

## مدلسازی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با در نظر گرفتن حافظه بلندمدت و تغییرات ساختاری

نسرین علیخانی<sup>۱</sup>، فاطمه عزیززاده\*

<sup>۱</sup> دانشکده علوم مالی، دانشگاه خوارزمی

**چکیده:** با توجه به اهمیت مدل‌سازی سری‌های زمانی در مباحث مالی و ویژگی‌های متنوع و متفاوت این سری‌ها، در سال‌های اخیر تحقیقات به سمت یافتن مدل‌هایی با انعطاف بالاتر معطوف شده است. در این پژوهش، علاوه بر لحاظ کردن همبستگی‌های خطی و ناهمسانی واریانس شرطی، به بررسی دو ویژگی حافظه بلندمدت و شکست‌های ساختاری بر روی داده‌های روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از تاریخ ۱۳۸۷/۹/۱۶ تا ۱۳۹۴/۳/۱۹ پرداخته‌ایم. نتایج بررسی‌ها وجود ویژگی حافظه بلندمدت و شکست‌های ساختاری را در بازه شاخص کل نشان می‌دهد. همچنین مقایسه مدل‌های مختلف نشان داد که نادیده گرفتن هر کدام از این ویژگی‌ها، بر نتایج مدل‌سازی تأثیرگذار است و مدلی که در آن هر دو ویژگی لحاظ شده باشد میانگین مربعات خطای کمتری دارد. نتیجه دیگر این بررسی این بود که وجود نقاط تغییر در پاسخ آزمون‌های حافظه بلندمدت تأثیرگذار است و گاهی موجب تفسیر اشتباه نتایج و انتخاب مدل نامناسب می‌شود، همچنین آزمون‌های تشخیص تغییر الگو نیز نیازمند تأیید ثانویه هستند. علاوه بر این نتایج نشان داد که بازار بورس تهران در دوره‌های مختلف بین کارایی و ناکارایی در نوسان بوده و یک بازار تطبیقی است.

**کلمات کلیدی:** حافظه بلندمدت، شکست ساختاری، سری زمانی مالی

### ۱ مقدمه

در دنیای امروز رفتار بسیاری از پدیده‌ها و رویدادها با استفاده از مطالعه داده‌های سری‌های زمانی قابل بررسی است و مسلماً دستیابی به مدلی که مشاهدات از آن پیروی می‌کند دارای اهمیت بسیار زیادی است. در مورد سری‌های زمانی مالی مطالعات نشان داده است که این سری‌ها دارای ویژگی‌های متنوع و جالبی همچون اثر اهرمی، رفتار خوشه‌ای تلاطم، دم‌پهن بودن توزیع، ناهمسانی واریانس و ... می‌باشند و همواره تلاش بر این است که مدلی که برای مدل‌سازی انتخاب می‌شود بتواند تعداد بیشتری از این ویژگی‌ها را در خود منعکس کند. وجود ویژگی حافظه بلندمدت و وجود رژیم‌ها و الگوهای متفاوت در مشاهدات از دیگر ویژگی‌های این سری‌هاست که علت آن را می‌توان تأثیر اخبار سیاسی و اجتماعی مختلف بر بازارهای مالی دانست. از جمله مدل‌های چندرژیمه، مدل‌های نقطه تغییر و مارکف سوئیچ هستند. در

\* سخنران

مدل‌های نقطه تغییر فرض می‌شود که مشاهدات به صورت دسته‌ای از الگوهای مختلف پیروی می‌کند و در مدل‌های مارکف سوئیچ ترکیبی از الگوهای متفاوت یک مدل برای مشاهدات می‌سازند. بیشتر تحقیقات گذشته دو ویژگی حافظه بلندمدت و چند رژیم بودن را به صورت جداگانه بررسی کرده‌اند. در این مقاله سعی داریم یک مدل مناسب برای شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران (TEPIX)\* به شکلی معرفی کنیم که بتواند هر دو ویژگی را در خود نشان دهد. البته به دلیل امکان تاثیرگذار بودن ویژگیها بر همدیگر لازم است علاوه بر مدل‌سازی مشاهدات و مقایسه آن با مدل‌های دیگر، با تحلیل مناسب به سوالاتی در زمینه کارایی بازار پاسخ گفت.

از جمله تحقیقات داخلی در این زمینه می‌توان به بررسی وجود همزمان حافظه بلندمدت و نقاط زمانی شکست در سری بازده Tepix [5] و مدل‌سازی نوسانات و پیش‌بینی آن تحت تاثیر بحران‌های مالی [3] و همچنین استفاده از مدل ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم یافته‌ی دو متغیره‌ی VAR(1)-GARCH(1,1) در بررسی تاثیر تغییرات ساختاری در نوسانات بازارهای طلا و سهام ایران اشاره کرد. [4] تحقیقات دیگری به بررسی وجود حافظه بلندمدت در بورس اوراق بهادار تهران و مقایسه دقت مدل‌های فراابتکاری و اقتصادسنجی در پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی دارای حافظه بلندمدت [1] و تحلیل حافظه بلندمدت در تلاطم نرخ ارز و بررسی روشهای مختلف برآورد پارامتر حافظه پرداخته‌اند. [2] در تحقیقات خارجی نیز وجود حافظه بلندمدت در بازده سهام آفریقا و آسیا و سهام G7 نشان داده شده است. [6] همچنین تاثیر این ویژگی بر ساختار نوسان و وجود آن در واریانس شرطی نیز مطالعه شده است. [8] همچنین اثرات جعلی حافظه که بر اثر ناپایداری و انباشتگی سری زمانی و یا وجود شکست‌های ساختاری بوده است [9] مورد مطالعه قرار گرفته است و در پیش‌بینی عملکرد مورد مقایسه قرار گرفته است. [7]

### نتایج پژوهش

داده‌های مورد استفاده در پژوهش، شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران (Tepix) در دوره زمانی ۱۳۸۷/۰۹/۱۶ تا ۱۳۹۴/۰۳/۱۹ است و بازده آن طبق رابطه  $r_t = \log \frac{p_t}{p_{t-1}}$  به دست آمده است.

سه حالت برای مدل‌سازی داده‌های شاخص کل در نظر گرفته شده است:

**حالت اول:** مدل‌سازی بدون در نظر گرفتن حافظه بلندمدت و شکست‌های ساختاری

\* Tehran Stock Exchange Main Index

**حالت دوم:** مدل سازی تنها با در نظر گرفتن ویژگی حافظه بلندمدت

**حالت سوم:** مدل سازی با در نظر گرفتن حافظه بلندمدت و شکست های ساختاری

در تمامی مراحل مدل سازی مراحل زیر انجام شده است: بررسی روابط خطی بین مشاهدات، بررسی مانایی با استفاده از آزمون های PP، ADF و KPSS، انتخاب مرتبه مناسب برای مدل با استفاده از معیار اطلاعاتی AIC و چک کردن مدل برازش شده به لحاظ معنادار بودن پارامترها و مانده ها.

در حالت مدل ARMA(1,2)-GARCH(0,3) به بازده برازش شد.

برای حالت دوم از آزمون های تشخیص حافظه بلندمدت همچون R/S، GPH، GSP و MRS استفاده شده است و مدل ARFIMA(1,0.2,1)-FIGARCH(1,0.23,3) برازش شده است.

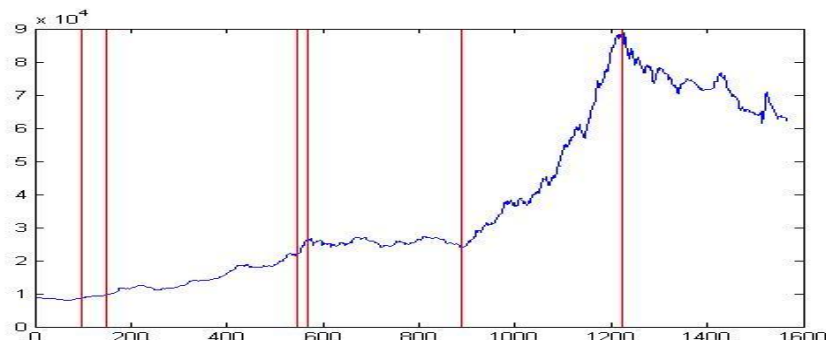
در حالت سوم با استفاده از روش CUSUM مبتنی بر OLS نقاط تغییر شناسایی شده است. البته این روش روی هر سری داده فقط یک نقطه شکست را شناسایی می کند، که در این صورت داده ها به دو زیر بازه تقسیم شده و مجدداً زیربازه ها مورد بررسی قرار گرفتند تا تک تک نقاط شکست شناسایی شود. اجرای آزمون نقاط شکست منجر به شناسایی ۱۶ نقطه تغییر شد. با وجود تاکید داک نگوین\* بریکسان بودن نتایج دو روش CUSUM مبتنی بر OLS و بای-پرون مجدداً در این پژوهش بررسی ها نشان داد که نقاط شناسایی شده تحت تاثیر روش مورد استفاده نیست. با توجه به ۱۶ نقطه شکست بدست آمده، ۱۷ مدل به داده ها برازش شده است:

مدل داده های ۸۷/۰۹/۱۶ تا ۸۸/۰۱/۰۸، ۸۸/۰۲/۲۰ تا ۱۳۸۸/۰۱/۰۸، ۸۸/۰۵/۰۳ تا ۸۸/۰۶/۰۴، ۸۸/۰۸/۱۷ تا ۸۸/۰۸/۱۷، ۸۸/۰۸/۱۷ تا ۸۸/۰۹/۲۵، ۸۸/۰۹/۲۵ تا ۸۸/۱۱/۱۹، ۸۹/۰۱/۳۰ تا ۸۹/۰۱/۳۰، ۸۹/۰۴/۱۴ تا ۸۹/۰۴/۱۴، ۸۹/۰۶/۱۳ تا ۸۹/۰۶/۱۳، ۸۹/۰۹/۲۸ تا ۸۹/۰۹/۲۸، ۸۹/۱۱/۱۲ تا ۸۹/۱۱/۱۲، ۸۹/۱۱/۱۲ تا ۸۹/۱۲/۱۸، ۸۹ نوین سفیدند که معادل کارایی بازار در این دوره های زمانی است.

داده های ۱۳۸۸/۰۵/۰۳ تا ۱۳۸۸/۰۲/۲۰ و ۱۳۸۸/۰۵/۱۷ تا ۱۳۹۱/۰۵/۱۷ و ۱۳۹۰/۰۱/۲۴ تا ۱۳۸۹/۱۲/۱۸ و ۱۳۹۲/۱۰/۱۴ از مدل MA(1) پیروی می کنند. مدل داده های ۱۳۹۰/۰۱/۲۴ تا ۱۳۹۱/۰۵/۱۷، AR(1)-MA(1)-GARCH(0,1)، ۱۳۹۴/۰۴/۱۹ تا ۱۳۹۲/۱۰/۱۴ و مدل داده های FIGARCH(1,0.2,2) است.

نکته جالب توجه اینست که با وجود تایید موقعیت نقاط تغییر در دو روش مورد بررسی، تنها ۶ نقطه منجر به تغییر الگوی مشاهدات شده است که در شکل ۱ نمودار قیمت شاخص کل به همراه موقعیت نقاط شکست ترسیم شده است. نقاط تغییر ساختاری تایید شده در روزهای ۱۳۸۸/۲/۲۰، ۱۳۸۸/۵/۳، ۱۳۸۹/۱۲/۱۸، ۱۳۹۰/۱/۲۴، ۱۳۹۱/۵/۱۷، ۱۳۹۲/۱۰/۱۴ رخ داده اند.

\* Duc NGUYEN



شکل ۱: نمودار قیمت شاخص کل از تاریخ ۸۷/۹/۱۶ تا ۹۴/۳/۱۹ و موقعیت نقاط تغییر

برای مقایسه اینکه در کدام حالت برازش مدل مناسب‌تری به مشاهدات انجام شده است از روش حداقل مربعات خطا استفاده کرده‌ایم. نتایج این مقایسه در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱: مقایسه سه حالت مدل‌سازی

ویژگی‌های مدل‌سازی	کمترین مربعات خطا
بدون در نظر گرفتن حافظه بلندمدت و شکست ساختاری	4.7993e-05
با در نظر گرفتن حافظه بلندمدت	4.7783e-05
با در نظر گرفتن حافظه بلندمدت و شکست ساختاری	3.7009e-05

#### نتیجه‌گیری:

- در مجموع نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان به صورت زیر بیان کرد.
- آزمون‌های  $R/S$ ،  $GSP$ ،  $GPH$ ،  $R/S$  و  $R/S$  تعدیل‌یافته که مربوط به بررسی ویژگی حافظه بلندمدت می‌باشند همگی وجود ویژگی حافظه بلند مدت در شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران (Tepix) را تایید کردند.
- نتایج آزمون  $CUSUM$  مبتنی بر  $OLS$  و روش بای-پرون که برای تشخیص و تعیین نقاط شکست از آن‌ها استفاده می‌شود، نشان می‌دهند که بازده شاخص دارای نقاط شکست ساختاری است.

- در تایید نتایج سایر پژوهش‌های موجود مشاهده کردیم که وجود نقاط تغییر در پاسخ آزمون‌های حافظه بلندمدت تاثیرگذار است و فقط بر اساس پاسخ مربوط به آزمون حافظه بلندمدت نمی‌توانیم به انتخاب مدل مناسب برای سری زمانی بپردازیم.
- همچنین نتایج این پژوهش در جدول ۱ نشان می‌دهد که در نظرگرفتن نقاط تغییر و حافظه بلندمدت در مدل‌سازی اهمیت دارد و کمترین مربعات خطا مربوط به حالتی است که هر دو ویژگی بصورت توأم لحاظ شده باشند.
- از نتایج با اهمیت این مقاله این است که آزمون‌های شناسایی نقاط تغییر نیز مشابه آزمون‌های حافظه بلندمدت کاملاً قابل استناد نیستند و تشخیص و معرفی زمانی به عنوان نقطه تغییر، لزوماً نشانه تغییر الگوی مشاهدات در دو طرف نقطه شناسایی شده نیست. بنابراین برای یک مدل‌سازی مناسب با کمترین خطا پیشنهاد می‌شود که علاوه بر در نظرگرفتن ویژگی‌های نقطه تغییر و حافظه بلندمدت، یک تحلیل نهایی بر روی داده‌ها انجام شود تا درستی آزمون‌های تشخیصی مورد تایید باشد.
- نتایج حاصل از پیاده‌سازی‌ها در حالت سوم نشان می‌دهد که در بخش‌هایی سری بازده یک وایت نویز است که این نکته نشان‌دهنده‌ی کارایی بازار است. بنابراین بورس اوراق بهادار تهران بازاری است که بین دوره‌های کارایی و ناکارایی در تغییر است و یک بازار تطبیقی است.

### مراجع:

- [۱] برزین پور، ف.، ابراهیمی، ب.، هاشمی نژاد، س. و نصر اصفهانی، ح. (۱۳۹۰). مقایسه دقت فرا ابتکاری و اقتصادسنجی در پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی دارای حافظه بلندمدت. نشریه تحقیقات مالی، دوره ۱۳، شماره ۳۱، ۲۶-۱.
- [۲] پرهام، غ. و مسجدی، پ. (۱۳۹۱). تحلیل حافظه بلندمدت در تلاطم نرخ ارز با مدل ناهمگنی شرطی خودهمبسته تعمیم‌یافته انباشته کسری و خطای وارون گاوسی. مجله علوم آماری، جلد ۷، شماره ۲، ۱۶۸-۱۵۱.
- [۳] تهرانی، ر.، حمیدی، آ.، خانعلی پور، ا. و نیکوکار، س. (۱۳۹۳). شکست ساختاری، مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازده سهام توسط مدل‌های GARCH (نمونه موردی: بازار بورس اوراق بهادار تهران)، کنفرانس بین‌المللی حسابداری، اقتصاد و مدیریت مالی.
- [۴] علمی، ز.، ابونوری، الف.، راسخی، س. و شهرازی، م. (۱۳۹۳). اثر شکست‌های ساختاری در نوسانات بر انتقال تکانه و سرریز نوسانات میان بازارهای طلا و سهام ایران، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، سال هشتم، شماره ۲، ۷۳-۵۷.
- [۵] کاشی، م.، فلاح شمس، م. و دنیائی، م. (۱۳۹۲). کاربردی از مدل‌های حافظه بلندمدت و شکست ساختاری با استفاده از رویکرد کمی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۱۶.

- [6] Alagidede, P. (2011), Return Behavior in Africa's Emerging Equity Markets, *The Quarterly Review of Economics and Finance* 51, 133–140.
- [7] Lobato, I.N. and Savin, N.E. (1998). Real and Spurious Long Memory Properties of Stock Market Data, *Journal of Business and Economic Statistics*, 16, 261-268.
- [8] Sonia, R. Bentes. (2014). Measuring persistence in stock market volatility using the FIGARCH approach, Elsevier, *Physica A* 408, 190–197.
- [9] Yusof, F., Kane, I. L. and Yusop, Z. (2013). Structural break or long memory: an empirical survey on daily rainfall data sets across Malaysia, *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 1311–1318.