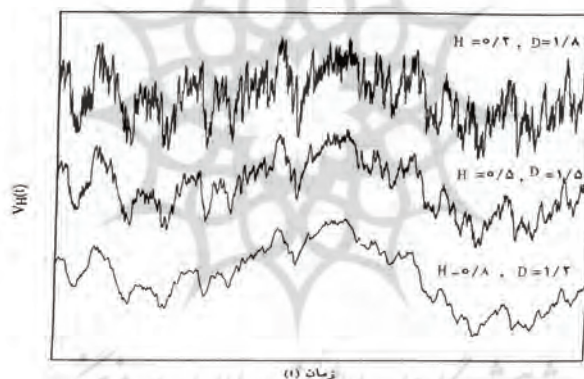
همانطور که در بخش‌های بعدی مشاهده شد، محققانی که تلاش کردند بورس تهران را به

عنوان یک ماهیت پویا مدل کنند، از توفیق نسبی برخوردار بوده‌اند. آن‌ها از مقادیر تاریخی شاخص به عنوان یک ورودی برای پیش‌بینی آینده استفاده کرده‌اند و در حقیقت پارادایم آن‌ها ملهم از رابطه روبه‌رو بوده:

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

پژوهش‌هایی که ناکارایی بورس تهران در سطح ضعیف را مورد تأیید قرار داده بودند به صورت تلویحی حاصل کار این مدل‌سازان را تأیید می‌کند. از طرفی همان گونه که در بخش قبل تشریح شد، فرایندهای این‌چنینی به ایجاد خاصیت خودمانایی در خروجی‌های سیستم منجر می‌شود. پس می‌توان انتظار داشت که در صورت بررسی‌های دقیق بتوان خاصیت خودخویشی (مخصوصاً از نوع تصادفی) را در بورس اوراق بهادار تهران اثبات کرد.

می‌دانیم در بازارهای کارا حرکت شاخص به صورت گام‌های تصادفی اتفاق می‌افتد (فدایی نژاد و صادقی، ۱۳۸۵، ص ۷۸). ولی در بازارهای غیرکارا مانند بورس اوراق بهادار تهران که شواهد قابل ملاحظه‌ای بر آشوب‌ناکی آن وجود دارد، وجود گامک‌های تصادفی استبعادی ندارد. همان گونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود؛ وقتی که مقدار H در گامک‌های تصادفی که شرح آن در بخش قبل آمد، به صفر نزدیک شود، فرایند تصادفی $v(t)$ تضاریسی تند و ناهموار نشان می‌دهد و هنگامی که H به یک نزدیک باشد، اعوجاجات آن نسبتاً هموار می‌گردد. بنابراین به نظر می‌رسد به ازای مقادیر مختلف H و D بتوان نوسانات اقتصادی را به خوبی مدل کرد.



شکل ۳. گامک‌های تصادفی به ازای مقادیر مختلف H و D که بی‌شباهت به نوسانات شاخص بورس نیست.

منبع: (فقیهه، ۱۳۷۷، ص ۱۷)

زیرا حرکت برون‌ی خرد یا همان گامک‌های تصادفی الگوی ریاضی بسیار مناسبی را برای مدل‌سازی فراکتال‌های تصادفی، در اختیار می‌گذارد و به این طریق بسیاری از

پدیده‌های فراکتالی موجود در طبیعت (مانند کوه‌ها، ابرها، سواحل و...) مدل‌بندی و شبیه‌سازی شده‌اند (ووس^۱، ۱۹۸۵، ص ۸۰۵-۸۳۶؛ مندلبروت، ۱۹۹۰، صص ۳۸-۴۳). برای غالب پدیده‌های مشهود در طبیعت (مانند کوه‌ها، ابرها، سواحل، $H=0.8$ که به طریق تجربی به دست آمده است، مقدار مناسبی را ارایه می‌نماید (فقیه، ۱۳۷۷، صص ۱۵-۱۹).

به هر حال، اگر بتوانیم با دقت نظر در فرمول‌هایی که توانایی پیش‌بینی یک‌دوره بعد را دارند (چه این یک‌دوره به معنی یک ماه باشد، چه به معنی یک هفته و چه به معنی یک روز) به این نتیجه برسیم که این فرمول‌ها مستقل از مقیاس‌شان با یکدیگر هم‌ارزند آنگاه می‌توان مدعی وجود خودمانایی در بورس تهران شد. به عبارت دیگر باید برآوردهای یک دوره بعد را مستقل از مقیاس آن‌ها (روزانه یا ماهیانه یا...) با هم مقایسه کرد، اگر شباهت آن‌ها زیاد بود، می‌توان با قوت بیش‌تری مدعی وجود خودمانایی در شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران شد. در همین راستا، مشیری و مروت در تحقیقی که وصفش در بخش‌های قبل آمد نشان دادند که پسماندهای برازش مدل گارچ (1,1) بر شاخص بازدهی روزانه و شاخص بازدهی هفتگی دارای ناهمسانی واریانس نیستند، بنابراین فرایند مولد هر دو شاخص بازدهی روزانه و هفتگی در آن بازه زمانی احتمالاً از الگوی گارچ (1,1) تبعیت می‌کنند (مشیری و مروت، ۱۳۸۴، صص ۵۹-۶۰) و این خود حاکی از نوعی خودمانایی است. جالب است که ذکر کنیم، سلامی در تحقیقی که وصفش در بخش قبلی آمده ضمن انجام آزمون بعد همبستگی، عددی حدود یک و نیم را به عنوان تخمینی از بُعد فراکتالی تپیکس پیشنهاد می‌نماید و می‌دانیم که غیرصحیح (اعشاری) بودن آن عدد خود شاهی بر آشوب‌ناکی بورس است و جالب‌تر آنکه پس از انجام آزمون براک بر روی پسماندهای برازش گارچ (2,0) دوباره به عددی نزدیک یک و نیم دست یافت که مبین تأیید آشوب‌ناکی سیستم با آزمون براک است^۲ (سلامی، ۱۳۸۲، صص ۶۷-۷۰).

به هر حال، هم‌اکنون که خاصیت خودمانایی و نظریه فراکتال توانسته پدیده‌های به ظاهر بی‌ربط طبیعت را مدل‌سازی و توجیه کند، به نظر می‌رسد که بررسی نوسانات قیمت شرکت‌های مختلف و تپیکس از این منظر، خالی از وجه نباشد. صرفاً باید با بهره‌گیری از ریاضی‌دانان

1. Voss

۲. همان‌طور که قبلاً دیدید بازه زمانی تحقیقات آقایان سلامی و مشیری سه سال اشتراک و دوسال افتراق

خبیره، آزمون‌های مناسب این امر را طراحی کرد.

آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای جاذبه‌های غریب می‌باشد؟

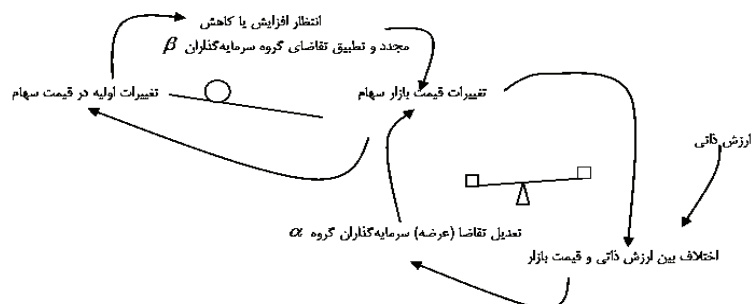
برای نشان دادن رفتار آشوب‌ناک قیمت (خصوصاً جاذبه‌های غریب) در بازار سهام از مدل دی و هانگ^۱ استفاده می‌شود (بلک^۲، ۲۰۰۰، صص ۲۸۲-۲۸۷). این مدل تلاش می‌کند که توضیح دهد، چگونه بازارهای پر رونق ناگهان تنزل می‌یابند و رفتار آن‌ها تصادفی به نظر می‌رسد. دو گروه از سرمایه‌گذاران در این مدل دخیل هستند. گروه اول سرمایه‌گذاران مطلع یا گروه آلفا که به دلیل در اختیار داشتن منابع اطلاعاتی، می‌توانند ارزش ذاتی یک سهم را تعیین کنند. گروه دوم سرمایه‌گذاران گروه بتا هستند، این گروه برخلاف گروه اول درگیر جمع‌آوری اطلاعات از شرکت‌ها نمی‌شوند، بلکه بر اساس اطلاعات افشا شده از طریق گروه آلفا و تخمینی که از اختلاف بین قیمت حال و ارزش ذاتی می‌زنند، قیمت آینده ورقه بهادار را برآورد می‌کنند. دی و هانگ با بررسی جزء به جزء رفتار این دو گروه هیچ جزء تصادفی را مشاهده نکردند و اثبات نمودند که تغییرات قیمت سهام کاملاً تعیین شده است (سینایی و همکاران، ۱۳۸۴، ص ۶۵). آقای تیموری با الهام از این پژوهش و به کمک مدل‌های آقای پیترسنج، پیشرفت‌های خوبی در زمینه تبیین نظری جاذبه‌های غریب در بورس اوراق بهادار داشته‌اند. ایشان مطرح می‌کنند:

مفاهیم بازخورهای مثبت (به هم زندگان تعادل سیستم) بازخورهای منفی (متعادل‌کنندگان سیستم) و جاذبه‌های غریب (نقطه یا سطحی که سیستم به سمت آن در حرکت است و آنجا نقطه تعادل سیستم است) را به آسانی می‌توان با استفاده از سری زمانی رفتار قیمت سهام شناسایی کرد. در ابتدا افزایش (یا کاهش) اولیه در قیمت می‌تواند (به هر دلیلی) اتفاق بیفتد. رفتار بورس بازان با سرمایه‌گذاران گروه بتا که مبنای خرید یا فروش آن‌ها افزایش یا کاهش اولیه در قیمت است، همچون بازخورهای مثبت و به هم زندگان تعادل سیستم است.

همان‌گونه که در قسمت چپ شکل ۴ ملاحظه می‌شود، این حلقه بازخور همچون اثر بهمنی یک بازخور مثبت به افزایش قیمت سهام منجر می‌شود. در صورتی که رفتار این گروه را در این

-
1. Day & Hang
 2. Black

مرحله مورد بررسی قرار دهیم آنان به این گونه عمل می‌کنند که: با افزایش (کاهش) اندک در قیمت یک سهم انتظار افزایش (کاهش) مجدد قیمت این سهم را دارند و اقدام به خرید (فروش) آن می‌کنند. که این خود منجر به تغییرات مثبت (منفی) بیش‌تر در قیمت سهام است. اما افزایش (کاهش) در قیمت سهام نامحدود نیست، این افزایش (کاهش) تا زمانی ادامه دارد که حلقه منفی یا اثر متعادل‌کننده به کار افتد و اثر بهمنی را خنثی کند. حلقه بازخور منفی که رفتار سرمایه‌گذاران گروه آلفا است در قسمت راست مدل زیر منعکس شده است:



شکل ۴: نمای کلی مکانیزم تغییرات قیمت سهام (تیموری اصل، ۱۳۸۵، ص ۹)

در مورد قیمت سهام، جاذب غریب در واقع همان ارزش ذاتی سهام است. که یک قیمت ایده‌آل برای سهام محسوب می‌شود (تیموری اصل، ۱۳۸۵، صص ۸-۹). البته باید توجه داشت که قیمت ذاتی سهام، خود ماهیتی پویا دارد و از وقایع مختلفی که منجر به رشد و رکود آن صنعت می‌شود، تأثیر می‌پذیرد.

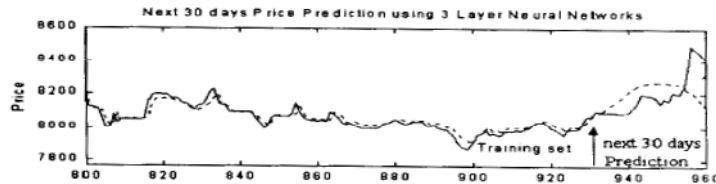
در این سیستم پیچیده و پویا نقش قاعده حجم مبنا بسیار جالب توجه است، آزمون‌های آماری در بورس اوراق بهادار تهران نشان داد که حد نوسان قیمت سهام باعث به‌وجود آمدن تسری نوسانات و تاخیر در رسیدن به قیمت واقعی شده است (اسکندری و اقبال‌نیا، ۱۳۸۶، ص ۱). به هر حال، بدیهی است که برای پیوند مطالب این بخش با مطالب بخش‌های قبلی باید به نحو مناسبی قیمت ذاتی سهام را در ابعاد بالاتر از یک به خصوص ابعاد غیر صحیح و فراکتالی تعریف کنیم.

گرچه مدل مذکور در این بخش هنوز در حیطه نظری قرار دارد و باید کارهای تکمیلی زیادی روی آن انجام شود، ولی رهیافت مناسبی برای یافتن جاذبه‌های غریب در بازار مالی ارائه می‌دهد. در این رهیافت قیمت ذاتی هر سهم در حقیقت جاذب غریب نوسانات قیمت بازار آن

سهام است. در کتاب‌های مدیریت مالی روش‌های گوناگونی برای محاسبه ارزش ذاتی سهام مانند روش ارزش تنزیل شده، فرمول گردون و . . . وجود دارد.

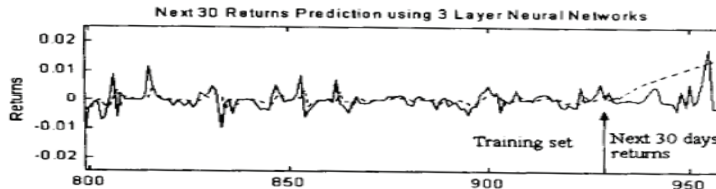
آیا شاخص‌های مرتبط با بورس اوراق بهادار تهران دارای اثر پروانه‌ای است؟

سلامی در تحقیقی که وصفش پیش‌تر بیان شد، پس از انجام آزمون اغتشاش کولموگروف و مشاهده تمایل آماره آزمون به عدد یک مدعی آشوب‌ناکی تپیکس گردیده‌اند (سلامی، ۱۳۸۲، ص). مشیری و مروت نیز در تحقیقی که قبلاً معرفی شد، بزرگ‌ترین نمای لیپانف را برای بُعدهای فازی مختلف محاسبه کردند که اکثر آن‌ها مثبت بودند و بنابراین با احتمال بالا هر دو سری روزانه و هفتگی مورد بررسی آن‌ها آشوب‌ناک‌اند (مشیری و مروت، ۱۳۸۴، ص ۶۲). خالوزاده نیز در پایان‌نامه دکتری‌اش پس از انجام آزمون نمای لیپانف بر داده‌های روزانه شاخص از شهریور ۷۳ تا شهریور ۷۶ مدعی وجود آشوب ضعیف شده است (خالوزاده، ۱۳۷۷). اثر پروانه‌ای در پیش‌بینی‌های بلندمدت بهتر مجال خود نمایی می‌یابد و از پژوهش‌هایی که در بخش قبل آمد صرفاً مقاله آقای دکتر خالوزاده و همکارش به پیش‌بینی بلندمدت (۳۰ دوره بعد) مبادرت کرده‌اند. همان‌طور که می‌دانید، هنگام استفاده از رگرسیون چند متغیره، مدل آریما و شبکه‌های عصبی تک‌خروجی در پیش‌بینی‌های بلندمدت، برای تخمین شاخص‌های بورس در زمان $K+1$ از داده‌های حقیقی $K-2$ ، $K-1$ ، K استفاده نمی‌شود، بلکه از خروجی‌های مدل پیش‌بینی‌گر به جای مقادیر واقعی استفاده می‌شود. با وجود توان پیش‌بینی قیمت/بازده روز بعد توسط مدل‌های خطی و شبکه‌های عصبی معمولی (تک‌خروجی) و خطای نسبی کوچک این مدل‌ها، حساسیت مدل‌ها نسبت به حالت‌های اولیه بسیار بالا بوده و اختلاف اندک موجود در مقادیر پیش‌بینی روز بعد و استفاده از این پیش‌بینی‌ها به عنوان ورودی برای تخمین روزهای بعدی، موجب خطای بسیار زیاد در نتیجه نهایی می‌گردد و این موضوع دلیل ناکامی شبکه‌های عصبی تک‌خروجی آقای دکتر خالوزاده و همکارش در برآورد قیمت/بازده سهام شرکت‌های شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر، و هم‌چنین شاخص قیمت سهام در بورس تهران (تپیکس) در افق طولانی مدت ۳۰ روزه بوده است تا جایی که حتی با تغییر تعداد نرون‌های شبکه، تعداد لایه‌ها، افزایش تعداد ورودی‌ها و غیره نیز بهبودی حاصل نگردیده است (خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، صص ۷۵-۷۷). تصاویر زیر به خوبی گویای وقوع اثر پروانه‌ای در پیش‌بینی‌های بلندمدت بورس تهران است.

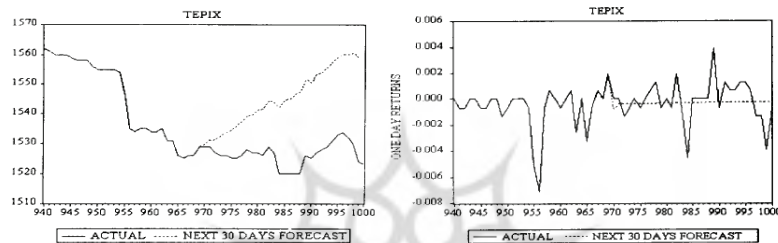


شکل ۵: پیش بینی ۳۰ روز بعد قیمت شهید ایران (با مدل موازی به کمک شبکه عصبی تک خروجی). به همراه سه تصویر

پایین منبع (خالوزاده و خاکی، ۱۳۸۲، صص ۶۶-۷۶)



شکل ۶: پیش بینی ۳۰ روز بعد بازده شهید ایران (با مدل موازی به کمک شبکه عصبی تک خروجی)



شکل ۷: پیش بینی ۳۰ روز بعد شکل ۸: پیش بینی ۳۰ روز بعد

بازده تپیکس (با مدل موازی) شاخص تپیکس (با مدل موازی)

نتیجه

با وجود شواهد انکار ناپذیری بر صدق وجود ماهیت غیرخطی، خودمانایی، جاذبه‌های غریب و اثر پروانه‌ای در بورس تهران، هنوز تا اثبات قطعی وجود این خواص فاصله قابل توجهی داریم زیرا آزمون‌های مذکور در مقاله به هیچ وجه پیرامون آشوب‌ناک بودن سیستم، ما را به قطعیت نمی‌رساند. بلکه صرفاً حاوی درجه‌ای از قطعیت‌اند. در هر صورت می‌توان گفت این نوشتار باعث می‌شود درجه یقین ما نسبت به آشوبی بودن سیستم بسیار افزایش پیدا کند. بعد از مرور آثار محققان مالی ایرانی می‌توان با قوت نسبتاً بالایی ادعا کرد که اگر بنا باشد روزی به ابزارهای پیش‌بینی‌گری دست یافت که حداقل توانایی برآورد صحیح وضعیت بازار در

میان مدت را داشته باشند، از طریق پیش‌بینی‌های خطی و حتی غیرخطی مرسوم به دست‌آورد درخوری نایل نخواهیم آمد، بلکه با توجه به ماهیت پویا و تا حدی آشوب‌ناک بازارهای مالی کشورمان، تمسک به ابزارهای مبتنی بر پویه‌مندی سیستم‌ها، کشف روابط بازگشتی مناسب، شبکه عصبی و استفاده دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل رهیافت‌های متصور برای موفقیت هستند، گرچه ابزارهای سنتی گذشته نیز می‌تواند به صورت ترکیبی با آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد. لذا با تجدید نظر در استفاده از سری‌های زمانی و معادلات اقتصادسنجی معمولی، چشم‌ها را باید شست و جور دیگر باید دید.

پذیرش آشوب‌ناکی بورس تهران برابر با پذیرش ناکارایی آن است. و این در حالی است که با بررسی پیشینه بررسی آشوب‌ناکی بورس‌های معتبر جهان (که در ارجاعات بدان اشاره شده) می‌توان دریافت شواهد مبنی بر آشوب‌ناک بودن آن‌ها تا حدودی ضعیف‌تر از بورس ایران است و لذا احتمالاً کاراترند.

تمامی پژوهش‌هایی که تاکنون در زمینه‌های مرتبط با موضوع این تحقیق انجام شده، درصدد تمیز بین روند تصادفی و روند آشوبی و اثبات ناقصی آشوب‌ناکی بورس بودند و به نظر نمی‌رسد که اصرار بیش‌تر برای طراحی آزمون‌های جدید در این زمینه مفید باشد. در عوض بسیاری از دانشمندان خارجی به کشف توابعی مبادرت نمودند که در بازه‌ای از پارامترها رفتار آشوب‌ناک از خود بروز می‌دهند و در عین حال از اصول اقتصادی نیز تبعت می‌کنند. در منبع شماره (۱۲) به بسیاری از این تحقیقات اشاره شده است. خاطر نشان می‌سازد با وجود آنکه برون‌داد سیستم‌های آشوب‌ناک پیچیده به نظر می‌رسند، ولی کاملاً محتمل است که محصول تکرر یک رابطه بسیار ساده ریاضی باشند. بنابراین از این پس باید تلاش‌ها بر روی کشف مکانیزم تولید داده‌های آشوبی در جهان واقع متمرکز شوند. با عنایت به پیشینه بررسی شده در منابع ۱۲ و ۲۶، تلاش‌های محدود پژوهشگران مالی جهانی در این زمینه دست‌اوردهای متوسطی داشته است که می‌تواند روشی بخش فضای تحقیق پژوهش‌های داخلی باشد. کشف دقیق ابعاد فراکتالی نوسانات قیمت و بازده سهام مختلف و تپیکس و طراحی نمودار جریان و استخراج معادلات دینامو مربوط به شاخص‌ها از دیگر زمینه‌های مفید قابل پیگیری است. در ضمن باید توجه داشت؛ با وجود آنکه روندهای آشوب‌ناک در بازه‌های زمانی طولانی معنا می‌یابد، آشوب‌ناکی پارسال بازار سهام مبین آشوب‌ناکی امسال آن نیست و بنابراین استفاده از داده‌های به‌روزتر برای انجام آزمون‌ها می‌تواند مفید باشد.

منابع و مأخذ

۱. الوانی، سیدمهدی؛ دانایی فرد، حسن (۱۳۷۸)، تصمیم‌گیری از نگاه نظریه آشوب، تحول اداری، دوره پنجم، شماره ۲۱، صفحات ۲۵-۱۲.
۲. مشیری، سعید و مروت، حبیب (۱۳۸۴)، بررسی وجود فرایند آشوبی در شاخص بازدهی کل قیمت سهام بازار بورس تهران، پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال هفتم، شماره ۲۵، صفحات ۶۴-۴۷.
۳. اسکندری، رسول؛ اقبال‌نیا، محمد (۱۳۸۶)، بررسی آثار حد نوسان قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، تهران، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.
۴. بیگدلو، مهدی؛ تاتاری، علی (۱۳۸۵)، شناسایی نماگرهای پیشرو اقتصادی اثرگذار بر شاخص قیمت بورس تهران و ساخت شاخص ترکیبی پیشرو، تهران، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.
۵. تیموری اصل، یاسر (۱۳۸۵)، نگرش سیستمی به نوسانات قیمت سهام اوراق بهادار، تهران، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.
۶. جونز، چارلز پی (۱۳۸۶)، مدیریت سرمایه‌گذاری، ترجمه رضا تهرانی و عسگر نوربخش، چاپ سوم، تهران، انتشارات نگاه دانش.
۷. جهانخانی، علی؛ عبده تبریزی، حسین (۱۳۷۲)، نظریه بازار کارای سرمایه، تحقیقات مالی، سال اول، شماره ۱، صفحات ۷-۲۳.
۸. حمیدی‌زاده، محمدرضا (۱۳۷۹)، پویایی‌های سیستم، تهران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
۹. خالوزاده، حمید (۱۳۷۷)، مدل‌سازی غیرخطی و پیش‌بینی رفتار قیمت سهام در بازار بورس تهران، رساله دکتری، مجله دانشکده برق دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۰. خالوزاده، حمید؛ خاکی، علی (۱۳۸۲)، ارزیابی روش‌های پیش‌بینی قیمت سهام و آرایه مدلی غیرخطی بر اساس شبکه‌های عصبی، تحقیقات اقتصادی، شماره ۶۴، صفحات ۸۵-۴۳.
۱۱. راعی، رضا؛ چاووشی، کاظم (۱۳۸۲)، پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل چند عاملی، تحقیقات مالی، شماره ۱۵.
۱۲. رضاییان، علی (۱۳۸۰)، مبانی سازمان و مدیریت، تهران، انتشارات سمت.

۱۳. سلامی، امیربهداد (۱۳۸۲)، آزمون روند آشوبی در بازده سهام بازار اوراق بهادار تهران، پژوهش‌نامه اقتصادی، شماره ۲، صفحات ۸۴-۳۵.
۱۴. سلامی، امیربهداد؛ لطفی، یوسف (۱۳۸۲)، کاهش اختلال غیرخطی در شاخص قیمت بازار اوراق بهادار، پژوهش‌نامه اقتصادی، سال سوم، شماره ۳ و ۴، صفحات ۱۹۹-۲۳۲.
۱۵. سنج، پیترو (۱۳۸۰)، پنجمین فرمان: خلق سازمان فراگیر، ترجمه حافظ کمال هدایت و محمد روشن، چاپ سوم، تهران، انتشارات سازمان مدیریت صنعتی.
۱۶. سینایی، حسنعلی (۱۳۷۳)، سنجش کارایی در بورس اوراق بهادار تهران، تحقیقات مالی، شماره ۲، صفحات ۴۶-۷۰.
۱۷. سینایی، حسنعلی؛ مرتضوی، سعید. . .؛ تیموری اصل، یاسر (۱۳۸۴)، پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، سال دوازدهم، شماره ۴۱، صفحات ۸۳-۵۹.
۱۸. طالبی، محمد؛ ثریانزاد، محمد (۱۳۸۶)، برازش خطی و غیرخطی نسبت‌های مالی با بازده سهام در بورس اوراق بهادار، تهران، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.
۱۹. عابدی‌جعفری، حسن؛ صفری، حسین (۱۳۸۴)، بررسی مراحل عمر سیستم‌های پیچیده و ناشناخته، تهران، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.
۲۰. فدایی‌نژاد، اسماعیل (۱۳۷۳)، آزمون شکل ضعیف کارایی بازار سرمایه و بورس اوراق بهادار تهران، تحقیقات مالی، سال دوم، شماره ۵ و ۶.
۲۱. فدایی‌نژاد، محمداسماعیل؛ صادقی، محسن (بی‌تا)، بررسی روان‌شناسی اعداد و پدیده «تجمع قیمت‌ها» در بورس اوراق بهادار تهران، تحقیقات مالی، سال سیزدهم، شماره ۳۱، صفحات ۷۳-۹۸.
۲۲. فقیه، نظام‌الدین (۱۳۷۶)، توسعه فراکتالی در سیستم‌های پویا و تحول در سیستم‌های سازمان‌مند، دانش مدیریت، شماره ۳۹ و ۴۰، صفحات ۵-۳۹.
۲۳. کریمی‌علویجه، محمدرضا؛ لوکاس، کارو (۱۳۸۳)، پیش‌بینی روند تغییرات شاخص کل قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد فازی، تهران، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت.
۲۴. مؤمنی، منصور (۱۳۸۵)، مباحث نوین تحقیق در عملیات، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.
۲۵. مشیری، سعید (۱۳۸۱)، مروری بر نظریه آشوب و کاربردهای آن در اقتصاد، پژوهش‌های

- اقتصادی ایران، شماره ۱۲، صفحات ۲۹-۶۸.
۲۶. مشیری، سعید؛ فروتن، فائزه (۱۳۸۳)، *آزمون آشوب و پیش‌بینی قیمت‌های آتی نفت خام*، پژوهش‌نامه اقتصادی ایران، شماره ۲۱، صفحات ۹۰-۶۷.
۲۷. معطر حسینی، سیدمحمد؛ محمودزاده، سهیل؛ پری‌آذر، محمود؛ زائری، محمدسعید (۱۳۸۶)، *بررسی رفتارهای آشوب‌ناک و کاربرد آن در مدیریت فروش، تهران، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت*.
۲۸. نصرالهی، زهرا (۱۳۷۱)، *تجزیه و تحلیل عملکرد بورس اوراق بهادار تهران، رساله کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس*.
۲۹. نمازی، محمد؛ شوشتریان، زکیه (۱۳۷۵)، *بررسی کارایی بازار بورس اوراق بهادار ایران، تحقیقات مالی، شماره ۷ و ۸، صفحات ۸۲-۱۰۴*.
30. Belair, J., & Dubuk, S. (1991). *Fractal geometry and analysis*. Kluwer Publishers.
31. Black, E. D. (2000). *Financial market analysis*. 2nd Edition, New York: John Wiley and sons.
32. Cherbit, G. (1991). *Fractals, non-integral dimensions and application*. New York: John Wiley & Sons.
33. Hata, M. (1985). On the structure of self-sets. *Japan Journal of Applied Mathematics*.
34. Hutchinson, J. (1981). *Fractals and Self-Similarity*. *Indiana University Journal of Mathematics*, 30.
35. Jullien, R., & Botet, R. (1987). *Aggregation and aggregates*, World Scientific.
36. Lasota, A., & Mackey, M. C. (1994). *Chaos, fractals and noise, stochastic of dynamics*. Springer-Verlag.
37. Lendos, A. De Bodt, E. wertazi, V. and verlesen, M. (2000). *Non-Linear financial time series forecasting application to Bell 20 stock market Index*. *European Journal of Economic and social system*, 14, No1, pp. 88-91.
38. Mandelbrot, B. B. (1985). *Self-Affine fractals and fractal dimension*. *Physica-Scripta*, Volume 32, pp. 257-260.
39. Mandelbrot, B. B. (1990). *The Fractal Geometry of Nature*. *New scientist*, Folume 127, Pp 38-43..
40. Peitgen, H. O., Jurgens, H., & Saupe, D. (1993). *Chaos and fractals, new frontiers of science*. Springer-Verlag.
41. Pynn, R., & Skjeltrop, A. (1986). *Scaling phenomena in disordered system*. NATO AST Series B 133, Plenum Press.
42. Voss, R. F. (1985). *Random Forgeries in Earnshaw's* (ed.) *Fundamental Algorithms for Graphics*, Springer-Verlag.
43. Weiss, G. (1992). Chaos hits wall street - the theory, that is. *Bussiness Week*, 138-140.