Archive of SID

# ارزیابی روشهای پیش‌بینی‌پذیری قیمت سهام و تعیین میزان قابلیت پیش‌بینی در بازار بورس تهران

حمید خالوزاده[1*]، علی خاکی صدیق[2]

۱- استادیار دانشکده مهندسی، گروه برق، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه کنترل، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

## چکیده

در این مقاله با استفاده از اطلاعات سری زمانی قیمت و بازده سهام چند شرکت در بازار بورس تهران به ارزیابی روشهای پیش‌بینی‌پذیری و نیز تعیین میزان قابلیت پیش‌بینی در بازار بورس تهران بر حسب نوع صنعت پرداخته می‌شود. روشهای پیش‌بینی‌پذیری، پیش پردازشهایی محسوب می‌گردند که با استفاده از آنها می‌توان به خواص مهمی‌از فرایند مولد سری زمانی مربوط پی برد که در مرحله مدلسازی و پیش‌بینی اهمیت زیادی خواهند داشت. سه روش عمده به عنوان روشهای آزمون پیش‌بینی‌پذیری قیمتها (بازده) معرفی و شده است. سعی شده سهامهای مورد مطالعه از صنایع مختلفی از جمله صنعت غذایی، خودرو، دارویی، فلزی و سرمایه گذاری انتخاب شوند.

در این تحقیق، ابتدا تحلیل تغییر مبنای حوزه تغییرات سری زمانی (R/S)، سپس تحلیل تخمین بعد همبستگی فرایند و در نهایت تحلیل تخمین بزرگترین نمای لیاپانوف به سری زمانی مربوط به اطلاعات و داده های روزانه قیمت و بازده سهام شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر [1] و همچنین شاخص قیمت سهام در بورس تهران (TEPIX)[2] به عنوان میانگین وزنی کلیه سهام شرکتهای موجود در بورس تهران صورت گرفته است. طبق نتایج به‌دست آمده، در مجموع، قابلیت پیش بینی برای سری زمانی مولد قیمت سهام توسعه صنایع بهشهر کمترین و این قابلیت برای سری زمانی (TEPIX) بیشترین مقدار را دارا است و بنابراین وجود اطلاعات و حافظه دراز مدت در سیستم مولد سری زمانی (TEPIX) از بقیه بیشتر بوده، استفاده از روشهای مدلسازی و پیش بینی برای (TEPIX) می تواند ساده ترو با کارایی و دقت بیشتر صورت پذیرد.

**کلید واژه‌ها:** سری زمانی، قابلیت پیش‌بینی، تحلیلهای غیرخطی سریهای زمانی، فرایندهای تصادفی، فرایندهای آشوب



---

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

۱. سعی شده سهامهای مورد مطالعه از صنایع مختلفی از جمله صنعت غذایی، خودرو، دارویی، فلزی و سرمایه گذاری انتخاب شوند.

2.Tehran price index

www.SID.ir

Archive of SID



## ۱- مقدمه

سقوط بازار سهام آمریکا در اکتبر ۱۹۸۷ و عوامل مختلف دیگر باعث شد که تحقیقات در مباحث مالی سمت و سوی تازه‌ای بیابد. نتایجی که از این تحقیقات در قالب سمینارها و سمپوزیومهای متعدد در کشورهای دارای بازار سرمایه پیشرفته منتشر شده‌اند، اعتبار تئوریهای دهه‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ را مورد تردید قرار داده‌اند، زیرا این تئوریها براساس سیستمهای خطی و فرض توزیع نرمال استوارند و از این رو، مدل یک متغیره قیمت گذاری داراییها نمی‌تواند جوابگوی برآورد بازده سهام و یا ریسک مترتب بر آن باشد.

دانشمندان و محققان این دهه عمدتاً معتقدند که فرض منطقی بودن سرمایه گذار که اصلی غیرقابل اغماض در سرمایه گذاریهای مدرن مالی است و یکی از مفروضات اصلی در بازار کارا و یا مدل بازار محسوب می‌شود با توجه به عوامل پیچیده‌ای که در بازارهای سرمایه دخیل هستند، واقعی نیست.

بازار سرمایه دارای نظم مشخصی نیست و استفاده از ریاضیات پیچیده در سیستمهای غیرخطی و دینامیکی می‌تواند مدلهایی را ایجاد کند که نظریه‌های گذشته را باطل سازد. نتایجی که تاکنون از این رهگذر حاصل گردیده، به امکان پیش‌بینی قیمت تحت شرایطی اذعان دارد.

امروزه یکی از مهمترین موضوعات مورد علاقه اقتصاددانان و تحلیلگران مالی، تبیین چگونگی و روند نوسان قیمتها است که راههای متفاوت و دیدگاههای گوناگونی را در این باره پدید آورده است[۱، صص ۲۳-۹۱].

در این میان با توجه به در دسترس نبودن اطلاعات دقیق درباره عوامل مؤثر بر نوسانهای بازار سهام، پیش‌بینی این تغییرات به سادگی میسر نیست و بر این اساس، فرضیه بازارکارا[1] مطرح می‌گردد [۲، صص ۷-۲۳]؛ بدین معنا که نوسانهای قیمت سهام با استفاده از اطلاعات در دسترس عمومی غیرقابل پیش‌بینی است. در واقع، این فرضیه مبتنی بر نظریه گامهای تصادفی است. بیان مخالف فرضیه فوق به معنای قابلیت پیش‌بینی قیمتها است. از اواسط دهه ۷۰ و مخصوصاً از سال ۱۹۸۰ کوششهای جدید و گسترده‌ای در زمینه قابلیت پیش‌بینی قیمتهای سهام با استفاده از روشهای ریاضی جدید، سریهای زمانی طولانی و ابزارهای پیشرفته‌تر آغاز گردید. آزمونهای زیادی بر روی اطلاعات قیمت و شاخص سهام

1. efficient market hypothesis



www.SID.ir

Archive of SID



در کشورهایی مانند انگلستان، آمریکا، کانادا، آلمان و ژاپن صورت گرفت تا وجود و یا عدم وجود ساختاری معین در اطلاعات قیمت سهام نشان داده شود و از این راه فرضیه گامهای تصادفی را نقض کنند [۳، صص ۱۴۷-۱۶۵؛ ۴، صص ۱۳۰۵-۱۳۳۰؛ ۵، صص ۵۱۵ - ۵۲۸؛ ۶؛ ۷، صص ۲۳۹-۲۵۲؛ ۸، صص ۴۳-۷۳؛ ۹، صص۲۸-۳۰؛ ۱۰، صص ۲۰۳-۲۰۵].

از سال ۱۹۶۵ در حوزه امور مالی، فرضیه‌ای در مورد کارا بودن بازار سرمایه مطرح شده و براین اساس تحقیقات متعددی صورت گرفته است. علت انجام این تحقیقات، آزمودن این نظریه است که آیا بازار سهام در کسب و پردازش اطلاعات ورودی به طور معقول عمل می‌کند و آیا اطلاعات بدون درنگ و بدون تمایل و گرایش خاص (اریب یا تورش[1]) در قیمت اوراق بهادار منعکس می‌شود یا نه؟ البته مسأله کارایی، مقوله‌ای صرفاً سیاه یا سفید نیست. بازار نه کاملاً کارایی دارد و نه یکسره از مفاهیم کارایی بر کنار است. مسأله، مراتب امر و درجه کارایی است. سؤال این است که بازار تا چه اندازه کارا است؟

با توجه به دسته بندی فاما[2] که سه سطح برای این فرضیه مطرح می‌کند [۱۱، صص۳۸۳-۴۱۷]، در این پژوهش شکل ضعیف[3] نظریه بازار کارا به این معنا که با مطالعه روند تاریخی قیمت سهام، قادر به پیش‌بینی جریان آینده قیمت سهام نمی‌توان بود و به عبارت دیگر، بازار سهام حافظه ندارد و قیمت سهام در بازار کارا به شکل تصادفی تغییر می‌کند یا خیر بررسی می‌گردد.



### الف- تعریف مسأله مطرح شده در تحقیق

با توجه به تحقیقات قبلی در پیش‌بینی روز بعد و نیز پیش بینی دراز مدت قیمت سهام با استفاده از مدلهای خطی، کارایی نسبی مدلهای خطی در پیش بینی روز بعد و عدم کارایی مدلهای خطی(ARIMA(p,d,q در فرایند پیش‌بینی درازمدت محرز گردیده است. حساسیت این مدلها نسبت به حالتهای اولیه بسیار بالا بوده، در واقع وظیفه مدلهای فوق که به نوعی تجدید ساختار دینامیکی فرایند مولد قیمت (بازده) را به عهده دارند، به خاطر پیچیدگی فرایند مولد سری زمانی به خوبی انجام نشده و این مدلها قادر به بازسازی و احیای دینامیک فرایند مربوط نیستند و جهت پیش‌بینی درازمدت کارایی لازم را ندارند. این گونه رفتار، شبهه آشوبگونه بودن فرایند مولد قیمت (بازده) سهام در بازار بورس تهران را ایجاد می‌کند.

1. bias
2. Fama
3. weakly form

www.SID.ir

Archive of SID



مدلسازی و پیش‌بینیهای صورت گرفته در مراجع [۱۲، ۱۳] به صورت بلند مدت به وسیله مدلهای خطی ARIMA(p,d,q) و حتی مدلهای شبکه عصبی غیرخطی متداول، به خاطر ماهیت غیرخطی و آشوبگونه بودن فرایند، عملکرد مطلوبی نداشته و اطلاعات موجود در داده‌ها با گذشت زمان به سرعت از بین رفته و لذا استفاده از آنها در پیش‌بینیهای بلند مدت مفید نخواهد بود.

در این تحقیق، تغییرات قیمت و بازده سهام در بازار بورس تهران با هدف مطالعه‌ای منظم و سیستماتیک بر روی مقوله پیش‌بینی‌پذیری و تعیین میزان پیچیدگی دینامیک مولد سری زمانی سهام متناظر بررسی و مورد مطالعه قرار گرفته است، برای انجام پیش‌بینی، ابتدا لازم است قابلیت پیش‌بینی فرایند تحت مطالعه بررسی گردد. در صورتی که قابلیت پیش‌بینی و به عبارت دیگر، پیش‌بینی‌پذیری احراز شد، سعی در مدلسازی فرایند، تخمین پارامترهای مدل و در نهایت پیش‌بینی نمود. در این تحقیق، فرایندهای سری زمانی به سه طبقه خطی، تصادفی و آشوبگونه دسته بندی شده‌اند و براین اساس، قابلیت پیش‌بینی در فرایندهای خطی، ممکن، درفرایندهای تصادفی، غیرممکن و در فرایندهای آشوبگونه تا حدی ممکن است.

مطالعه بر روی سهام شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و همچنین شاخص قیمت سهام در بورس تهران (TEPIX) به عنوان میانگین وزنی کلیه سهام شرکتهای موجود در بورس تهران صورت گرفته است.

اطلاعات استفاده شده، داده‌های روزانه قیمت بوده، هر گونه عملیات ویژه از جمله افزایش سرمایه، سهام جایزه، پرداخت سود نقدی و غیره در قیمتها لحاظ شده است. همچنین برای اینکه عملیات انجام شده و تحلیلهای صورت گرفته مبنای واحدی را داشته باشند، پیش پردازشهایی برروی اطلاعات صورت پذیرفته است.

### ب- قابلیت پیش‌بینی[1] (پیش‌بینی‌پذیری)

سه روش عمده به شرح زیر به عنوان روشهای آزمون پیش‌بینی‌پذیری قیمتها (بازده) معرفی و اعمال شده است:

1 . predictability



www.SID.ir

Archive of SID



۱- **تحلیل R/S**[1]: بر پایه تحلیل R/S، تشخیص یک سری زمانی تصادفی از یک سری غیرتصادفی، بدون در نظر گرفتن توزیع آن - اعم از گوسی و یا غیرگوسی - امکان‌پذیر می‌گردد. تحلیل R/S یک روش آماری مقاوم است که به کمک آن می‌توان طول متوسط دوره‌های گردش[2] را در سری زمانی مربوط اندازه گیری کرد[۱۴، صص ۷۷۰- ۸۰۸].

۲- **تحلیل تخمین بعد همبستگی**[3]: یکی از مهمترین روشهای آزمون پیش‌بینی‌پذیری قیمتها، تحلیل غیرخطی تخمین بعد همبستگی فرایند مولد آنها است. در واقع، روش تخمین بعد همبستگی، معیاری برای آزمون نظریه آشوب[4] در یک فرایند سری زمانی است [۱۵، صص ۷۱۱- ۷۲۸؛ ۱۶].

۳- **تحلیل تخمین بزرگترین نمای لیاپانوف**[5]: در این روش، سعی بر بازسازی ساختار دینامیکی فرایند مولد سری زمانی با استفاده از داده های تأخیریافته می‌گردد. سپس میزان انقباض و یا انبساط جهات مختلف در فضای فاز بازسازی شده اندازه‌گیری می‌گردد. نمای مثبت نشانگر آن است که مسیرهای حالت نزدیک به هم با گذشت زمان از یکدیگر واگرا و دورمی‌شوند و تفاوت کوچکی در شرایط اولیه، اختلاف زیادی را در طول زمان به وجود می‌آورد. بنابراین دانستن وضعیتهای نادقیق اولیه، پیش‌بینیهای بلند مدت نادرستی را به‌همراه داشته، دلالت بر ماهیت آشوبگونه فرایند مولد سری زمانی مربوط دارد [۱۷، ۱۸].

## ۲- سیستمهای دینامیکی

سیستمهای دینامیکی، سیستمهایی هستند که مقدار خروجی آنها در هر لحظه نه تنها بستگی به مقدار تحریک در آن لحظه دارد، بلکه به مقادیر ماقبل نیز بستگی دارد. در برخی سیستمهای دینامیکی، رابطه ورودی - خروجی به گونه‌ای است که در آنها محرک خارجی قابل مشاهده نیست. به این سیستمها، سیستمهای سری زمانی گفته می‌شود. با استفاده از اطلاعات موجود درباره سیستم، ابتدا سعی می‌شود مدلی به آن اختصاص داده شود تا ارتباط بین متغیرهای سیستم مشخص گردد. مدلها به شکلهای مختلف و مرتبه‌های متفاوتی از فرمولهای ریاضی موجودند. برای بعضی از سیستمها مناسب آن است که خواص آن را با

1. rescaled range analysis
2. mean orbital period
3. correlation dimension estimate analysis
4. chaos theory
5. largest lyapunov exponent analysis



www.SID.ir

Archive of SID



جداول عددی و یا نمودار نمایش داد که معمولاً به این گونه توصیف، مدلهای گرافیکی می‌گویند. در بعضی از کاربردهای پیشرفته ممکن است از مدلهایی استفاده شود که ارتباط بین متغیرهای سیستم را بر حسب جملات ریاضی، مانند معادلات دیفرانسیل و یا معادلات تفاضلی ارائه می‌کنند. به این گونه مدلها، مدلهای ریاضی و یا تحلیلی گفته می‌شود. مدلهای ریاضی ممکن است پیوسته یا گسسته با زمان، معین[1] یا تصادفی[2]، خطی و یا غیرخطی باشند. مدلهای ریاضی در تمام شاخه‌های علوم مانند اقتصاد، زیست شناسی، پزشکی و مهندسی کاربرد دارد. همچنین می‌توان از این مدلها به عنوان ابزاری برای شبیه سازی و پیش‌بینی استفاده کرد.

## ۳- سری زمانی قیمت و بازده سهام شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و(TEPIX) و بررسی ایستایی آنها

شکلهای ۱ تا ۶ قیمت وبازده روزانه سهام شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و (TEPIX) را نشان می‌دهد. داده‌های قیمت به صورت داده‌های روزانه بوده، هر گونه عملیات ویژه ازجمله افزایش سرمایه، سهام جایزه، پرداخت سود نقدی و غیره در قیمتها لحاظ شده است و در این صورت می‌توان بازده را به شکل ساده $r_n = \frac{P_n - P_{n-1} + d_n}{P_{n-1}}$ نوشت. در این رابطه $P_n$ قیمت در n-ام و $d_n$ سود تقسیم شده در این روز است. سود مزبور ممکن است به صورت پرداخت نقدی و سهام جایزه با افزایش سرمایه در نظر گرفته شود.

از مطالعه سری زمانی قیمت سهم، با توجه به شکلهای ۱ تا ۶ مشاهده می‌شود که خواص آماری سری زمانی مربوط در بازه‌های زمانی مختلف یکسان نیست (مثال واضح میانگین) و لذا ایستا نبوده باید ابتدا با عملگر تفاضل سری جدید ایستایی[3] را ایجاد کرد. به عنوان مثال، تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی سری زمانی قیمت سهام شهد - ایران، به ازای ۲۵ تأخیر در شکل ۷ نشان داده شده است. عدم میرایی سریع تابع خودهمبستگی قیمت نشانگرغیرایستایی آن است، از اعمال آزمون ریشه واحد نیز می‌توان نشان داد که سری

1. deterministic
2. stochastic
3. stationary time series

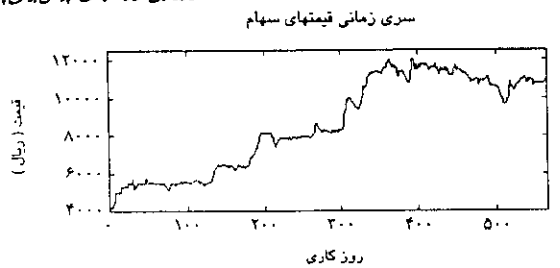


www.SID.ir

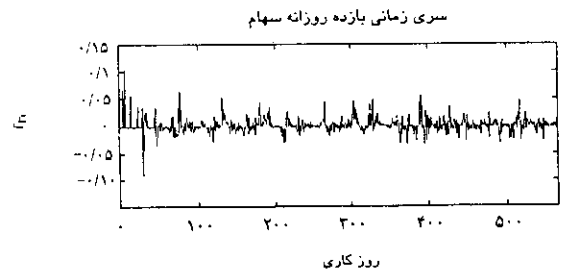
Archive of SID



الف)



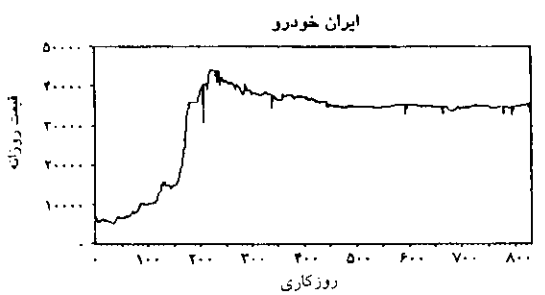

ب)



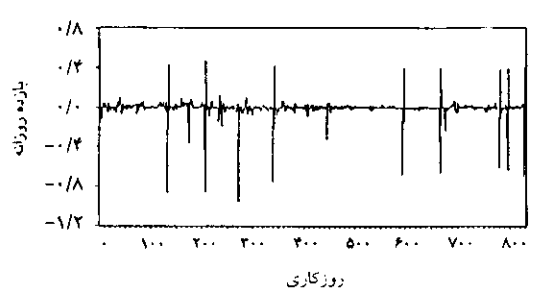

**شکل ۱** قیمت سهام شهد – ایران(الف) و بازده روزانه این سهم (ب)

سری زمانی قیمت و بازده ایران خودرو شامل ۸۳۰ داده.

الف)




ب)




**شکل ۲** قیمت سهام ایران خودرو(الف) و بازده روزانه این سهم (ب)

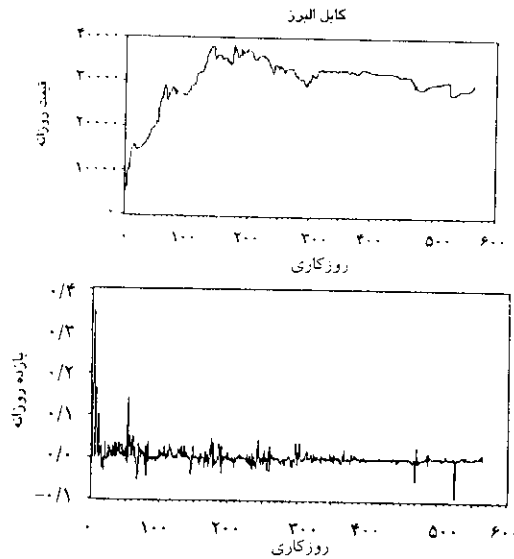


www.SID.ir

Archive of SID



سری زمانی قیمت و بازده کابل البرز شامل ۵۶۷ داده.

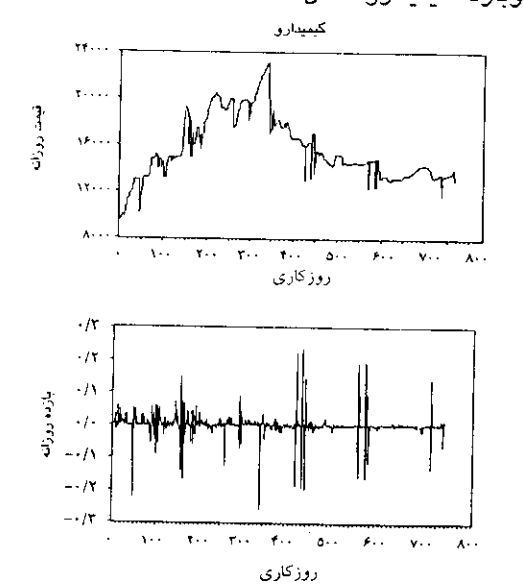



الف)

ب)

**شکل ۳** قیمت سهام کابل البرز (الف) و بازده روزانه این سهم (ب)

سری زمانی قیمت وبازده کیمیدارو شامل ۷۶۷ داده.




الف)

ب)

**شکل ۴** قیمت سهام کیمیدارو(الف) و بازده روزانه این سهم (ب)

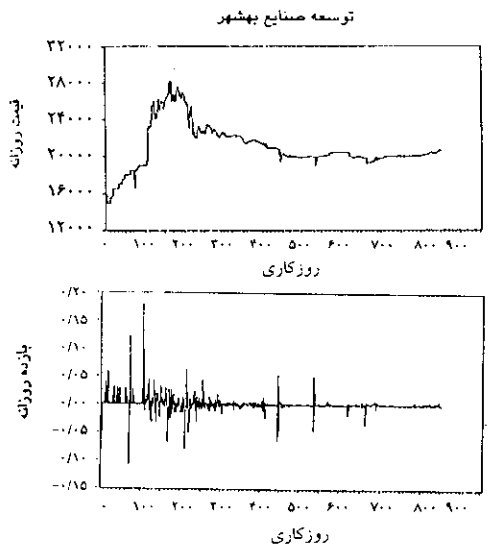


www.SID.ir

Archive of SID



سری زمانی قیمت وبازده توسعه صنایع بهشهر شامل ۸۵۰ داده.

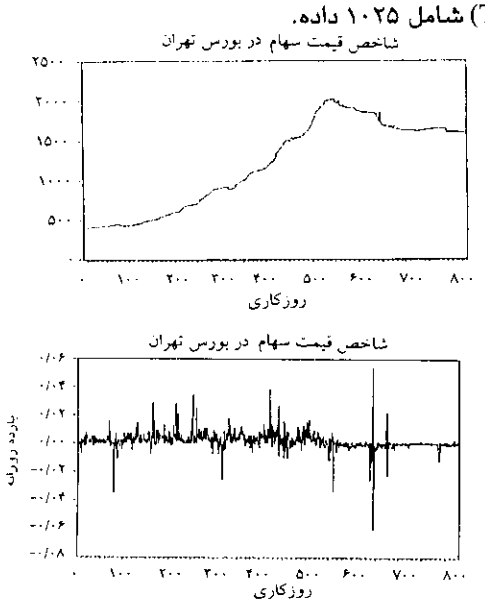



الف)

ب)

**شکل ۵** قیمت سهام توسعه صنایع بهشهر(الف) و بازده روزانه این سهم (ب)

سری زمانی (TEPIX) شامل ۱۰۲۵ داده.




الف)

ب)

**شکل۶** شاخص بورس تهران (TEPIX) (الف) و بازده روزانه آن (ب)



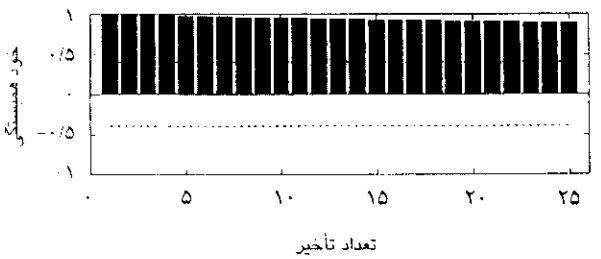
www.SID.ir

Archive of SID

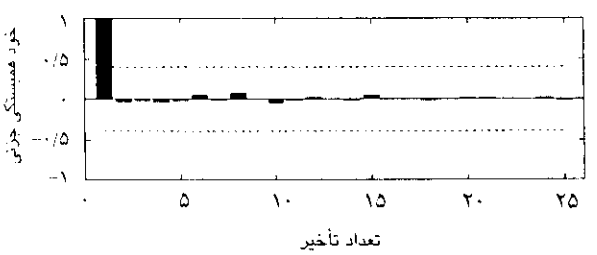


زمانی قیمت ایستا نیست؛ یعنی آماره t دیکی - فولر از مقادیر بحرانی مربوط به سطوح معنی‌دار کوچکتر نیست.

الف)




ب)




**شکل ۷** تابع خودهمبستگی و تابع همبستگی جزئی سری زمانی قیمت شهد - ایران

سری جدید، $\nabla P_t = P_t - P_{t-1}$تشکیل و آزمون توابع خودهمبستگی مجدداً اعمال شده است. نتایج حاصل (شکل ۸) نشانگر ایستایی سری حاصل از تفاضل مرتبه اول است. باید توجه داشت در مدلسازی خطی با ساختار ARMA لازم است که سری زمانی مربوط ایستا باشد. در واقع، چون این ساختار بر روی سری زمانی جدید $\nabla P_t$ اعمال می‌گردد، نهایتاً مدل خطی به شکل ARIMA خواهد بود.

شکلهای ۸-الف و ۸-ب به ترتیب تابع خودهمبستگی و تابع همبستگی جزئی سری زمانی تفاضل اول قیمت شهد - ایران را به ازای ۲۵ تأخیر نشان می‌دهند.

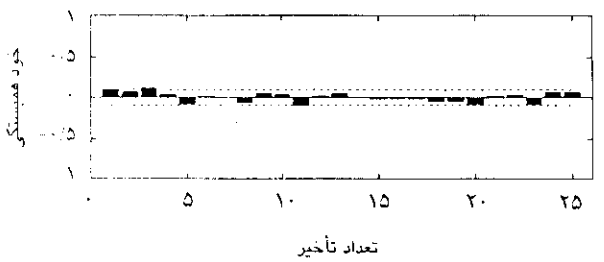


www.SID.ir

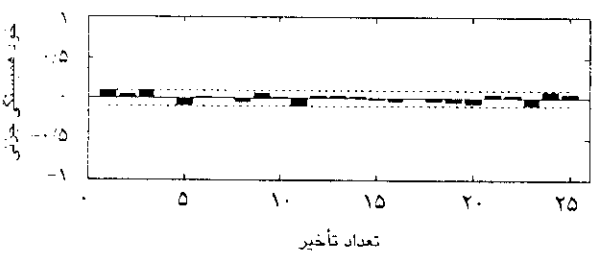
Archive of SID



الف)




ب)




**شکل ۸** تابع خودهمبستگی و خود همبستگی جزئی تفاضل اول قیمت شهد – ایران

با تعریف $r_n$ به صورت بازده، این سری روندزدایی[1] شده و اگر از روشهای فوق استفاده کنیم می‌توان دید که سری زمانی بازده ایستا است. در مورد شرکتهای دیگر، سری زمانی قیمت روزانه، پس از یک بار اعمال عملگر تفاضل ایستا می‌شود، ولی سری زمانی بازده روزانه ایستا است.

## ۴- پیش‌بینی‌پذیری سریهای زمانی

مدلهای خطی سری زمانی ARIMA ابزاری مناسب برای پیش‌بینی کوتاه مدت هستند. در سالهای اخیر، طبقه‌ای از فرایندها به نام فرایندهای آشوب[2] شناسایی و کشف شده است. پیشرفتهای اخیر در مورد سریهای زمانی آشوبگونه، نشان داده است که روشهای خطی

1. deterend
2. chaos process



www.SID.ir

Archive of SID



کلاسیک مانند حداقل مربعات و مدلهایی ازقبیل ARIMA کفایت لازم را برای دریافت و استخراج الگوهای غیرخطی 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 گردد. در این حالت، ممکن است متغیر غیرتصادفی، متغیری غیرخطی و آشوبگونه بوده، دارای اطلاعات و الگوهایی با ارزش برای پیش‌بینی باشد، به طوری که مدلهای خطی قادر به استخراج آن نباشند. نمونه‌های متعددی از متغیرهای غیرخطی و آشوبگونه در اقتصاد موجود است و بنابراین لازم است کفایت مدلهای خطی برای پیش‌بینی متغیر تحت مطالعه برآورد گردد. در صورتی که دینامیک غیرخطی در سری زمانی متغیر مربوط مشاهده شود، استفاده ازمدلهای خطی منتفی می‌گردد و در این حالت، استفاده از ساختارهای غیرخطی که دارای قابلیت کسب و استخراج الگوهای رفتاری غیرخطی هستند، مانند شبکه عصبی برتری و مزیت خواهند داشت [۱۹، صص ۲۵- ۲۸؛ ۲۰، صص ۱۱۳-۱۱۷].

تئوری آشوب، روش قوی و مهمی برای فهم ماهیت فرایندهای اقتصادی و مالی است. به وسیله این تئوری می‌توان نشان داد که داده‌های مربوط به یک فرایند مولد سریهای زمانی چه نوع ماهیتی دارند. این تئوری قادر به تمایز یک پدیده اتفاقی و تصادفی از یک فرایند خطی و غیرخطی است.

آشوب، فرایندی معین و غیرخطی تعریف می‌شود که رفتاری مانند فرایندهای تصادفی دارد، ولی غیرتصادفی است. سریهای آشوبگونه زیرمجموعه‌ای از فرایندهای غیرخطی هستند که پیچیدگی زیاد و رفتار نامنظم دارند [۲۱؛ ۲۲، صص ۶۹-۷۷؛ ۲۳، صص ۳۱۱- ۳۳۸].

در اغلب اوقات، طیف و تابع اتوکواریانس سریهای آشوبگونه مانند نویز سفید است [۲۴، صص ۵۸۸-۵۹۰]. در واقع، اغلب فرایندهای آشوبگونه دارای خواص گشتاور اول و دومی مشابه با نویز سفید هستند. همان طور که گفته شد، گرچه سریهای زمانی آشوبگونه مانند سریهای تصادفی به نظر می‌رسند، لکن خواص ویژه‌ای دارند که آنها را از سریهای تصادفی متمایز می‌کند. خاصیت مهمی که یک فرایند آشوبگونه دارد و بدین وسیله از یک فرایند تصادفی متمایز می‌شود، حساسیت آن به حالت اولیه است، بدین ترتیب که خطای کوچکی در اندازه گیری حالت اولیه، موجب افزایش نمایی در مقادیر آینده این سری زمانی می‌گردد. یکی از کاربردهای فرضیه آشوب، آزمایش وجود الگوهای غیرخطی مخفی در



www.SID.ir

Archive of SID



جملات خطا، هنگام استفاده از مدلهای خطی است. در صورت مثبت بودن این آزمون، پیش‌بینی کوتاه مدت فرایند مربوط با استفاده از مدلهای غیر خطی ممکن خواهد بود. از خواص دیگر فرایندهای آشوبگونه آن است که هنگام استفاده از مدلهای خطی در فرایند مدلسازی این گونه فرایندها، برازش اطلاعات گذشته فرایند با مدل بسیار خوب است در حالی که عملکرد مدل در مرحله آزمایش بسیار بد است.

نشان داده شده که عملکرد مدلهای ARIMA(p, d, q) در فرایند پیش‌بینی با افق پیش‌بینی بیشتر از یک روز بسیار ضعیف است و این ضعف، حکایت از ماهیت پیچیده فرایند مولد قیمت (بازده) سری زمانی مربوط دارد [۱۲]. برای اندازه گیری میزان پیچیدگی فرایند، میزان اعتماد به پیش‌بینیها و یافتن الگوهایی برای نزدیک شدن به مدل مطلوب، روشهای تحلیل غیرخطی فرایندهای سری زمانی به عنوان آزمونهای پیش‌بینی‌پذیری به سری زمانی قیمت (بازده) سهام شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و همچنین شاخص قیمت سهام در بورس تهران (TEPIX) اعمال شده است. از سه روش مختلف به عنوان روشهای آزمون پیش‌بینی‌پذیری سریهای زمانی برای بررسی ماهیت فرایند مولد قیمت استفاده شده است که در اینجا به شرح روشها و نتایج حاصل بر روی سریهای زمانی شرکتهای فوق الذکر پرداخته می‌شود. روشهای مورد استفاده برای بررسی ساختاری سری زمانی قیمتهای سهام به این صورت است: روش تحلیل R/S، تحلیل تخمین بعد همبستگی و تحلیل بزرگترین نمای لیاپونوف.

**الف- کاربرد تحلیل R/S در بازار بورس تهران** [۲۵]

بر پایه تحلیل R/S، تشخیص یک سری زمانی تصادفی از یک سری غیرتصادفی، بدون در نظر گرفتن توزیع آن - اعم از گوسی یا غیرگوسی - امکان پذیر می‌شود. تحلیل R/S یک روش آماری مقاوم است که برای سنجش میزان نویز در یک سیستم به کار می‌رود و به کمک آن می‌توان طول متوسط دوره های نامتناوب را اندازه گیری کرد.

سری زمانی مورد استفاده در تحلیل R/S بازده روزانه است. در تحلیل R/S، تغییر مبنای حوزه تغییرات به صورت زیر انجام می‌شود:

$$R_N = max[r_{t,N}] - min[r_{t,N}], r_{t,N} = \sum_{i}^{N}(r_i - \bar{r}),\ 1 \le t \le N \qquad (۱$$



www.SID.ir

Archive of SID



چنان که پیدا است در تحلیل R/S، $R_N$ نمایانگر تفاوت بین بیشترین و کمترین انحراف انباشته[1] از میانگین سری زمانی مفروض ( $\bar{r}$ ) و تابعی از تعداد مشاهدات (N) است، از سوی دیگر، بر پایه یک قانون تجربی اثبات شده می‌توان نوشت:

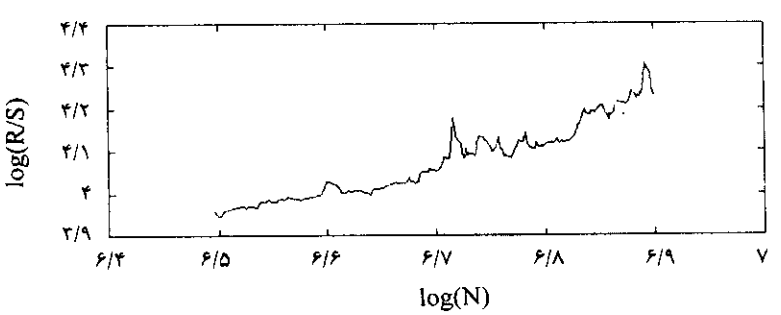
$$R/S = N^H \quad , \ H \in [0,1] \qquad (۲$$

که در آن S برابر انحراف معیار سری زمانی اصلی است که به این صورت به دست می‌آید:

$$S = \left[ \sum_{t=1}^{N} (r_t - \bar{r})^2 / (N-1) \right]^{1/2}$$

H را نمای هرست[2] نیز می‌نامند. نمای هرست همانندی دو پیشامد پیاپی را نشان می‌دهد. برآورد H به کمک محاسبه شیب منحنی $H = log(\frac{R_N}{S}) / log(N)$ و با استفاده از روش رگرسیون در حوزه تغییرات N به دست می‌آید. بیشترین مقدار به دست آمده نمایانگر میانگین دوره گردش متناوب الگو است. برای یک سری زمانی تصادفی، مقدار نمای هرست برابر نیم (۰/۵) است.

در اینجا نیز برای رعایت اختصار تنها به نمودار نتایج برای سهام شهد - ایران کفایت می‌شود. در شکل ۹- الف منحنی log(R/S)/log(N) نشان داده شده است. به همین ترتیب، مقادیر متناظر با نمای H به ازای مشاهدات مختلف N در شکل ۹- ب رسم شده است.




**شکل ۹- الف** منحنی log(R/S)/log(N) (شهد - ایران)

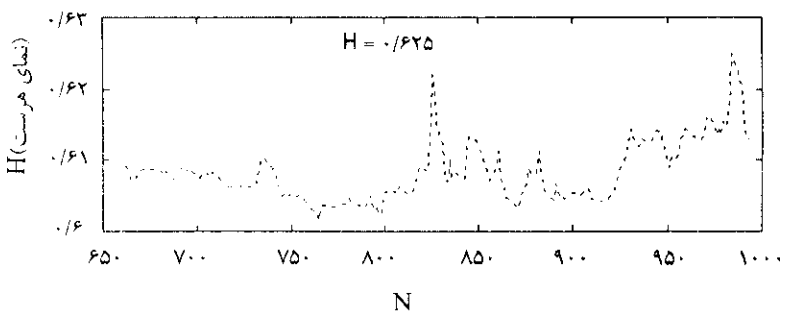
1. cummulative deviation
2. hurst exponent



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۹- ب** مقادیر H به ازای تغییرات N (شهد - ایران)

H برای سری زمانی قیمت سهام شهد - ایران برابر ۰/۶۲۵ به دست آمده که بزرگتر از ۰/۵ است. این مقدار، نمایانگر اثرحافظه درازمدت[1] در سری زمانی قیمت این سهم است. به عبارت دیگر، در سری زمانی مزبور، اثر قیمتهای قبلی بر بازده روزانه سهام شهد - ایران تا مدتی باقی می‌ماند.

اعتبار مقدار H را می‌توان با جایگذاری اتفاقی اطلاعات در سری زمانی اصلی ومحاسبه مقدار H برای سری جدید آزمون کرد. درباره سهامی که دارای تأثیر حافظه درازمدت باشد، ترتیب اطلاعات مهم است. در این حالت، مقدار H برآورد شده برای سری جدید به هم ریخته کوچکتر خواهد بود و به مقدار ۰/۵ که مربوط به یک سری زمانی تصادفی است نزدیک می‌شود، هر چند توزیع فراوانی مشاهدات در هر دو سری یکسان است. درباره سهام شهد - ایران، ده سری زمانی به هم ریخته از سری اصلی ساخته شده و میانگین H برآورد شده برای سریهای جدید برابر ۰/۵۴۵ به دست آمده است. کمتر بودن این عدد نسبت به نمای هرست سری اصلی، اثر حافظه بلندمدت را در سری زمانی اصلی نشان می‌دهد. منحنی نمای H برای سری اصلی و سری به هم ریخته به ازای مشاهدات مختلف (N) در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

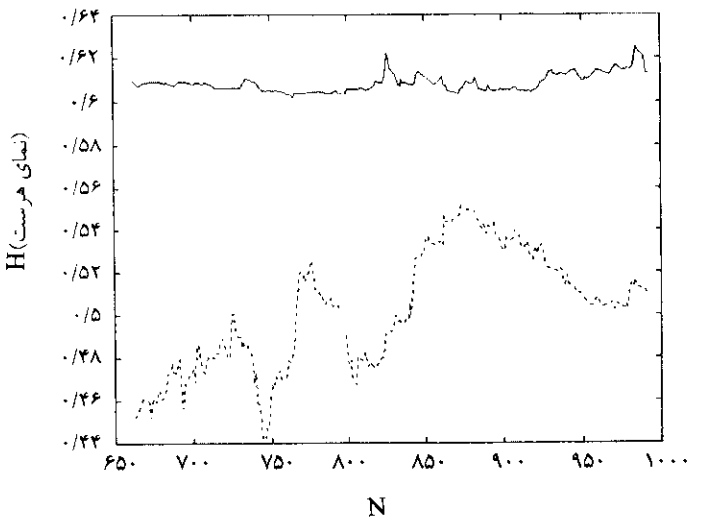
1. long memory effect



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱۰** منحنی نمای H برای سری اصلی و سری به هم ریخته (شهد - ایران)





جدول ۱ نشانگر نتایج تحلیل R/S برای کلیه شرکتهای فوق الذکراست.

**جدول ۱** مقدار نمای H برای سری زمانی مولد قیمت

| توسعه صنایع بهشهر | شهد – ایران | کیمیدار | کابل البرز | ایران خودرو | (TEPIX) |
|---|---|---|---|---|---|
| H = ۰/۶۰۵۲۴ | H = ۰/۶۲۵ | H = ۰/۶۳۱۵ | H = ۰/۶۵۷۳۴ | H = ۰/۷۰۱۲۷ | H = ۰/۷۵۲۹۴ |

مشاهده می‌شود که مقدار نمای H برای سری زمانی مولد قیمت سهام توسعه صنایع بهشهر، کمترین و برای سری زمانی (TEPIX)، بیشترین مقدار را دارا است و بنابراین به نظر می‌رسد وجود اطلاعات و حافظه دراز مدت در سیستم مولد سری زمانی (TEPIX) از بقیه بیشتر است. البته با توجه به اینکه سری زمانی (TEPIX) از میانگین‌گیری وزن یافته کلیه شرکتهای عضو بورس تهران به‌وجود می‌آید و از دیدگاه تئوری فیلترها، عمل میانگین‌گیری

www.SID.ir

Archive of SID



مانند فیلتری عمل می‌کند که مانع از عبور مؤلفه‌های با فرکانس بالا و یا نوسانات بزرگ می‌شود، این امر قابل پیش‌بینی بود.

## ب- پیش‌بینی‌پذیری نوسانات قیمت سهام در بازار بورس تهران با استفاده از تحلیل تخمین بعد همبستگی

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره گردید، با استفاده از تحلیل غیر خطی بر روی قیمت سهام چند شرکت در بازار بورس تهران و همچنین سری زمانی شاخص قیمت بازار بورس تهران (TEPIX)، ماهیت فرایند مربوط به سری زمانی آنها مشخص می‌گردد.

همانند بخش قبل، از شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر وهمچنین (TEPIX)، به منظور بررسی رفتار فرایند مربوط به سری زمانی قیمت (بازده) استفاده شده است. در واقع نشان داده می‌شود که رفتار سریهای زمانی قیمت و بازده در بازار بورس تهران، رفتار آشوبگونه ضعیف[1] است.

**- محاسبه و تخمین بعد همبستگی فرایند مولد قیمت سهام [۲۶، ۲۷، ۲۸]**

بعد همبستگی، معیاری از میزان پیچیدگی یک پدیده است. بعد یک نقطه صفر، خط دارای بعد یک ونویز سفید و یا فرایند اتفاقی دارای بعد بینهایت است. فرایند آشوبگونه، دارای بعدی مثبت، ولی محدوداست. برای انجام محاسبات تخمین بعد همبستگی، ابتدا سری زمانی مربوط به بازده روزانه سهام ایران خودرو را ایجاد کرده، ایستایی آن آزمایش می‌شود. همان‌طور که نشان داده شد، با توجه به توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی سری بازده، ایستایی این سری احراز می‌شود.

روش تخمین بعد همبستگی که در ادامه مورد استفاده قرار می‌گیرد، به گراسبرگر- پروکاکسیا[2] [۲۹، صص ۳۴۶۰-۳۴۹۰] معروف است. در این روش، ابتدا باید ماتریس M -

1. weakly chaotic
2. Grassberger- Procaccia



www.SID.ir

Archive of SID



حافظه[1] را ایجاد کرد، به این ترتیب که سری زمانی قیمت را به شکل $X_t$ $\{X_t, t = 1, 2, ..., N\}$ درنظرگرفته، بردارهایی M بعدی به نام M-حافظه را به‌شکل $X_t^M = (X_t, X_t + 1, ..., X_{t+M-1})$ ایجاد می‌کنیم. در واقع N اسکالر سری زمانی بازده سهام به N-M+1 بردار با درایه‌هایی که با یکدیگرهمپوشانی دارند تبدیل می‌شود. در عمل با ایجاد M حافظه سعی در تجدید حیات و بازسازی دینامیک و ساختار فرایند مولد اطلاعات می‌شود. به عبارت دیگر بین بردارهای M-حافظه و فرایند تولید اطلاعات اصلی یک نگاشت و تناظر برقرار می‌شود [۳۰]. در روش تخمین بعد همبستگی ارتباط و همبستگی بین نقاط M- حافظه اندازه‌گیری می‌شود. برای انجام این کار باید انتگرال همبستگی[2] را در فضای M- حافظه محاسبه کرد. انتگرال همبستگی $(C_M(r))$ تخمینی از یک احتمال است که دو بردار از سری زمانی به طول M، فاصله‌ای کمتر از r با همدیگر داشته باشند. در واقع می‌توان $(C_M(r))$ را به طریق زیر محاسبه کرد:

$$C_M(r) = \lim_{N\to\infty} \frac{2}{N_M(N-1)} \sum_{i\le s} I_r(X_i^M, X_s^M) \qquad (۳$$

که در آن $N_M = N-(M-1)$ و M بعد محاط[3] است.

$I_r(x, y)$ تابع مشخصه‌ای[4] وابسته به x،y است که به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$I_r(x, y) = \begin{cases} 0, \|x - y\| > r \\ 1, \|x - y\| > r \end{cases} \qquad (۴$$

در واقع با اندازه‌گیری و تخمین بعد همبستگی میزان همبستگی و شباهت میان نقاط مختلف در جاذب غیرخطی منصوب به فرایند را می‌توان اندازه‌گیری کرد. بعد همبستگی فرایند $D_M$ برای بعد محاط M به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$D_M = \lim_{r\to 0} \lim_{N\to\infty} \frac{\log C_M(r, N)}{\log(r)} \qquad (۵$$

1. m- histories
2. correlation integral
3. embedding dimension
4. indicator function



www.SID.ir

Archive of SID

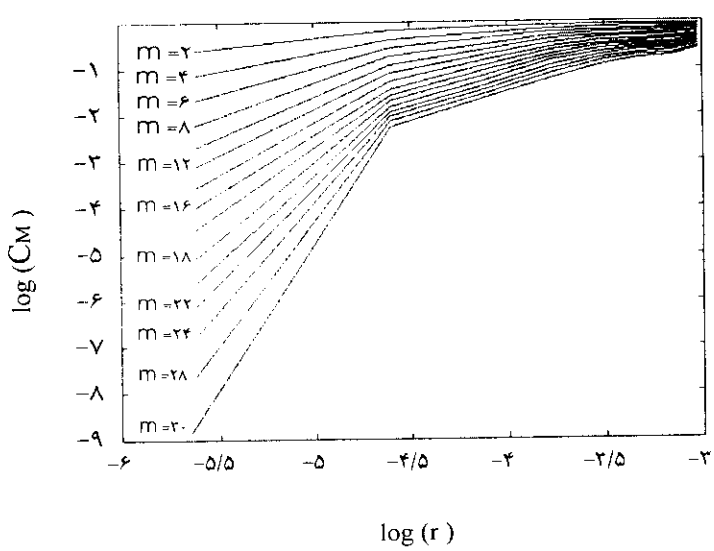


بعد همبستگی سیستم (D) برابر است با $D = lim_{M \to \infty} D_M$

N به اندازه تعداد اطلاعات قیمت ثبت شده آن شرکت است و به خاطر محدود بودن آن، در انتخاب مقادیر r و M محدودیت وجود دارد و عملاً نمی‌توان $r \to 0$ و $M \to \infty$ را داشت. جزئیات مربوط به چگونگی انتخاب مقدار اولیه r و M را می‌توان در مرجع [۲۹] دید. اگر سیستم آشوبگونه باشد، $D_M$ به ازای مقادیر بزرگ M به مقداری بزرگتر از یک همگرا می‌شود.

در اینجا نیز شکلهای مربوط به مراحل مختلف این روش برای سهام ایران خودرو آورده می‌شود.

شکل۱۱ الف نشانگر منحنیهای $\log(C_M)$ بر حسب log(r) به ازای مقادیر M از ۲ تا ۳۰ و شکل۱۱ ب نمایانگر بعد همبستگی این سری زمانی بر حسب M است.



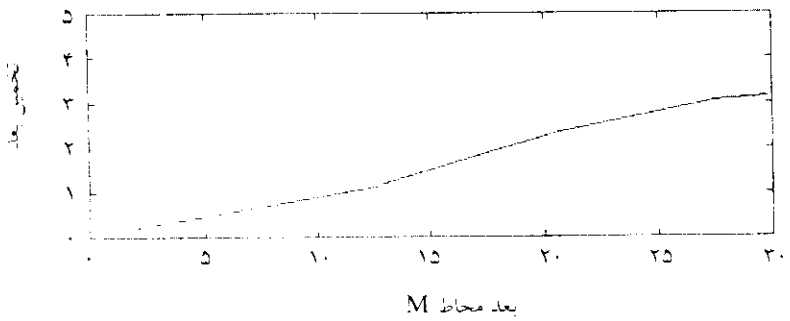

**شکل ۱۱- الف** منحنیهای $\log(C_M)$ بر حسب log (r) به ازای مقادیر M از ۲ تا ۳۰ (ایران خودرو)



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل۱۱- ب** بعد همبستگی سری زمانی بازده روزانه سهام ایران خودرو بر حسب M از ۲ تا ۳۰

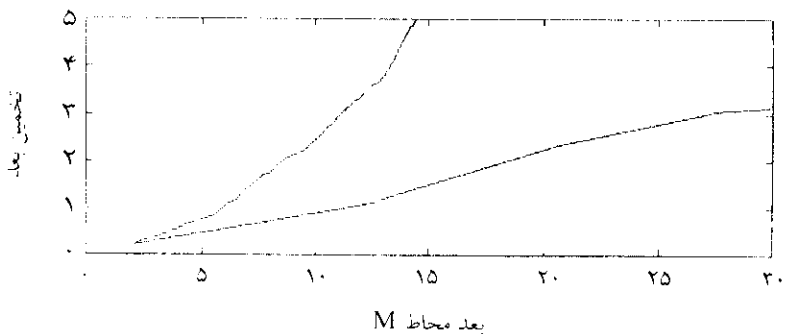
مقدار تخمین زده شده $D_{31}$ برای فرایند مولد قیمت ایران خودرو با افزایش بعد M به مقدار ۳/۳۵ همگرا می‌شود. به منظور ارزیابی نتایج تخمین بعد همبستگی (D) با استفاده از اطلاعات سری زمانی اصلی، سری زمانی جدیدی ایجاد می‌گردد. این سری جدید با تغییر جایگاه داده‌ها و جایگذاری تصادفی آنها در سری اصلی ساخته می‌شود. فرایند به‌هم ریختن سری زمانی اصلی موجب ایجاد سری جدیدی می‌شود. با خواص احتمالاتی (گشتاورها) برابر با سری اصلی، جایگذاری تصادفی داده‌ها، هر نوع وابستگی احتمالی موجود بین داده ها را در سری جدید به‌هم زده، مغشوش می‌کند. در صورت وجود وابستگی بین داده ها در سری زمانی اصلی، برای سری زمانی جدید شیب انتگرالهای همبستگی افزایش خواهد یافت و D بزرگتری به‌دست می‌آید (به خاطر از دست رفتن ساختار موجود دراطلاعات سری جدید). اگر فرایند سری زمانی اصلی تصادفی باشد، D محاسبه شده برای سری زمانی جدید در هم ریخته تغییر چندانی نخواهد کرد[۳۱]. تغییرات D برای اطلاعات مربوط به سری زمانی اصلی وسری زمانی جدید در هم ریخته در شکل ۱۲مشاهده می‌شود.



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱۲** تغییرات D مربوط به سری زمانی اصلی و سری زمانی در هم ریخته (ایران خودرو)

با مشاهده مقادیر بعد همبستگی ($D_M$) مربوط به سری اصلی و سری زمانی تصادفی، اختلاف بین آنها بیشتر از ۱۰ درصد به‌دست می‌آید. مفهوم آن این است که ممکن است ساختاری غیرخطی ولی غیر تصادفی در سری زمانی اصلی دیده شود. وجود ساختار غیر تصادفی در فرایند مولد قیمت (بازده) سهام ایران خودرو مؤید این نظریه است که شاید بتوان با افزایش M ساختار این فرایند را بازسازی کرد و در واقع با استفاده از اطلاعات گذشته و مدلی مناسب، فرایند پیش‌بینی را انجام داد. در مورد بقیه شرکتها نتایج زیر به‌دست آمد:

**جدول ۲** مقادیر بعد همبستگی ($D_M$) مربوط سری زمانی بازده

| توسعه‌صنایع‌بهشهر | شهد - ایران | کیمیدار | کابل البرز | ایران خودرو | (TEPIX) |
|---|---|---|---|---|---|
| $D_M = ۳/۴۵$ | $D_M = ۳/۱۵$ | $D_M = ۲/۹۶$ | $D_M = ۲/۸۵$ | $D_M = ۳/۳۵$ | $D_M = ۱/۷۲$ |

مشاهده می‌شود که بعد همبستگی $D_M$ برای سری زمانی مولد قیمت سهام ایران خودرو بیشترین و برای سری زمانی (TEPIX) کمترین مقدار را داراست و بنابر این پیچیدگی سیستم مولد سری زمانی سهام ایران خودرو از بقیه بیشتر است و در نتیجه مدلسازی و پیش‌بینی این سهم مشکلتر خواهد بود. در مورد سیستم مولد سری زمانی (TEPIX) این بحث معکوس است و استفاده از روشهای مدلسازی و پیش‌بینی برای (TEPIX) می‌تواند ساده‌تر و با کارایی بیشتر صورت پذیرد. این امر با ایده تشکیل سبدی از سهام شرکتهای مختلف همخوانی دارد، چون (TEPIX) دارای نوسانات کمتر است و ریسک کمتری را به



www.SID.ir

Archive of SID



همراه دارد.

### ج- تحلیل بزرگترین نمای لیاپونوف

نمای لیاپونوف (طیف لیاپونوف)، امروزه به عنوان یکی از مفیدترین ابزارهای تشخیص فرایندهای دینامیکی آشوبگونه شناخته شده است . نمای لیاپونوف، متوسط نمای فرایندهای دینامیکی است و نرخ واگرایی و یا همگرایی مسیرهای حالت را در فضای فاز نشان می‌دهد. واگرایی مسیر حالت نشان‌دهنده آن است که یک سیستم با تفاوتهای جزئی در شرایط اولیه، با گذشت زمان دارای مسیرهای حالتی بسیار متفاوت با هم است و قابلیت پیش‌بینی در این گونه فرایندها به سرعت از بین می‌رود. طبق تعریف، هر سیستمی با داشتن حداقل یک نمای لیاپونوف مثبت، سیستمی‌آشوبگونه است. عکس اندازه نمای مربوطه متناسب با زمانی است که بعد از آن زمان، فرایند دینامیکی غیر قابل پیش‌بینی خواهد شد. برای سیستمهایی که معادلات حرکت آنها مشخص و شناخته شده است، روش سرراستی برای محاسبه نماهای لیاپونوف وجود دارد. این روش برای سریهای زمانی قابل استفاده نیست. تحلیل نمای لیاپونوف معیاری است برای اندازه گیری میزان همگرایی یا واگرایی مسیرهای نزدیک به هم در فضای فاز که توسط بردارهای M- حافظه به‌وجود آمده‌اند. در این روش نیز ابتدا ماتریس مربوط به بردارهای M- حافظه را به منظور تجدید ساختار فرایند تولید قیمت تشکیل داده، از میان این ماتریس، تمام جفت بردارهایی که در رابطه زیر صدق می‌کنند مشخص می‌شوند:

$$r_o(M;i,j)=\left\|X_i^M - X^M\right\| < r \qquad (۶$$

r یک عدد کوچک مثبت و $\|.\|$ یک متریک است. در اینجا از معیار فاصله اقلیدسی استفاده شده است. در این رابطه، نقاط نزدیک به هم درفضای M بعدی انتخاب می‌شوند. با شیفت دادن نقاط نزدیک به هم، به جلو ( شناخته شده با فرمول زیر) در سری اصلی به اندازه n مرحله، محاسبات زیر انجام می‌شود:

$$r_n(M;i,j)=\left\|X_{i+n}^M - X_{j+n}^M\right\|,\ d_n(M;i,j)=\frac{r_n(M;i,j)}{r_o(M;i,j)},\ L(M,n)=\frac{\sum_{i\neq j} ln\, d_n(M;i,j)}{T(T-1)} \qquad (۷$$



www.SID.ir

Archive of SID



اگر نقاط نزدیک به هم به ازای n بزرگتر از صفر از یکدیگر جدا شوند $d_n(M;i,j)$ از یک بزرگتر خواهد شد.

مقدار مثبت L بیانگر عدم همبستگی بین حالتهای نزدیک در جذب کننده غیرخطی متناظر با فرایند قیمت سهام است. مقدار مثبت L نشانگر رفتاری آشوبگونه است و بنابراین ارزیابی بلندمدت حالت اولیه غیرقابل پیش‌بینی است. روش تحلیل نمای لیاپونوف نشان دهنده نقاط واگرا در فضای فاز و یا معرف میزان حساسیت فرایند به شرایط هر نقطه در فضای فاز است. برای یک جذب کننده غیرخطی آشوبگونه، مقدار L از صفر بزرگتر است.

روش تحلیل نمای لیاپونوف به اطلاعات مربوط به سهام شرکتهای شهد - ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و همچنین (TEPIX) اعمال شده است، در اینجا فقط به ذکر نتایج مربوط به فرایند مولد قیمت سهام کیمیدارو به ازای مقادیر M از ۳ تا ۸ و شیفت زمانی n، از ۱ تا ۱۰۰ اکتفا شده است.

عکس مقادیر تخمینی نمای لیاپونوف معرف زمانی است که تأثیر اطلاعات پس از این زمان از بین رفته و استفاده از اطلاعات گذشته در فرایند پیش‌بینی، بهبودی حاصل نخواهد کرد. در مورد سهام کیمیدارو به ازای $M = 8$ تأثیر اطلاعات گذشته پس از ۲۰ روز از بین می‌رود.

**جدول ۳** مقادیر مربوط به تخمین نمای لیاپونوف مربوط سری زمانی بازده

| توسعه‌صنایع‌بهشهر | شهد - ایران | کیمیدار | کابل البرز | ایران خودرو | (TEPIX) |
|---|---|---|---|---|---|
| L = ۰/۱۱ | L = ۰/۰۰۵ | L = ۰/۰۵ | L = ۰/۰۰۳ | L = ۰/۰۵ | L = ۰/۰۰۰۷ |

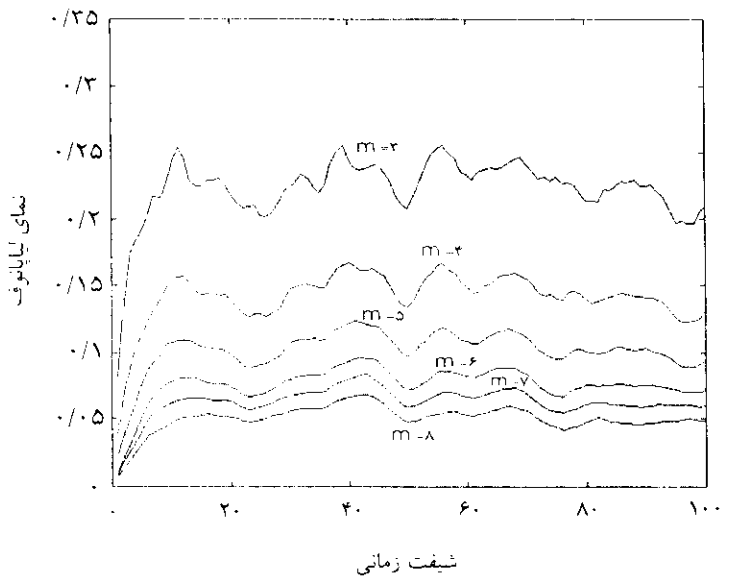
مقدار L در کلیه سهامها مثبت است. این امر نشانگر رفتاری آشوبگونه است. بنابراین ارزیابی بلندمدت حالت اولیه غیرقابل پیش‌بینی است؛ اما در عین حال با توجه به شکل ۱۲ دیده می‌شود که با افزایش بعد محاط - به معنای استفاده بیشتر از داده های قبلی - مقدار L کاهش می‌یابد. بنابراین استفاده از اطلاعات گذشته می‌تواند در پیش‌بینی آینده مؤثر باشد (عدم کارایی).



www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۱۳** نمای لیاپونوف مربوط به‌سهام کیمیدارو به‌ازای مقادیرM از۳ تا۸ و شیفت‌زمانی از ۱ تا ۱۰۰



## ۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق موضوعات مختلفی متناسب با مقوله پیش‌بینی‌پذیری مورد بحث و بررسی قرار گرفت و ابزارهایی برای بررسی پیش‌بینی‌پذیری فرایند مولد سری زمانی قیمت (بازده) معرفی گردید. آنگاه نتایج حاصل از اعمال این الگوریتمها بر روی سری زمانی قیمت (بازده) سهام شرکتهایی در بورس تهران آورده شد، چگونگی شناسایی ماهیت فرایند مولد قیمت- به صورت سری زمانی- از سه دیدگاه تحلیل R/S، تخمین بعد همبستگی فرایند و تخمین نمای لیاپونوف بیان گردید، ضمن ارائه نتایج حاصل از اعمال هر یک از این تحلیلها به سهام مربوط، مفاهیم راجع‌به هر تحلیل تفسیر گردید. از وجود اثر حافظه درازمدت در اطلاعات مربوط به بازده روزانه سهام شرکتها، ماهیت غیرتصادفی فرایند مولد قیمت سهام مزبور، میانگین حافظه درازمدت و آشوبگونه بودن ضعیف فرایند مولد قیمت سهام نتیجه گیری شد که با وجود این خاصیت، تنها پیش‌بینی و تخمین کوتاه مدت قیمت سهام مقدور است. همچنین



www.SID.ir

Archive of SID



پیچیدگی این فرایندها محرز گردید، به این معنا که با استفاده از قیمتهای گذشته به تنهایی نمی‌توان پیش‌بینی مطلوبی صورت داد و باید تأثیر عوامل دیگری مانند نرخ بهره بانکی، بازار ارز، طلا و سیاستهای کلان اقتصادی را نیز در نظر گرفت.

طبق نتایج به‌دست آمده در مجموع، قابلیت پیش بینی برای سری زمانی مولد قیمت سهام توسعه صنایع بهشهر، کمترین و برای سری زمانی (TEPIX) بیشترین مقدار را دارا است و بنابراین وجود اطلاعات و حافظه دراز مدت در سیستم مولد سری زمانی (TEPIX) از بقیه بیشتر است و استفاده از روشهای مدلسازی و پیش بینی برای (TEPIX) می‌تواند ساده‌تر و با کارایی بیشتر صورت پذیرد. البته با توجه به اینکه سری زمانی (TEPIX) از میانگین‌گیری وزن یافته کلیه شرکتهای عضو بورس تهران به‌وجود می‌آید و از دیدگاه تئوری فیلترها، عمل میانگین‌گیری مانند فیلتری عمل می‌کند که مانع از عبور مؤلفه‌های با فرکانس بالا و یا نوسانات بزرگ می‌شود، این امر قابل پیش‌بینی بود.

در صورت وجود سیستمهای پشتیبان تصمیم‌گیری[1] در بازار بورس تهران و نیز استفاده از روشهای مدلسازی و پیش بینی تحلیلی، می‌توان از روشهای گفته شده در این مقاله به عنوان پیش پردازشهایی جهت تعیین ورودیهای مدلهای پیش‌بینی، میزان اعتبار داده‌های گذشته در فرایند پیش‌بینی، و میزان گام رو به جلو برای پیش‌بینی استفاده کرد.

اگر تحلیل صورت گرفته در این تحقیق بر روی شاخص هر صنعت انجام گیرد و سپس مقایسه به عمل آید می‌توان نتایج جالب توجهی به‌دست آورد.

## ۶- منابع


[1] Granger, C.W.J., "Forecasting Stock Market Prices: Lessons For Forecasters", Working Paper, University of California, San Diago, Department of Economics, 1991.

[۲] جهانخانی، علی و عبده تبریزی، حسین، نظریه بازار کارای سرمایه، تحقیقات مالی، سال اول، شماره۱، زمستان ۱۳۷۲.

[3] Galotti, M., Schiantarelli, F., "Stock Market Volatility and Investment: Do Only Fundamentals Matter?", Economica, No.242, 1994.

[4] Conrad, J. S., Hameed, A., Nidlen, C., "Volume and Auto-Covariances in Short-Horizon Individual Security Returns", Journal of Finance, No. 4, 1994.


1. decision support systems



www.SID.ir

Archive of SID



[5] Kim, M. J., Nelson, C.R., Startz, R., "Mean Reversion in Stock Prices? A Reappraisal of the Empirical Evidence", Review of Economic Studies, Vol.58 (3), No.195, 1991.

[6] Mankiw, N. G., Romer, D., Shapiro, M. D., "Stock Market Forecastability and Volatility: A Statistical Apprasial", Review of Economic Studies, Vol. 58, No.195.

[7] Stengos, T., Panas, E., "Testing the Efficiency of the Athens Stock Exchange: Some Results form the Banking Sector", Empirical Economics, 17 (2), 1992.

[8] Harvey, C.P., Whaley, R.E., "Market Volatility and the Efficiency to the S&P 100 Index option Market", Journal of Financial Economics, 31 (1), 1992.

[9] Sounders, E. M., "Testing the Efficient Market Hypothesis without Assumptions", Jornal of Portfolio Management, 20 (4), 1994.

[10] Pikoulakis, E., Mills, T. C., "The Random Walk Hypothesis of the Exchange Rate: Implication for Risk Premium", Economic Letters, 1994.

[11] Fama. E. F., "Efficient Capital Market: A Review of Theory and Empirical Work", The Journal of Finance, No.2, 1970.

[۱۲] خالوزاده، حمید، مدلسازی غیرخطی و پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس تهران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرّس، تهران، ۱۳۷۷.

[۱۳] خالوزاده، حمید؛ خاکی صدیق، علی؛ لوکس، کارو، پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس تهران با استفاده از مدلهای خطی و غیر خطی، مجله علمی- پژوهشی مدرّس، دانشگاه تربیت مدرّس، ۱۳۷۷.

[14] Hurst, H. E., "Long -term Storage of Reservoirs", Transactions of the American Seociety of Civil Engineers, vol.116, 1951.

[15] Blank, S. C, "Chaos in Future Markets? A Nonlinear Dynamical Analysis", The Journal of Futures Markets,11, 1991.

[16] Brock W. A., Hsieh D. A., Lebaron B., "Nonlinear Dynamics Chaos and Instability Statistical and Economic Theory", MIT Press, Massachusetts, 1992.

[17] Benettin G., Galgani, L., Giorgilli, A. and Strelcyn, J.M., "Lyapunov Characteristic Exponents for Smooth Dynamical Systems and for Hamiltonian Systems: A Method for Computing All of Them", Meccanica 15, 9, 1980.

[18] Shaw, R., "Strange Attractor, Chaos Behavior and Information Flow", Z. Naturforsch, 36A, 80,1981

[19] Khaloozadeh, H., Khaki Sedigh, A., "Long Term Prediction of Tehran Price



www.SID.ir

Archive of SID



Index (TEPIX) Using Neural Networks", IFSA/NAFIPS2001, Vancouver, Canada, July 2001.[20]

[20] Tan, H., Prokhorov, D., Wunsch, D., "Conservative Thirthy Calender Stock Prediction Using a Probabilistic Neural Network", IEEE/IAFE Conference on Computational Intelligence for Financial Engineering, Piscataway, NJ, USA, 1995.

[21] Oseledec V. I., "A Multiplication Ergodic Theorem. Lyapunov Characteristic Numbers for Dynamical Systems", Trans. Moscow Math. Soc.19, 197, 1968.

[22] Hinich M. J., Patterson D. M., "Evidence of Nonlinearity in Daily Stock Returns", Journal of Bussines and Economics Stat.,3,1, 1985.

[23] Cheinkman J., LeBaron B., "Nonlinear Dynamics and Stock Returns", Journal of Business, 62, 3, 1989.

[24] Sakai H., Tokumaru H., "Auto Correlations of a Certain Chaos", IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing ASSP-28, 1980.

[۲۵] خالوزاده، حمید؛ خاکی صدیق، علی؛ لوکس، کارو، آیا قیمت سهام در بازار بورس تهران قابل پیش‌بینی است؟ (کاربرد موردی تحلیل R/S برای سهام شهد - ایران)، مجله تحقیقات مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، شماره ۱۱ و ۱۲، تابستان و پاییز ۱۳۷۵

[۲۶] ---------- ، نگرشی نو به قابلیت پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس تهران، مجله علمی - پژوهشی تحقیقات اقتصادی، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران، پاییز ۱۳۷۷.

[۲۷] ---------- ، بررسی قابلیت پیش‌بینی نوسانات قیمت سهام در بازار بورس تهران (تخمین بعد همبستگی)، مجله علمی- پژوهشی استقلال، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۸.

[۲۸] ---------- ، بررسی روند نوسانات قیمت سهام در بازار بورس، کنفرانس بین المللی مهندسی برق ایران، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران، ۱۳۸۰.

[29] Grassberger P., Procaccia I., "Characterization of Strange Attractors", Phys. Review Letters,50, 1983.

[30] Takens, F., "Detecting Strange Attractors in Turbulence", Springer-Verlag, Berlin, 1980.

[31] Brock, W. A., Dechert, W., Scheinkman, J., "A Test for Independence Based on the Correlation Dimension", Working Paper, Madison, University of Wisconsin,



www.SID.ir