



## Time-varying long-term Memory in the Tehran Stock Exchange: the Generalized Hurst Exponents and the Rolling Window Approach

Elham Farzanegan\*

Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Nahavand, Nahavand, Iran  
e.farzanegan@nahgu.ac.ir

### Abstract

**Objective:** This study is the first to examine the issue of time-varying long-term memory in the Tehran Stock Exchange, using a new efficiency index through a rolling window technique. To test the robustness of the results, this estimation technique is repeated with time windows with 5-day shifts. Furthermore, the wild bootstrap versions of the Automatic Portmanteau test (AQ) and the Automatic Variance Ratio test (AVR) have been performed with 14- and 5-day shifts.

**Method:** The sample employed in this paper consists of daily observations on the Tehran Stock Exchange Index (TEPIX), covering the period from December 2008 to October 2019, making up a total of 2621 observations. The TEPIX series are collected from the Rahavard Novin software. The hypotheses are analyzed by Excel, EViews, R, and MATLAB software.

**Results:** The findings show that in the Tehran Stock Exchange the estimated values of the generalized Hurst exponents (GHE) for all windows with 14-day shifts are over the efficiency indicator 0/5. Therefore, a kind of long-term memory exists on the Tehran Stock Exchange. Moreover, a high degree of inefficiency ratio is observed in the market. Furthermore, the Tehran Stock Exchange does not become more efficient over time. Finally, the results from the time windows with 5-day shifts as well as wild bootstrap versions of the AQ and AVR tests with 14- and 5-day shifts indicate that the previously-mentioned empirical results are robust. The findings from the study provide important implications for investors, portfolio managers, and policy-makers.

**Keywords:** Time-varying long-term memory, Rolling window approach, Market efficiency, Generalized Hurst Exponents (GHE), Tehran Stock Exchange.

### بررسی حافظه بلندمدت زمان متغیر در بورس اوراق بهادار تهران: رویکرد نماهای هرست تعمیم یافته و پنجره متحرک

متحرک  
الهام فرزانتگان\*

استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه نهاوند، نهاوند، ایران  
e.farzanegan@nahgu.ac.ir

### چکیده

**اهداف:** در این مقاله برای نخستین بار موضوع حافظه بلندمدت زمان متغیر در بورس اوراق بهادار تهران با به کارگیری شاخص کارایی جدیدی از طریق رویکرد از پنجره متحرک بررسی شده است. به منظور بررسی و قوت نتایج، این روش تخمین برای پنجره‌های با تعداد روزهای انتقال ۵ روز نیز انجام و از ورژن بوت استرپ ریسکی آزمون کلی نگر اتوماتیک (AQ) و آزمون نسبت واریانس اتوماتیک (AVR)، برای تعداد روزهای انتقال ۱۴ و ۵ روز نیز استفاده شده است.

**روش:** مجموعه قیمت‌های  $p_t$  استفاده شده در این مقاله شامل ۲۶۲۱ مشاهده روزانه از شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران (TEPIX)، طی دوره زمانی ۱۳۸۷/۹/۲۳ تا ۱۳۹۸/۸/۱ است و از نرم افزار ره آورد نوین گردآوری شده است. فرضیه‌ها با استفاده از نرم افزارهای اکسل، ایویوز، آر و متلب آزمون شده‌اند.

**نتایج:** براساس نتایج، در بورس اوراق بهادار تهران، مقدار به دست آمده از نماهای هرست تعمیم یافته (GHE) برای کلیه پنجره‌ها با روزهای انتقال ۱۴ روز، بیشتر از شاخص کارایی (مقدار ۰/۵) است؛ از این رو، حافظه بلندمدت در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد؛ همچنین، درجه بالایی از نسبت عدم کارایی در این بازار مشاهده شده است و بورس اوراق بهادار تهران در طی زمان کارا تر نشده است. در پایان، نتایج حاصل از تخمین پنجره‌های زمانی با روزهای انتقال ۵ روز و نتایج حاصل از تخمین ورژن بوت استرپ ریسکی آزمون‌های AQ و AVR برای روزهای انتقال ۱۴ و ۵ روز، بر صحت و قوت نتایج تجربی قبلی دلالت دارد. یافته‌های این مقاله برای سرمایه گذاران، مدیران سبد و سیاست گذاران دستاوردهایی نیز دارد.

**واژه‌های کلیدی:** بورس اوراق بهادار تهران، حافظه بلندمدت زمان متغیر، رویکرد پنجره متحرک، کارایی بازار، نماهای هرست تعمیم یافته (GHE).

فاصله زمانی دور می شود و از این رو مشاهدات مستقل از هم نخواهد بود و نوعی خودهمبستگی بین آنها به وجود می آید؛ در نتیجه گذشته به پیش بینی آینده کمک می کند و سرمایه گذاران در بازارهای مالی، سودهای غیرنرمال کسب می کنند؛ بنابراین وجود حافظه بلندمدت در بازده دارایی ها، فرضیه فرم ضعیف کارایی بازار را نقض می کند.

وجود حافظه بلندمدت مشکلات دیگری نیز دارد: حافظه بلندمدت افق زمانی سرمایه گذاری را به فاکتوری ریسکی برای سرمایه گذاران تبدیل می کند (مندلبورت، ۱۹۹۷)؛ زیرا قابلیت پیش بینی ممکن است فقط در بلندمدت وجود داشته باشد. در واقع، تصمیم گیری راجب پس انداز، مصرف بهینه و تشکیل سبد دارایی ممکن است به طرز بالایی به افق سرمایه گذاری حساس شود، چنانچه سری بازده سهام ویژگی وابستگی با دامنه بلندمدت داشته باشد. مشکل دیگر به وجود آمده در شرایط حافظه بلندمدت به قیمت گذاری اوراق مشتقه (از قبیل مدل بلک و شولز<sup>۹</sup> (۱۹۷۳) برای قراردادهای آتی و اختیار معامله) با استفاده از روش های مارتینگال مربوط می شود؛ زیرا اکثر فرآیندهای تصادفی پیوسته در زمان، در شرایط وجود حافظه بلندمدت، در عمل ناسازگار خواهند شد؛ برای نمونه مدل قیمت گذاری اختیار معامله، تحت فرض پیش بینی نشدنی بودن سری بازده قرار دارد. آزمون های مبتنی بر مدل قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای و نظریه قیمت گذاری آربیتراژ (بلک، جنسن و شولز<sup>۱۰</sup>، ۱۹۷۲) هم برای سری های زمانی با ویژگی حافظه بلندمدت، معتبر نیستند. مدل های فوق بر پایه تکنیک های رگرسیون با فرض وجود داشتن همبستگی سریالی در جملات پسماند،

بورس اوراق بهادار تهران به علت فرصت ها و چالش های پیش رو، سالهاست توجه بسیاری از سیاست گذاران، سرمایه گذاران و اقتصاددانان را به خود جلب کرده است. یکی از مهم ترین موضوعاتی که تاکنون در ادبیات مالی رفتاری بسیار گسترده مطالعه و بررسی شده، بحث کارایی بازار است. فرضیه کارایی بازار<sup>۱</sup> (EMH) (مالکیل و فاما<sup>۲</sup>، ۱۹۷۰) یکی از نظریه های بنیادی در تجزیه و تحلیل دارایی های مالی است. در ادبیات، سه فرم از کارایی بازار مطرح شده است. معمول ترین آنها فرم ضعیف کارایی است که طبق آن سرمایه گذاران براساس اطلاعات گذشته به سودهای غیرنرمال سازگاری دست نمی یابند و از این رو سری بازده سهام پیروی فرآیندی از گام تصادفی است؛ یعنی تغییرات قیمت آینده (فردا) تنها اخبار درباره آینده (فردا) را منعکس می کند و به دلیل پیش بینی نشدنی بودن ورود اخبار، تغییرات قیمت ها باید تصادفی باشد.

در ادبیات نشان داده شده است مفهوم حافظه بلندمدت در بازده دارایی های مالی (وابستگی با دامنه بلندمدت<sup>۳</sup> یا ماندگاری<sup>۴</sup>) وجود دارد (مندلبورت<sup>۵</sup>، ۱۹۷۱؛ فاما و فرنچ<sup>۶</sup>، ۱۹۸۸؛ لو و مکینلی<sup>۷</sup>، ۱۹۸۸؛ براک، لاکونیشوک و لبارون<sup>۸</sup>، ۱۹۹۲). حافظه بلندمدت، زمانی اتفاق می افتد که وابستگی آماری در سری بازده قیمت سهام، طی زمان به آهستگی تنزل یابد؛ به بیان دیگر وجود حافظه بلندمدت در بازده دارایی ها، موجب وابستگی معناداری میان مشاهدات و

1. Efficiency Market Hypothesis
2. Malkiel and Fama
3. Long-Range Dependency
4. Persistency
5. Mandelbort
6. Fama and French
7. Lo and Mackinley
8. Brock, Lakonishok, & LeBaron

9. Black and Scholes

10. Black, Jensen, &amp; Scholes

بهادار تهران چندان بررسی نشده است. بر این اساس، در این مقاله هدف گسترش ادبیات پیرامون بورس اوراق بهادار تهران و پرکردن این شکاف است.

بدین منظور، در این مقاله از رویکرد جدید نمای هرست تعمیم یافته<sup>۴</sup> (GHE) استفاده شده است (بارباسی و ویچک<sup>۵</sup>، ۱۹۹۱؛ دی مآتئو، آسته و داکوروگنا<sup>۶</sup>، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵). در مقایسه با سایر روش‌های تخمین نماهای هرست که تاکنون در ادبیات معرفی شده است، نمای GHE کمترین واریانس را حاصل می‌کند و نسبت به مشاهدات دورافتاده، صرف نظر از اندازه نمونه حساسیت کمتری دارد (بارونیک و کریستوفک<sup>۷</sup>، ۲۰۱۰).

همچنین، در ادبیات نشان داده شده است برای مطالعه حافظه بلندمدت و پویایی‌های کارایی در بازارهای مالی، به جای رویکردهای ایستا، باید نوعی رویکرد زمان متغیر استفاده شود (یانقونگ، هی و ویهوا<sup>۸</sup>، ۲۰۱۸)؛ از این رو پویایی‌های کارایی در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رویکرد پنجره متحرک<sup>۹</sup> بررسی می‌شود. بدین منظور، پنجره‌های زمانی مختلفی در نظر گرفته می‌شود؛ به طوری که روزهای پایانی در هر پنجره به روزهای بعدی منتقل می‌شود و نتایج مقبول و تجزیه و تحلیلی استوار<sup>۱۰</sup> به دست می‌آید. قرارداد نمای هرست تعمیم یافته در کنار تکنیک پنجره متحرک را نخستین بار مورالس، دی مآتئو، گراماتیکا و آسته<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۲) پیشنهاد کردند و آن را برای ارزیابی وضعیت ثبات بنگاه‌های مالی در بازار سهام آمریکا به کار بردند. این پژوهشگران

قرار دارند؛ از این رو، در شرایط وجود وابستگی با دامنه بلندمدت، این مدل‌ها در عمل اعتبار آماری نخواهند داشت (لو<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱)؛ به علاوه آزمون‌های تجربی مربوط به فرضیه بازارهای کارا یا فرضیه عقلانیت در بازار سهام، براساس فرض وجود نداشتن حافظه بلندمدت هستند (اندروز<sup>۲</sup>، ۱۹۹۱). وجود حافظه بلندمدت در بازده سهام اعتبار آماری این دسته نظریه‌ها را نیز مخدوش کرده و نشان‌دهنده لزوم تعمیم این نظریه‌ها در شرایط وجود ویژگی حافظه بلندمدت در بازده سهام است.

به طور کلی، بازارهای در حال توسعه از جمله بورس اوراق بهادار تهران، در مقایسه با بازارهای سهام کشورهای توسعه یافته کوچک هستند. اندازه کوچک و نقدینگی اندک این بازارها موجب شده است به موضوع کارایی و تحولات قیمت‌ها در طی زمان در این بازارها توجه شود. در چنین شرایطی، بررسی دقیق رفتار پویای بازده و امکان وجود حافظه بلندمدت در داده‌های بازار اوراق بهادار مطرح می‌شود و ممکن است دستاوردهای مهمی در زمینه کارایی بازار در تعیین قیمت اوراق بهادار برای مدیران سبد، سیاست‌گذاران و پژوهشگران داشته باشد.

از این رو، در این مطالعه برای نخستین بار موضوع حافظه بلندمدت زمان متغیر<sup>۳</sup> در شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران (TEPIX) بررسی می‌شود. طبق مرور ادبیات در بخش مبانی نظری و پیشینه پژوهش، با وجود اینکه در ادبیات، پیرامون این موضوع مطالعات متعددی در دوره‌های زمانی مختلف و برای هر دو دسته بازارهای در حال توسعه و توسعه یافته انجام شده است، رفتار حافظه بلندمدت در طی زمان و پویایی‌های کارایی برای بورس اوراق

4. Generalized Hurst Exponent

5. Barabasi and Vicsek

6. Di Matteo, Aste, & Dacorogna

7. Barunik and Kristoufek

8. Yonghong, He, & Weihua

9. Rolling Window Approach

10. Robust

11. Morales, Di Matteo, & Aste

1. Lo

2. Andrews

3. Time-varying Long-Term Memory

آزمون نسبت واریانس اتوماتیک<sup>۶</sup> (AVR) (چوی<sup>۷</sup>، ۱۹۹۹)، برای تعداد روزهای انتقال ۱۴ و ۵ روز، به کار گرفته می‌شود.

ادامه مقاله به این شرح است: بخش دوم مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام شده در زمینه حافظه بلندمدت و کارایی را معرفی می‌کند. بخش سوم روش پژوهش و مدل نظری استفاده شده در این مقاله را تشریح می‌کند. بخش چهارم داده‌ها و نتایج تجربی را معرفی می‌کند. در ادامه برای بررسی صحت نتایج، از برخی آزمون‌های قوت نتایج نیز استفاده می‌شود. جمع‌بندی، نتیجه‌گیری، دستاوردهای سیاستی، پیشنهادها و کاربردی و پیشنهادها آتی در بخش پنجم گزارش می‌شوند.

### مبانی نظری

حافظه بلندمدت دستاوردهای مهمی برای فرضیه کارایی بازار (EMH) و از این رو نحوه تخصیص دارایی‌های مالی دارد. وجود وابستگی با دامنه بلندمدت بر عدم کارایی بازار و قابلیت پیش‌بینی قیمت‌های آینده سهام دلالت دارد؛ از این رو سال‌هاست پژوهشگران پیرامون موضوع حافظه بلندمدت در سری بازده دارایی‌ها و آزمون فرم ضعیف کارایی بحث و بررسی کرده‌اند. نخستین بار، مندلبورت (۱۹۷۱) به اهمیت وابستگی آماری ماندگار در بازده دارایی‌ها توجه کرد و اعتبار نظریه گام تصادفی را به چالش کشید. به دنبال این یافته، پژوهشگران تلاش کردند تا در مطالعات تجربی خود به نتایجی هم‌راستا با مندلبورت (۱۹۷۱) دست یابند؛ مثلاً گرین و فیلیتز<sup>۸</sup> (۱۹۷۷) ویژگی وابستگی با دامنه بلندمدت را در بازده روزانه بسیاری از اوراق بهادار

معتقدند چنین رویکردی ممکن است در جایگاه شاخصی هشداردهنده برای بحران‌های مالی استفاده شود. اخیراً، جیانگ، نی و رووان<sup>۱</sup> (۲۰۱۸) برای بررسی حافظه بلندمدت زمان متغیر در بازار ارز دیجیتال، نماهای هرست زمان متغیر<sup>۲</sup> را تخمین زده‌اند. یانقونگ، هی و ویهوا (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی حافظه بلندمدت در بازار ارز دیجیتال بیت کوین با استفاده از روش GHE در چارچوب پنجره‌های متحرک را بررسی کرده‌اند. در این مقاله به پیروی از پژوهش‌های تجربی گذشته پژوهشگران و با تأکید بر متدولوژی یانقونگ، هی و ویهوا (۲۰۱۸)، حافظه بلندمدت زمان متغیر و پویایی‌های کارایی در بورس اوراق بهادار تهران تجزیه و تحلیل شده است.

لازم به ذکر است، بازه زمانی در نظر گرفته شده در این پژوهش، شامل دوره‌هایی با بی‌ثباتی‌های اقتصادی و سیاسی متعدد صورت گرفته از جانب عوامل متعددی از جمله تحریم‌های آمریکا و غرب علیه ایران و کاهش شدید قیمت نفت ایران، است؛ از این رو نتایج این پژوهش به نوعی تأثیر این بی‌ثباتی‌ها بر کارایی بازار اوراق بهادار ایران را نیز مشخص می‌کند. شاخص کارایی زمان متغیر معرفی شده در این پژوهش به ویژه ممکن است در زمینه تجزیه و تحلیل آثار حوادث برون‌زا بر سطح کارایی بازار مفید باشد. در پایان، برای اطمینان از استواری نتایج تجربی، حافظه بلندمدت برای پنجره‌های با تعداد روزهای انتقال ۵ روز نیز دوباره ارزیابی می‌شود؛ همچنین ورژن بوت‌استرپ ریسکی<sup>۳</sup> آزمون کلی‌نگر اتوماتیک<sup>۴</sup> (AQ) (اسکانسیانو و لوباتو<sup>۵</sup>، ۲۰۰۹) و

1. Jiang, Nie, & Ruan
2. Time - varying Hurst Exponents
3. Wild Bootstrap
4. Automatic Portmanteau Test
5. Escanciano and Lobato

6. Automatic Variance Ratio Test  
7. Choi  
8. Greene and Fielitz

پذیرفته شده در بورس سهام نیویورک نتیجه گرفتند. چیانگ و لی<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) نشان دادند سری زمانی نشان دهنده رفتار حافظه بلندمدت، دارای ویژگی وابستگی سریالی است. آنها معتقدند وجود شواهدی از حافظه بلندمدت در سری زمانی مالی مشخص می کند برخلاف پیش بینی فرضیه EMH، بازار به طور آنی به اطلاعات جدید واکنش نمی دهد و واکنش به اطلاعات جدید به تدریج و در طی دوره ای از زمان انجام می شود. در مقابل، چو، دنینگ، فریس و نورونها<sup>۲</sup> (۱۹۹۵) به هیچگونه شواهدی مبنی بر وجود حافظه بلندمدت در بازده سهام دست نیافتند.

تاکنون بهترین روش استفاده شده برای اندازه گیری حافظه بلندمدت در سری های زمانی مالی، مؤلفه هرست<sup>۳</sup> (هرست<sup>۴</sup>، ۱۹۵۱) است. در ادبیات، آزمون های متعددی برای تخمین مؤلفه هرست معرفی شده است. نخستین بار هرست (۱۹۵۱) روش R/S<sup>۵</sup> را برای تجزیه و تحلیل وابستگی با دامنه بلندمدت معرفی کرد. این رویکرد را پژوهشگران دیگری تعمیم داده اند (مندلبورت و والیس<sup>۶</sup>، ۱۹۶۹؛ مندلبورت، ۱۹۷۵). لو (۱۹۹۱) استفاده از آماره R/S تعمیم یافته<sup>۷</sup> را برای کشف وابستگی با دامنه بلندمدت در بازار سهام آمریکا پیشنهاد کرد. وی هیچ گونه شواهدی از حافظه بلندمدت را در بازده این بازار نتیجه نگرفت. جویک و پورتر - هاداکی<sup>۸</sup> (۱۹۸۳) روش رگرسیون طیفی<sup>۹</sup> را برای سری بازده شاخص سهام به کار بردند و به هیچ گونه شواهدی از وابستگی با دامنه بلندمدت دست نیافتند.

تعداد بسیاری از پژوهش ها نیز خانواده مدل های خودهمبستگی را برای بررسی حافظه بلندمدت در بازارهای مالی استفاده کرده اند. گرو - چارلز<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۵) سطح معناداری برای فرآیندهای حافظه کوتاه مدت از قبیل MA، AR، ARCH و فرآیند حافظه بلندمدت از قبیل ARFIMA، را با استفاده از رویکرد بوت استرپ بلوک حلقوی و فرآیند پسابلوک کردن<sup>۱۱</sup> محاسبه کرد. آل - یهیاپی، منسی و یون<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۸) با رویکرد چندفراکتالی نوسان های روندزدایی شده<sup>۱۳</sup> (MF DFA)، نتیجه گرفتند بازار ارز دیجیتال در مقایسه با بازارهای سهام، طلا و ارز پایین ترین سطح کارایی را دارد؛ همچنین شواهد بیانگر وجود ویژگی های حافظه بلندمدت و چندفراکتالی در همه این بازارها است. منسی، جانگکی لی، آل - یهیاپی، سنسوی و مین یوون<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۹) شواهدی از شکست ساختاری، حافظه بلندمدت و چندفراکتالی نامتقارن را در بازارهای بیت کوین و اتریم<sup>۱۵</sup> یافتند. آل - یهیاپی، منسی، کو، یون و کانگ<sup>۱۶</sup> (۲۰۲۰) نوسان های چندفراکتالی، فرآیند حافظه بلندمدت و فرضیه کارایی برای شش پول رمزنگاری شده<sup>۱۷</sup> مهم را (ارز دیجیتال بیت کوین، ارز دیجیتال لایت کوین<sup>۱۸</sup>، ارز دیجیتال مونرو<sup>۱۹</sup>، ارز دیجیتال دش<sup>۲۰</sup> و ارز دیجیتال ریپل<sup>۲۱</sup>) با رویکرد MF DFA زمان متحرک<sup>۲۲</sup> مطالعه کردند. نتایج تجربی نشان می دهد در همه این بازارها شواهدی از

10. Grau - Carles

11. Post - Blackening Circular Block Bootstrap

12. Al-Yahyaee, Mensi, & Yoon

13. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MF DFA)

14. Mensi, Jung Lee, Al - Yahyaee, Sensoy, & Min Yoon

15. Ethereum

16. Al - Yahyaee, Mensi, Yoon, & Kang

17. Cryptocurrencies

18. Litecoin

19. Monero

20. Dash

21. Ripple

22. time-rolling MF DFA Approach

1. Cheung, and Lai

2. Chow, Denning, Ferris, & Noronha

3. Hurst Exponent

4. Hurst

5. Rescaled Range (R/S) Approach

6. Mandelbrot and Wallis

7. Modified Rescaled Range (R/S) Approach

8. Geweke and Porter - Hudak

9. Spectral Regression

نوسان پذیری بازده مقطعی سهام شرکت‌ها در ایالات متحده آمریکا وجود دارد و برای حافظه بلندمدت قیمت گذاری منفی است. موضوع حافظه بلندمدت و کارایی برای سایر بازارها نیز با روش GHE بررسی شده است (Fan, Lv, Yin, Tian and Liang, ۲۰۱۹؛ فرناندس و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۲۰).

در کشورهای در حال توسعه، رویکردهای دیگری نیز برای تخمین مؤلفه هرست معرفی شده است. سادیق و سیلوپول<sup>۷</sup> (۲۰۰۱) مؤلفه حافظه بلندمدت در بازده سهام هفت کشور ژاپن، کره، نیوزیلند، مالزی، سنگاپور، آمریکا و استرالیا را بررسی کرده‌اند. نتایج تجربی حاصل از آزمون‌های نیمه پارامتریک هوداک<sup>۸</sup> (GPH)، آزمون نمره نسبت به فراوانی<sup>۹</sup> و آزمون نمره نسبت به زمان<sup>۱۰</sup> نشان می‌دهد بازده سهام کشورهای کره، مالزی، سنگاپور و نیوزیلند با دامنه بلندمدت وابستگی دارند و در نتیجه ناکارا هستند. کاستا و واسکونسولوز<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۳) اثر حافظه‌ای که تا شش ماه طول می‌کشد را در بازار سهام برزیل یافته‌اند. بارکولاس، بام و تراولوس<sup>۱۲</sup> (۲۰۰۰) و پاناس<sup>۱۳</sup> (۲۰۰۱) شواهدی مبنی بر وجود فرآیند حافظه بلندمدت را در بازار سهام یونان نتیجه گرفته‌اند. تولوی<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۳) و رچی و مارتین<sup>۱۵</sup> (۲۰۱۱) به ترتیب شواهدی از اثر حافظه بلندمدت را در بازار سهام فنلاند و پرتغال یافته‌اند.

ویژگی حافظه بلندمدت و ویژگی چندفراکتالی وجود دارد؛ همچنین ناکارایی این بازارهای ارز رمز پایه طی زمان متغیر است.

اخیراً، پژوهشگران رویکرد جدید نمای هرست تعمیم یافته (GHE) را برای بررسی حافظه بلندمدت در سری‌های زمانی مالی معرفی کرده‌اند. سنسوی<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) کارایی بازارهای سهام منطقه منا<sup>۲</sup> (MENA) با استفاده از GHE و در چارچوب پنجره متحرک را مطالعه کرده است. نتایج تجربی از درجه‌های متفاوتی از وابستگی با دامنه بلندمدت در بازارهای منطقه منا (MENA) حکایت دارد. وی معتقد است حمله اعراب آثار منفی بر کارایی این بازارها داشته است. سنسوی و تاباک<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) با شاخص کارایی جدیدی، عدم کارایی زمان متغیر در چند بازار سهام اروپا را مدل‌سازی کرده‌اند و درجه‌های متفاوتی از حافظه بلندمدت زمان متغیر را در این بازارها نتیجه گرفته‌اند. شواهد تجربی هم نشان‌دهنده آثار نامطلوب بحران مالی سال ۲۰۰۸ بر وضعیت کارایی اکثر بازارهای سهام اروپا است. سنسوی و تاباک (۲۰۱۶) با رویکرد GHE، پویایی‌های کارایی بازار سهام و نرخ ارز در کشورهای اجراکننده رژیم سیاست پولی با هدف گذاری تورم و دارای رژیم نرخ ارز شناور را بررسی کرده‌اند. طبق نتایج درجه وابستگی با دامنه بلندمدت بعد از بحران ۲۰۰۸ در بازارهای سهام این کشورها تغییر کرده است و شامل اقتصادهای نوظهور هم می‌شود. بیانچی و پیانسی<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) نیز حافظه بلندمدت را با روش مؤلفه هرست زمان متغیر مطالعه کرده‌اند. در مطالعه‌های تجربی، نوین، پروکوپتوک و سبیرتسن<sup>۵</sup> (۲۰۲۰) نشان داده‌اند حافظه بلندمدت در

6. Fan, Lv, Yin, Tian and Liang  
7. Fernandes, Araujo, Silva, Leite, Lima, Stosic & Ferreira  
8. Sadique and Silvapulle  
9. Hudak's Semiparametric Method  
10. Frequency Domain Score Test  
11. Time - domain Score Test  
12. Costa and Vasconcelos  
13. Barkoulas, Baum, & Travlos  
14. Panas  
15. Tolvi  
16. Rege and Martin

1. Sensoy  
2. Middle - East and North Africa Region (MENA)  
3. Sensoy and Tabak  
4. Bianchi and Pianese  
5. Nguyen, Prokopczuk & Sibbertsen

آساف<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۶) در میان کشورهای مصر، اردن، مراکش و ترکیه، شواهدی از حافظه بلندمدت را در سری بازده کشورهای مصر و مراکش یافته است. موخرجی، سن و سارکار<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۱) ویژگی خودهمبستگی را در بازده سهام بازار هند نتیجه گرفته‌اند. لیو، چنگ، یانگ، یان و لی<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۹) کارایی صندوق‌های سرمایه‌گذاری املاک و مستغلات<sup>۱۳</sup> (REITs) هنگ کنگ را طی زمان، بر مبنای مؤلفه هرست زمان متغیر بررسی کرده‌اند. طبق نتایج در بازار REITs هنگ کنگ، حافظه بلندمدت وجود دارد و طی دوره تحت بررسی این بازار هنوز به فرم ضعیف کارایی خود نرسیده است. پرنالو و توریسی<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۹) با استفاده از رویکرد نمای هرست، درجه‌ای از حافظه بلندمدت را در سری بازده چند بازار نوظهور نتیجه گرفته‌اند. جو و هانگ<sup>۱۵</sup> (۲۰۱۹) مؤلفه‌های GHE را تعیین کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند نوسان‌های مشاهده‌شده در شاخص بورس اوراق بهادار چین<sup>۱۶</sup> (SZSE) ماهیت چندفراکتالی دارد و آن را به همبستگی بلندمدت در سری زمانی شاخص SZSE نسبت داده‌اند.

در سال‌های اخیر، موضوع حافظه بلندمدت در بورس اوراق بهادار تهران را نیز چندین پژوهشگر بررسی کرده‌اند. نیکومرام، سعیدی و غنبرستانی (۱۳۹۰) حافظه بلندمدت در شاخص قیمت و بازده نقدی و شاخص صنعت در بورس اوراق بهادار تهران را آزموده‌اند. نتایج حاصل از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته جزئی بیانگر وجود حافظه بلندمدت در این دو شاخص است. سیدحسینی،

کازویرو و تاباک<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) مؤلفه هرست را با متدولوژی‌های R/S و نسبت واریانس<sup>۲</sup> (V/S)، محاسبه و آزمون وابستگی با دامنه بلندمدت در بازده و نوسان‌پذیری سهام را بررسی کرده‌اند. آنها به این نتیجه رسیدند که سری بازده در بازارهای نوظهور وابستگی با دامنه بلندمدت قوی‌تری را نسبت به اقتصادهای توسعه یافته نشان می‌دهد؛ برعکس درباره نوسان‌پذیری، مقدار نمای هرست برای هر دو گروه بازارهای نوظهور و بازارهای توسعه یافته، به طور شایان توجهی بالا است. بتاچرایا و بتاچرایا<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) با استفاده از آماره R/S، آماره لو<sup>۴</sup>، آماره GPH و فرم تعدیل شده آن، حافظه بلندمدت را برای ده بازار سهام نوظهور مطالعه کرده‌اند. نتایج تجربی بیانگر وجود حافظه بلندمدت در نوسان‌پذیری و بازده این بازارها است؛ همچنین شواهد به دست آمده اثر تیلور را در این بازارها تأیید می‌کند. آل - شبول و انوار<sup>۵</sup> (۲۰۱۶) حافظه بلندمدت در بازده و نوسان‌پذیری شاخص پنج صنعت بانکداری، بیمه، خدمات و شاخص کل بورس سهام عمان را بررسی کرده‌اند. نتایج تجربی حاصل از تکنیک‌های نیمه پارامتریک لگاریتم پریودوگرام<sup>۶</sup> و وایتل محلی<sup>۷</sup> بیانگر وجود حافظه کوتاه مدت در بازده صنایع پذیرفته شده در بورس عمان و وجود حافظه بلندمدت در معیارهای نوسان‌پذیری است؛ به علاوه آنها نشان داده‌اند وجود حافظه بلندمدت به علت شکست‌های ساختاری بوده است. چارفدین و آجمی<sup>۸</sup> (۲۰۱۳) و بلالاه، آلوی و ابوب<sup>۹</sup> (۲۰۰۵) شواهدی از رفتار بلندمدت را در بازار سهام تونس یافته‌اند.

1. Cajueiro and Tabak
2. Rescaled Variance (V/S) Approach
3. Bhattacharya and Bhattacharya
4. Lo Statistic
5. Al - Shboul and Anwar
6. log - Periodogram
7. Local Whittle
8. Charfeddine and Ajmi
9. Bellalah, Aloui, & Abaoub

10. Assaf

11. Mukherjee, Sen, & Sarkar

12. Liu, Cheng, Yang, Yan, & Lai

13. Real Estate Investment Trusts (REITs)

14. Pernagallo and Torrisi

15. Gu and Haung

16. Shenzhen Component Index (SZSE)

دارد. دانیالی و منصورى (۲۰۱۲) و نیکومرام، قایی و علیرضایی (۲۰۰۵) نیز موضوع کارایی بورس اوراق بهادار را بررسی کرده‌اند. در ایران، پدیده حافظه بلندمدت علاوه بر بورس اوراق بهادار تهران برای بازارهای دیگر بررسی شده است. محمودی، محمدی و چیت‌سازان (۲۰۱۰) وجود حافظه بلندمدت را در بازارهای جهانی نفت، بررسی کرده‌اند. دموری و میرزاد (۲۰۱۸) وجود حافظه بلندمدت را در بازده سهام نتیجه گرفته‌اند و با استفاده از الگوی GARCH student - هیچ‌گونه ارتباطی بین نرخ ارز و بازده سهام پیدا نکرده‌اند.

برخلاف مطالعات خارجی مربوط به بازارهای نوظهور و مطالعات داخلی فوق که حافظه بلندمدت و کارایی در بازارهای مالی را با رویکردهای ایستا بررسی کرده‌اند، در این مقاله از یک رویکرد زمان متغیر استفاده شده است. در واقع، به جای رویکردهای آماری مشهور R/S (هرست، ۱۹۵۱) و R/S تعدیل شده (لو، ۱۹۹۱)، از رویکرد جدید نمای هرست تعمیم‌یافته (GHE) استفاده شده است. این رویکرد را نخستین بار بارباسی و ویچک (۱۹۹۱) معرفی و دی‌ماتئو، آسته و داکوروگنا (۲۰۰۳ و ۲۰۰۵) هم از آن استفاده کرده‌اند. برخلاف روش R/S که ویژگی وابستگی بلندمدت را از ویژگی وابستگی کوتاه مدت متمایز نمی‌کند، رویکرد GHE در کنار داشتن حساسیت به نوع وابستگی در داده‌ها، چارچوب ساده‌ای نیز دارد. در مقایسه با آماره R/S، رویکرد GHE با مقادیر بیشینه و کمینه داده‌ها سروکاری ندارد و نسبت به مشاهدات دورافتاده حساسیت کمتری دارد؛ با این حال، اغلب مطالعات تجربی نشان از به‌طور نرمال توزیع نشدن بازده سهام و ویژگی دنباله پهن<sup>۲</sup> آن دارد. بارونیک و کریستوفک (۲۰۱۰) با

باباخانی، هاشمی‌نژاد و ابراهیمی (۲۰۱۳) با رویکرد بوت‌استرپ، پارامتر حافظه بلندمدت در شاخص قیمت روزانه بورس اوراق بهادار تهران را طی دوره زمانی دسامبر ۲۰۰۶ تا ژوئن ۲۰۱۰ تخمین زده‌اند. نتایج تجربی از بهبود تخمین این پارامتر حکایت دارد. موسوی شیری، وقفی و آهنگری (۲۰۱۴) با استفاده از الگوی ARFIMA وجود حافظه درازمدت را در شاخص کل قیمت صنعت داروسازی نتیجه گرفته‌اند. محقق‌نیا، کاشی، دلیری و دنیایی (۲۰۱۵) با مدل‌های GSP<sup>۱</sup>، GPH و ARFIMA، وجود حافظه بلندمدت را در میانگین شرطی و واریانس شرطی شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران نتیجه گرفته‌اند و طبق یافته‌های آنها بازار اوراق بهادار تهران، از نظر سرعت انتقال اطلاعات، بازاری کارا نیست. برکیش (۲۰۱۵) با استفاده از روش‌های R/S، GPH و تعدادی آزمون‌های نیمه پارامتریک و ناپارامتریک نشان داده است حافظه بلندمدت در سری زمانی بازده شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد و به علت وجود شکست‌های ساختاری طی دوره زمانی پژوهش بوده است. کمیجانی، نادری و علیخانی (۲۰۱۵) وجود حافظه بلندمدت در بازده و نوسان‌های شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران را با کمک مدل FIGARCH - ARFIMA(1,2) بررسی کرده‌اند. نتایج تجربی حاصل از برازش، حاکی از وجود حافظه بلندمدت در میانگین و واریانس سری مذکور است. مولایی و بهمنی (۲۰۱۵) با الگوی ARFIMA شواهدی از حافظه بلندمدت را در بورس اوراق بهادار تهران نتیجه گرفته‌اند. کارنامه حقیقی و رستمی (۲۰۱۹) دریافته‌اند نظریه ارزش فرین و الگوی FIAPARCH برای سنجش ارزش در معرض خطر و حافظه بلندمدت در بازار سهام ایران، اعتبار مناسب

2. Fat-Tail

1. Gaussian semi - parametric (GSP)



روش های تجزیه و تحلیل نسبت R/S، تجزیه و تحلیل چند فراکتلی نوسان های روندزایی شده (MFDFA)، میانگین متحرک روندزدا<sup>۱</sup> (DMA) و رویکرد نمای هرست تعمیم یافته (GHE)، نمای هرست در سری های زمانی مستقل با ویژگی دنباله های سنگین<sup>۲</sup> را تخمین زده اند و نشان داده اند به طور کلی رویکرد GHE در مقایسه با سایر روش ها نسبت به وجود دنباله های پهن در فرآیندهای تصادفی سری های زمانی استوار است و واریانس پایین تری را نیز حاصل می کند.

به هر حال، براساس بررسی ها، حافظه بلندمدت زمان متغیر و پنجره متحرک، هرگز پیش از این برای بورس اوراق بهادار تهران مطالعه و بررسی نشده است. در ایران، تنها رئوفی و محمدی (۲۰۱۷) از رویکرد پنجره متحرک برای بررسی وضعیت کارایی بورس اوراق بهادار طی زمان، استفاده کرده اند؛ اما وجود حافظه بلندمدت در بازده بورس اوراق بهادار تهران را از طریق آزمون های R/S، R/S تعدیل شده و GPH نتیجه گرفته اند. قرارداد نمای هرست تعمیم یافته در کنار تکنیک پنجره متحرک را نخستین بار مورالس، دی ماتئو، گراماتیکا و آسته (۲۰۱۲) پیشنهاد داده اند و آن را برای ارزیابی وضعیت ثبات بنگاه های مالی در بازار سهام آمریکا به کار برده اند. این پژوهشگران معتقدند چنین رویکردی ممکن است در جایگاه شاخصی هشداردهنده برای بحران های مالی استفاده شود. برای بازار سایر کشورها، سنسوی و هاکی هاسانوگلو<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) نیز به منظور بررسی وجود حافظه بلندمدت در بین چند قرارداد آتی انرژی، نماهای هرست زمان متغیر را تخمین زده اند. مطالعه آنها دیدگاه جدیدی را در ادبیات، در زمینه مطالعه کارایی بازار دارایی های مالی معرفی کرده است.

اخیراً، جیانگ، نی و رووان (۲۰۱۸) حافظه بلندمدت زمان متغیر در بازار ارز دیجیتال بیت کوین از طریق رویکرد پنجره متحرک و یک شاخص کارایی را بررسی کرده اند. نتایج تجربی آنها بیانگر وجود حافظه بلندمدت در بازار ارز دیجیتال بیت کوین است؛ به علاوه آنها نشان داده اند کارایی این بازار طی زمان افزایش نیافته است. یانقونگ، هی و ویهوا (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی حافظه بلندمدت در بازار ارز دیجیتال بیت کوین با استفاده از روش GHE در چارچوب پنجره های متحرک را بررسی کرده اند؛ بنابراین در این مقاله به پیروی از پژوهش های تجربی گذشته پژوهشگران و با تأکید بر متدولوژی یانقونگ، هی و ویهوا (۲۰۱۸)، حافظه بلندمدت زمان متغیر و پویایی های کارایی در بورس اوراق بهادار تهران تجزیه و تحلیل شده است و برای اطمینان از استواری نتایج تجربی، حافظه بلندمدت علاوه بر پنجره های با تعداد روزهای انتقال ۱۴ روز، برای پنجره های با تعداد ۵ روز انتقال دوباره بررسی می شود؛ به علاوه ورژن بوت استرپ ریسکی آزمون کلی نگر اتوماتیک (AQ) (اسکانسیانو و لوباتو، ۲۰۰۹) و آزمون نسبت واریانس اتوماتیک (AVR) (چوی، ۱۹۹۹) برای تعداد روزهای انتقال ۱۴ و ۵ روز، به کار گرفته شده است. هدف این مقاله، بررسی وجود وابستگی با دامنه بلندمدت در شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران و مطالعه ادبیات پیرامون عدم کارایی زمان متغیر در بورس اوراق بهادار تهران است. انتظار می رود نتایج این مقاله کارایی اطلاعاتی بازار را برای سرمایه گذاران و سیاست گذاران افزایش دهد. نوآوری این مقاله این است که تاکنون هیچ مطالعه ای حافظه بلندمدت زمان متغیر در چارچوب پنجره های متحرک و رویکرد GHE برای بورس اوراق بهادار تهران را بررسی نکرده است. به بررسی حافظه بلندمدت برای

1. Deterrending Moving Average (DMA)  
2. Heavy Tail  
3. Sensoy and Hacıhasanoglu

ازای  $q = 1$  توصیف می کند.  $K_q(\tau)$  نسبتی<sup>۶</sup> از تابع خودهمبستگی  $\langle S(t+\tau) - S(t) \rangle$  است و به صورت زیر بیان می شود (دی مائو، آسته و داکوروگنا، ۲۰۰۵):

$$K_q(\tau) = \frac{\langle |S(t+\tau) - S(t)|^q \rangle}{\langle |S(t)|^q \rangle} \quad (1)$$

در معادله بالا،  $\tau$  بین ۱ تا  $\tau_{\max}$  تغییر می کند و (...) مقدار متوسط نمونه در طول پنجره زمانی مفروضی را اندازه می گیرد. بر این اساس،  $H(q)$  برای هر مقیاس زمانی  $\tau$  و برای هر پارامتر  $q$ ، به صورت زیر تعریف می شود:

$$K_q(\tau) \propto \tau^{qH(q)} \quad (2)$$

از رابطه (۲)، نتیجه گرفته می شود  $\ln K_q(\tau) = qH(q) \ln \tau + C$  بنابراین  $H(q)$  به سادگی از طریق برازش حداقل مربعات خطی و با استفاده از مجموعه ای از اعداد متناظر با مقادیر مختلفی از  $\tau_{\max}$ ، در معادله (۱) محاسبه می شود. برای هر مقدار از  $q$ ،  $H(q) = 0/5$  بیانگر آن است که فرآیند  $S(t)$ ، حافظه بلندمدت را نمایش نمی دهد و  $H(q) > 0/5$  و  $H(q) < 0/5$  به ترتیب دلالت دارند بر اینکه  $S(t)$  در طی زمان ماندگار است و  $S(t)$  رفتار برگشت به میانگین دارد.

با استفاده از رویکردهای بوت استرپ پسابلوک کردن<sup>۷</sup> (PB) و پیش سفید کردن<sup>۸</sup> (PW)، خطاهای معیار برای تخمین های  $H(1)$  محاسبه می شود. این روش را گرو - چارلز (۲۰۰۵) پیشنهاد کرده است و کازویرو و تاباک (۲۰۰۸) و سوزا، تاباک و

کشورهای در حال توسعه توجه فراوانی شده است؛ زیرا اینگونه بازارها ویژگی های منحصر به فردی در مقایسه با کشورهای توسعه یافته دارند؛ از جمله واکنش کند سرمایه گذاران به اطلاعات جدید و تأثیرات شدید معامله های غیرهم زمان و ناهمسان<sup>۱</sup> (کازویرو و تاباک، ۲۰۰۴). با توجه به مباحث بیان شده، فرضیه های پژوهش به شرح زیر مطرح می شود:

فرضیه اول: حافظه بلندمدت زمان متغیر در بورس اوراق بهادار تهران وجود دارد.  
فرضیه دوم: کارایی بازار اوراق بهادار تهران طی زمان بهبود نمی یابد.

## روش پژوهش

در ادبیات سابق، حافظه بلندمدت در سری های زمانی عمدتاً بر اساس دو رویکرد نسبت  $R/S$  تعدیل شده و آزمون های نسبت واریانس بررسی شده است. در این مقاله، برای آزمون فرضیه ها و با هدف بررسی حافظه بلندمدت زمان متغیر و پویایی کارایی، روش جدیدی با نام رویکرد نماهای هرست تعمیم یافته، استفاده می شود. در این رویکرد، برای اندازه گیری حافظه بلندمدت در فرآیند تصادفی لگاریتمی  $S(t)$  مفروض، از تابع  $H(q)$  در نقش معیاری از وابستگی با دامنه بلندمدت استفاده می شود. متغیر  $t$  به صورت  $t = (1, 2, \dots, \Delta t)$  در طول پنجره زمانی  $\Delta t$  با فواصل زمانی یک واحد، تعریف می شود. تابع  $H(q)$  با استفاده از گشتاورهای مرتبه  $q$  ام از توابع توزیع نموها<sup>۲</sup>، ارزیابی می شود (هرست، ۱۹۵۱) و مشخصه ای مناسب از پیشروی آماری<sup>۳</sup> تابع  $S(t)$  است. معادله  $K_q(\tau)$  رفتار مقیاس بندی<sup>۴</sup> نمو های مطلق<sup>۵</sup> را به

1. non - Synchronous Trading
2. Increments
3. Statistical Evolution
4. Scaling Behavior
5. Absolute Increments

6. Proportional to  
7. Post - Blackening  
8. pre - Whitening

پسابلوک کردن (PB) پیشنهاد شده است (داویدسون و هینکلی، ۱۹۹۷).

۶. بدین منظور، با استفاده از رویکرد PB، نمونه‌ای از بوت استرپ لگاریتم بازده ساختگی  $r_t^*$  تولید می‌شود. در روش PB، سری زمانی پسماندهای باز نمونه گیری شده  $\varepsilon_t^*$ ، به روش CBB، پسابلوک می‌شوند؛ به این شکل که مدل AR با پارامترهای تخمین زده شده در فرآیند پیش سفید کردن سری زمانی بازده  $r_t$  (گام‌های ۳ و ۴)، برای پسماندهای باز نمونه گیری شده  $\varepsilon_t^*$  به کار گرفته می‌شود تا نمونه بوت استرپ سری  $r_t^*$  تولید شود (داویدسون و هینکلی، ۱۹۹۷).

۷. لگاریتم قیمت‌های ساختگی  $p_t^*$  به طور متناوب از نمونه‌های بوت استرپ لگاریتم بازده ساختگی  $r_t^*$ ، بازیابی می‌شود.

۸. برای هر لگاریتم قیمت ساختگی  $p_t^*$ ، آماره  $H_b(1)$  تخمین زده می‌شود.

در این مقاله، مجموعه‌ای از قیمت‌های سهام  $p_t$  شامل ۲۶۲۱ مشاهده روزانه از شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران، طی دوره زمانی ۱۳۸۷/۹/۲۳ تا ۱۳۹۸/۸/۱، گرفته شده از نرم افزار ره آورد نوین، استفاده می‌شود. برای انجام گام‌های فوق از نرم افزارهای Excel، EViews، R و MATLAB استفاده می‌شود.

بر اساس این گام‌ها، تعداد ۱۰۰۰۰ نمونه بوت استرپ اجرا و برای آنها نماهای هرست تخمین زده می‌شود؛ سپس انحراف معیار تخمین‌های نماهای هرست  $S(H_b(1))$ ، محاسبه و در نقش پراکسی برای خطای معیار نماهای هرست تعمیم یافته GHE، در نظر گرفته می‌شود. در پایان، آماره والد  $W = \left( \frac{H(1)-0/5}{S(H_b(1))} \right)^2$  با

کاژیرو<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) نیز از آن استفاده کرده‌اند. روش کار در قالب گام‌های زیر بیان می‌شود:

۱.  $H(1)$  بر اساس لگاریتم قیمت‌ها  $p_t$  برآورد می‌شود.

۲. سری لگاریتم بازده  $r_t$  با استفاده از لگاریتم قیمت‌ها  $p_t$ ، به دست می‌آید.

۳. فرآیند پیش سفید کردن (PW) از طریق مدل سازی سری  $r_t$  بر اساس فرآیندی خودرگرسیونی از مرتبه  $p$  (AR(p))، به صورت  $r_t = \alpha_1 r_{t-1} + \alpha_2 r_{t-2} + \dots + \alpha_p r_{t-p} + \varepsilon_t$  با تعداد وقفه‌های به اندازه کافی بزرگ  $p$ ، انجام می‌شود. تعداد وقفه‌های  $p$  بر اساس معیار اطلاعات AIC انتخاب می‌شود. فرآیند PW با هدف حذف اجزای خودهمبستگی معنادار از سری  $r_t$  و ایجاد یک سری بازده مستقل از نظر آماری، انجام می‌شود.

۴. پسماندهای  $\varepsilon_t$  از مدل AR تخمین زده شده، استخراج می‌شوند.

۵. بلوک‌های پسماندهای  $\varepsilon_t$  حاصل از مدل AR برآورد شده در گام ۳، با استفاده از رویکرد بوت استرپ بلوک حلقوی<sup>۳</sup> (CBB) باز نمونه گیری تصادفی، با جایگذاری می‌شوند؛ سپس از به هم پیوستن این بلوک‌های بوت استرپی، سری زمانی از بوت استرپ شیه سازی شده  $\varepsilon_t^*$  به روش CBB تولید می‌شود (پولیتیس و رومانو، ۱۹۹۲). در اینجا طول مناسب بلوک بر اساس قاعده پولیتیس و وایت<sup>۵</sup> (۲۰۰۴) انتخاب می‌شود (طول هر بلوک برابر با  $N^{1/5}$  است)؛ اما چون روش بوت استرپ بلوک‌ها ممکن است ساختار همبستگی در سری زمانی داده‌های اصلی را به طور کامل حفظ نکند، در ادبیات استفاده از روش

6. Davidson and Hinkley  
7. Synthetic  
8. Wald Statistics

1. Souza, Tabak, & Cajueiro  
2. Residuals  
3. the Circular Block Bootstrap  
4. Politis and Romano  
5. Politis and White

همان گونه که گفته شد، بارونیک و کریستوفک (۲۰۱۰) معتقدند در مقایسه با سایر روش های تخمین نماهای هرست که تاکنون در ادبیات معرفی شده است، نمای GHE کمترین واریانس را حاصل می کند و نسبت به مشاهدات دورافتاده، صرف نظر از اندازه نمونه حساسیت کمتری دارد و GHE برای سری بازده با توزیع غیرنرمال و دنباله پهن هم برازش بهتری دارد؛ پس در این مقاله براساس مشخصه های آماری که سری زمانی بازده نشان می دهد از رویکرد GHE برای آزمون وجود حافظه بلندمدت استفاده می شود و انتظار می رود نتایج دقیق تری به دست آید.

مطالعات اخیر نشان داده اند هنگام تجزیه و تحلیل سری های زمانی مالی، وجود شکست های ساختاری نیز باید در نظر گرفته شود؛ اما وجود این پویایی ها را نمی شود فقط با در نظر گرفتن زیرنمونه های کوچک یا بازه های زمانی غیرهمپوش<sup>۲</sup> در محاسبات وارد کرد؛ پس در این مقاله، رویکردی از پنجره متحرک برای بررسی ناکارایی بازار اوراق بهادار به کار گرفته شده است؛ همین طور با توجه به اینکه مطالعات اخیر با به کارگیری رویکرد پنجره متحرک نشان داده اند کارایی بازاری طی زمان در حال نمو است، پنجره متحرکی با تعداد  $l$  مشاهده و انتقال  $k$  روز، در نظر گرفته می شود؛ در این صورت نمونه ای با  $T$  مشاهده به سری ای متشکل از زیرنمونه هایی با اندازه  $T - l + k$  تقسیم می شود. مسلماً هرچه اندازه پنجره بزرگ تر باشد، دقت بیشتر می شود؛ اما ناهمگنی در هر زیرنمونه نیز افزایش می یابد و برعکس، هرچه اندازه پنجره کوچک تر باشد با وجود احتمال بهبود یافتن مشکل ناهمگنی، دقت تخمین کاهش خواهد یافت (پسران و تیمرمان<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷).

توزیع  $\chi_1^2$  محاسبه می شود. این آماره، فرضیه صفر وجودنداشتن حافظه بلندمدت یا همان فرم ضعیف کارایی بازار و به بیان دیگر، معناداری انحراف مقدار عددی نمای هرست  $H(1)$  را از عدد  $0.5$  آزمون می کند.

## یافته ها

در نمودار (۱) مسیر زمانی لگاریتم شاخص TEPIX طی بازه زمانی پژوهش به تصویر کشیده شده است. طبق نمودار، لگاریتم شاخص قیمت سهام، نوسان های لحظه ای را تجربه می کند؛ به طوری که در اسفند سال ۱۳۸۷ به اوج خود رسیده، بعد از آن تا مهر سال ۱۳۹۸ با شیب ملایم سقوط کرده و دوباره افزایش یافته است. براساس نمودار، صرف نظر از این نوسان های شدید، لگاریتم قیمت سهام در کل بازه زمانی پژوهش، روندی افزایشی را نشان داده که نشانگر ویژگی ماندگاری قوی در سری بازده است. بازده شاخص قیمت TEPIX به صورت زیر تعریف می شود:

$$r_t = \ln \left( \frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \times 100 \quad (3)$$

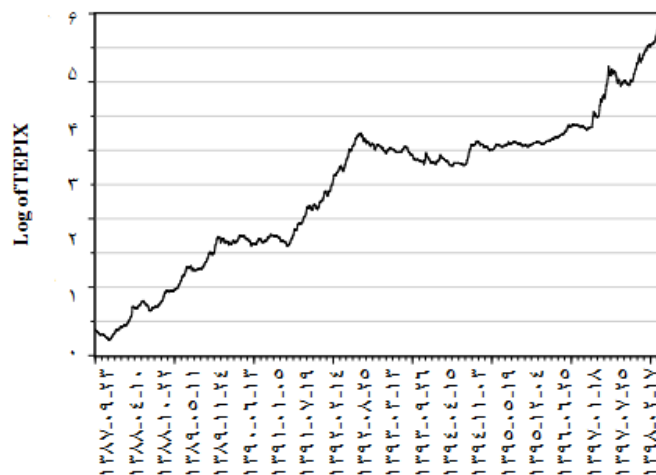
$r_t$  بازده شاخص قیمت TEPIX و  $P_t$  و  $P_{t-1}$  شاخص قیمت TEPIX به ترتیب در روزهای  $t$  و  $t-1$  است. طبق آماره های توصیفی مربوط به لگاریتم قیمت های  $P_t$  و بازده  $r_t$ ، میانگین لگاریتم قیمت ها و بازده به ترتیب  $10.77$  و  $0.13$  است و دارای کشیدگی  $2.31$  و  $7.94$  و چولگی  $-0.25$  و  $0.28$  است؛ همین طور سری لگاریتم قیمت و بازده به طور نرمال توزیع نشده است و رفتار دنباله پهن را به نمایش می گذارد<sup>۱</sup>.

۱. با توجه به شیوه نامه نگارش مقاله، جدول آمار توصیفی ارائه نشده است.

2. non - Overlapping Intervals  
3. Pesaran and Timmermann

طرف عرضه و شکست‌های ساختاری، طولانی است و معناداری آماری رضایت‌بخشی را نیز فراهم می‌کند؛ همچنین به اندازه کافی کوچک است که نسبت به تغییرات صورت گرفته طی زمان، حساس باقی بماند (سنسوری و تاباک، ۲۰۱۶).

برای بررسی وضعیت کارایی در بورس اوراق بهادار تهران، به پیروی از یانقونگ، هی و ویهوا (۲۰۱۸) پنجره زمانی دو ساله‌ای ( $\Delta t = 484$  مشاهده) و انتقالی ۱۴ روزه (۱۴ مشاهده) انتخاب شده است؛ زیرا بنابر اعتقاد این پژوهشگران این اندازه پنجره به حد کافی برای دربرگرفتن آثار کامل بحران‌ها، شوک



نمودار (۱) لگاریتم قیمت روزانه TEPIX

پنجره متحرک است؛ بر این اساس نسبت عدم کارایی به صورت درصد پنجره‌های ناکارا به تعداد کل پنجره‌ها، تعریف می‌شود؛ به بیان دیگر رویکرد پنجره متحرک نشان می‌دهد آماره آزمون انتخابی، فرضیه حافظه بلندمدت را چندمرتبه را رد می‌کند؛ پس درصد پنجره‌های کارا (نسبت کارایی) برای مقایسه کارایی نسبی بورس اوراق بهادار تهران استفاده می‌شود.

نمودار (۲)، سری  $H(1)$ ‌های زمان متغیر را برای بازار اوراق بهادار تهران نمایش می‌دهد و پذیرفته نشدن فرم ضعیف کارایی را به ترتیب در سطوح معناداری ۵ درصد و ۱ درصد مشخص می‌کند. تاریخ بر محور  $X$ ، به تاریخ انتهای نمونه استفاده شده برای تخمین نماهای GHE، اشاره می‌کند؛ برای مثال در تاریخ مهرماه سال ۱۳۹۲ روی این خط، نماهای GHE درمقابل پنجره‌ای با تعداد ۴۸۴ مشاهده و با شروع در مهرماه، ترسیم

برای به دست آوردن آماره والد  $W$ ، به پیروی از رویکرد سنسوری و هاکی‌هاسانوگلو (۲۰۱۴)، ابتدا  $H(1)$  و خطاهای معیار آن با رویکرد بوت‌استرپ پیش‌سفید کردن و پس‌بلوک کردن، برای هر پنجره متحرک محاسبه می‌شود و در پایان، یک سری از  $H(1)$ ‌ها برای شاخص TEPIX به دست می‌آید. بعد از محاسبه آماره  $W$ ، اگر فرضیه صفر فرم ضعیف کارایی برای آن پذیرفته نشود، پنجره‌ای ناکارا نامیده می‌شود. براساس نتایج به دست آمده از آماره والد، پنجره‌ای معنادار<sup>۱</sup> نامیده می‌شود هرگاه فرضیه صفر کارایی برای آن پذیرفته نشود و پنجره‌ای بی‌معنا<sup>۲</sup> است هرگاه برای آن امکان رد فرضیه کارایی وجود نداشته باشد. مشخص کردن اینکه براساس مقدار آماره آزمون، چند مرتبه فرضیه گام تصادفی رد می‌شود، مزیت رویکرد

1. Significant  
2. Insignificant

نشان دهنده به طور نرمال توزیع نشدن سری  $H(1)$  و تأییدی بر نتایج مشاهده شده در نمودار (۳) است.<sup>۵</sup> در پایان، جدول (۱) تعداد پنجره‌های معنادار و نسبت‌های عدم کارایی را در سطوح معناداری ۵ درصد و ۱ درصد نمایش می‌دهد. کلیه ۱۵۲ پنجره موجود در هر دو سطح معناداری ۱ درصد و ۵ درصد، ناکارا هستند؛ در نتیجه بازار اوراق بهادار تهران دارای درجه خلی بالایی از نسبت عدم کارایی است. با در نظر گرفتن بحث برانگیز بودن انتخاب طول پنجره زمانی و تعداد روزهای انتقال در رویکرد پنجره متحرک (بلچیار و اوزدمیر<sup>۶</sup>، ۲۰۱۳؛ سنسوی و تاباک، ۲۰۱۶)، این کار با انتقال ۵ روزه نیز تکرار می‌شود تا تجزیه و تحلیلی استوار به دست آید. همه نتایج گزارش شده در نمودار (۴) و جدول (۲)، مشابه با یافته‌های قبلی این مقاله و نشان‌دهنده استواری کافی نتایج به دست آمده در آن هستند.

در این مقاله برای آزمون قوت نتایج، فرضیه فرم ضعیف کارایی با آزمون نسبت واریانس (لو و مک کینلی، ۱۹۸۸) و آزمون خودهمبستگی (لیونگ و باکس<sup>۷</sup>، ۱۹۷۸) نیز بررسی و ارزیابی می‌شود. بر مبنای آزمون نسبت واریانس، چنانچه بازده دارایی، فرآیند تصادفی محض باشد، واریانس بازده دوره  $k$  برابر با  $k$  ضربدر واریانس بازده دوره اول است؛ از این رو نسبت واریانس  $V/R(k)$ ،  $1/k$  ضربدر واریانس بازده دوره  $k$  تقسیم بر واریانس بازده دوره اول، باید به ازای تمامی مقادیر  $k$  برابر یک باشد. انجام این آزمون، نیازمند انتخاب مقداری برای  $k$  است.

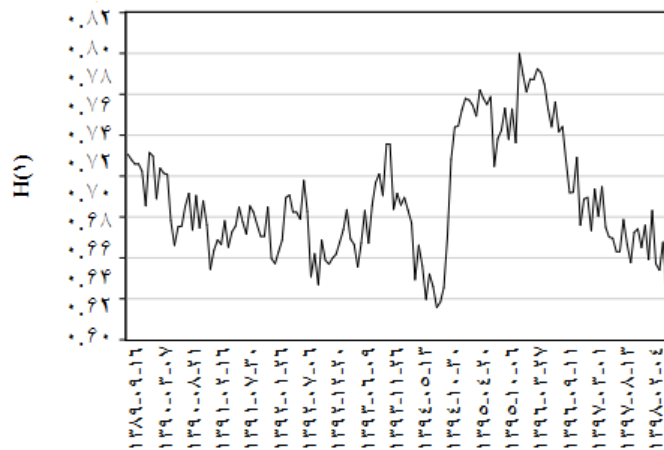
شده‌اند. بر اساس شواهد تقریباً همه  $H(1)$ ها به طور سازگاری بیشتر از مقدار  $0/5$  هستند؛ در نتیجه در سری زمانی بازده شاخص بورس اوراق بهادار تهران حافظه بلندمدت وجود دارد و به معنای ماندگاری قوی در این بازار است؛ همین‌طور روند زمانی  $H(1)$  در این نمودار نشان می‌دهد بازار اوراق بهادار تهران در طی زمان کارآتر نشده است و نوسان‌های بالای  $H(1)$  در کل دوره زمانی پژوهش بیانگر تأثیر عوامل برون‌زای تحریم‌های آمریکا و غرب علیه ایران و کاهش قیمت نفت ایران بر کارایی بازار اوراق بهادار تهران است. در واقع، ملاحظه می‌شود در کل دوره نمونه که شاهد حوادث فوق هستیم، بورس اوراق بهادار تهران همواره از نظر وضعیت کارایی واگرا بوده است.

برای توضیح بیشتر نتایج فوق و بررسی شفاف و دقیق‌تر نحوه توزیع سری  $H(1)$  طی زمان، تخمین ناپارامتریک از چگالی<sup>۱</sup> نماهای هرست زمان متغیر  $H(1)$  در نمودار (۳) رسم شده است. این نمودار بیانگر وجود ویژگی دونمایی<sup>۲</sup> در توزیع  $H(1)$ ، نشانه‌ای از وجود دو نمای هرست و احتمالاً به دلیل شکست‌های ساختاری ناشی از عوامل سیاسی است. آماره‌های توصیفی مربوط به سری  $H(1)$  زمان متغیر با انتقال ۱۴ روز نیز نشان می‌دهد میانگین سری مذکور مقدار  $0/72$ ، با کشیدگی  $2/61$  و چولگی  $0/56$  است. برای اینکه مشخص شود تغییرات مشاهده شده در نماهای GHE طی زمان (زمان متغیر بودن سری نماهای هرست  $H(1)$ ) به علت اختلال و نه به علت خطا در اندازه‌گیری است، در این مقاله چندین آزمون نرمال بودن انجام شده است. آماره آزمون‌های نرمال بودن لیلیفورز<sup>۳</sup> و شاپیرو - ویلک<sup>۴</sup> به ترتیب  $0/11$  و  $0/96$  به دست آمده است که

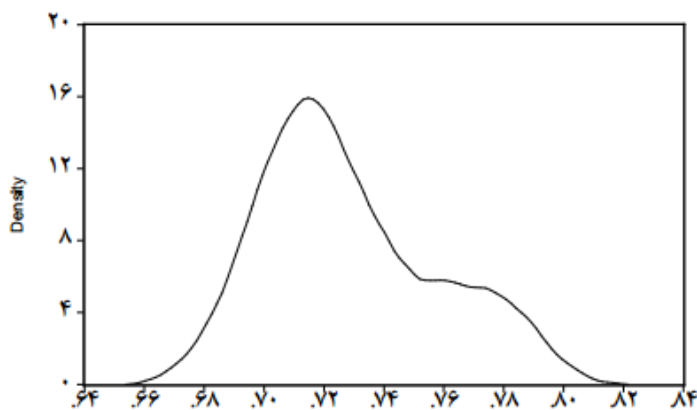
۵. با توجه به شیوه‌نامه نگارش مقاله، جدول آمار توصیفی ارائه نشده است.

6. Balcilar and Ozdemir  
7. Ljung and Box

1. Kernel Density  
2. Bimodality  
3. Lilliefors Test of Normality  
4. Shapiro - Wilk Test of Normality



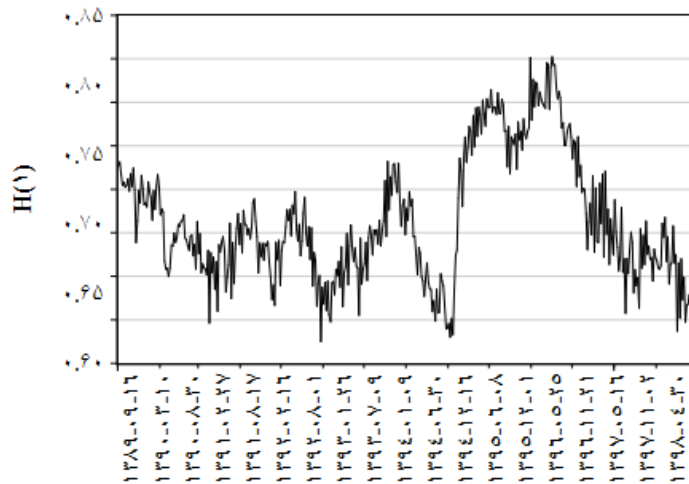
نمودار (۲)  $H(1)$  زمان متغیر با انتقال ۱۴ روز برای بورس اوراق بهادار تهران



نمودار (۳) تخمین چگالی برای نماهای هرست زمان متغیر  $H(1)$  با انتقال ۱۴ روز برای بورس اوراق بهادار تهران.

جدول (۱) نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل پنجره‌های متحرک با طول ۲ سال و انتقال ۱۴ روز برای بورس اوراق بهادار تهران

نسبت عدم کارایی در سطح ۱ درصد	نسبت عدم کارایی در سطح ۵ درصد	تعداد کل پنجره‌ها	تعداد پنجره‌های معنادار در سطح ۵ درصد	تعداد پنجره‌های معنادار در سطح ۱ درصد	تعداد روزهای انتقال	بازه زمانی پنجره
۱۰۰ درصد	۱۰۰ درصد	۱۵۲	۱۵۲	۱۵۲	۱۴	۴۸۴



نمودار (۴)  $H(1)$  زمان متغیر با انتقال ۵ روز برای بورس اوراق بهادار تهران

جدول (۲) نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل پنجره‌های متحرک با طول ۲ سال و انتقال ۵ روز برای بورس اوراق بهادار تهران

نسبت عدم کارایی در سطح ۱ درصد	نسبت عدم کارایی در سطح ۵ درصد	تعداد کل پنجره‌ها	تعداد پنجره‌های معنادار در سطح ۵ درصد	تعداد پنجره‌های معنادار در سطح ۱ درصد	تعداد روزهای انتقال	بازه زمانی پنجره
۱۰۰ درصد	۱۰۰ درصد	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷	۵	۴۸۴

در ادبیات اقتصادسنجی، رویکرد معروف دیگری به نام آزمون کلی نگر باکس - پیرس<sup>۳</sup> برای آزمون همبستگی سریالی وجود دارد؛ اما مبنای این رویکرد دو فرض محدود کننده است: یکی فرض نبود وابستگی در سری زمانی و دیگری انتخاب دلخواه مرتبه خودهمبستگی  $p$ . آماره کلی نگر<sup>۴</sup> (اسکانسیانو و لوباتو، ۲۰۰۹) این دو مشکل را برطرف کرده است؛ زیرا امکان وابستگی غیرخطی را در نظر می‌گیرد و پارامتر  $p$  ثابت فرض نمی‌شود و براساس داده‌ها به طور اتوماتیک انتخاب می‌شود.

در ادبیات به طور معمول در سری بازده با فراوانی روزانه، برای  $k$  مقادیر ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و در سری بازده با فراوانی هفتگی، مقادیر ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ انتخاب می‌شود. این انتخاب‌ها به طور دلخواه و بدون هیچ گونه توجیه آماری انجام می‌شوند؛ در مقابل چوی (۱۹۹۹) آزمون نسبت واریانس اتوماتیکی (AVR) را معرفی کرد که مقدار بهینه  $k$  را با روشی کاملاً وابسته به داده‌ای<sup>۱</sup> تعیین می‌کند؛ اما وی این آزمون را تحت فرض واریانس ناهمسانی شرطی به کار نبرده است؛ بلکه ویژگی‌های کوچک نمونه‌ای آزمون AVR را هنگام پیروی سری زمانی بازده از فرآیند تصادفی مستقلی با توزیع یکسان<sup>۲</sup> (i.i.d)، به دست آورده است.

3. Portmanteau Box-Pierce Test  
4. Portmanteau Statistic

1. Data - Dependent  
2. Independently Identically Distributed (i.i.d)



اورکوارت<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) کل دوره نمونه را به دو زیرنمونه تقسیم کرده و با ورژن‌های تعمیم یافته‌ای از آزمون لیون - باکس و آزمون نسبت واریانس نتیجه گرفته بازار اوراق بهادار تحت بررسی در دوره آخر (دوره دوم) کارا است؛ اما در این مقاله آزمون کلی نگر اتوماتیک (AQ) (اسکانسیانو و لوباتو، ۲۰۰۹) و آزمون نسبت واریانس اتوماتیک (AVR) در چارچوب پنجره متحرک، برای پنجره‌های زمانی ۴۸۴ روزه و با انتقال‌های ۱۴ و ۵ روزه به کار گرفته می‌شوند؛ همچنین به پیروی از کیم<sup>۲</sup> (۲۰۰۹) ورژن بوت استرپ ریسکی از آزمون‌های AVR و AQ، استفاده می‌شود. یکی از مزایای شایان توجه این آزمون‌ها استوار باقی ماندن نسبت به غیرنرمال بودن و واریانس ناهمسانی است که از مشخصه‌های معمول سری بازده سهام هستند.

طبق نتایج تجربی در جدول (۳)، فرضیه صفر تصادفی بودن (کارایی بازار سهام)، برای کلیه پنجره‌های زمانی در هر دو آزمون یک طرفه AVR و آزمون دوطرفه<sup>۳</sup> AQ، در سطح معناداری ۵ درصد رد می‌شود. ملاحظه می‌شود که به نتایج مشابهی با یافته‌های قبلی این مقاله حاصل از آزمون GHE برای پنجره‌های زمانی ۴۸۴ مشاهده و انتقال‌های ۱۴ و ۵ روزه، دست یافته شده است و دلالت بر استواری نتایج تجربی این مقاله دارد.

## نتایج و پیشنهادها

حافظه بلندمدت دستاوردهای مهمی برای فرضیه کارایی بازار (EMH) و از این رو برای نحوه تخصیص دارایی‌های مالی دارد. در واقع، وجود وابستگی با دامنه بلندمدت بر عدم کارایی بازار و قابلیت پیش‌بینی قیمت‌های آینده سهام دلالت دارد. ادبیات مربوط به

حافظه بلندمدت و کارایی، عمدتاً در بازارهای سهام توسعه یافته متمرکز شده است؛ از این رو مطالعه پیش‌رو برای پوشاندن این شکاف در تلاش است و از شاخص کارایی جدیدی برای آزمون وجود حافظه بلندمدت زمان متغیر در بازار اوراق بهادار تهران، استفاده می‌کند. در واقع، در این مقاله برای نخستین بار مفهوم نماهای هرست تعمیم یافته برای داده‌های روزانه بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۳۸۷/۹/۲۳ تا ۱۳۹۸/۸/۱ از طریق رویکرد پنجره متحرک، به کار گرفته شده است. نتایج تجربی به دست آمده بیانگر پذیرش فرضیه‌های اول و دوم است؛ یعنی سری بازده شاخص TEPIX رفتار ماندگاری قوی را در دوره کامل نمونه نشان می‌دهد و بورس اوراق بهادار تهران کارا نیست. نتایج فرضیه اول با یافته‌های سیدحسینی، باباخانی، هاشمی نژاد و ابراهیمی (۲۰۱۳)، محقق‌نیا، کاشی، دلیری و دنیایی (۲۰۱۵)، کميجانی، نادری و علیخانی (۲۰۱۵) و مولایی و بهمنی (۲۰۱۵) مبنی بر وجود داشتن حافظه بلندمدت برای بورس اوراق بهادار تهران، سازگار است؛ با این تفاوت که این پژوهشگران، زمان متغیر بودن رفتار حافظه بلندمدت را در بازده شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران بررسی نکرده‌اند و آزمون‌های انجام شده در این مقاله را برای بررسی قوت نتایج به کار نبرده‌اند. برای سایر بازارهای سهام نوظهور، نیز چارفدین و آجمی (۲۰۱۳)، بلالاه، آلوی و ابوب (۲۰۰۵) و آساف (۲۰۰۶) تنها وجود وابستگی با دامنه بلندمدت را نتیجه گرفته‌اند.

1. Urquhart  
2. Kim  
3. Two Tailed

## جدول (۳) نتایج آزمون AVR و آزمون AQ برای فرضیه صفر تصادفی بودن (کارایی بازار سهام) بورس اوراق

## بهادار تهران

تعداد کل پنجره‌ها	تعداد پنجره‌های بی‌معنا در سطح ۵ درصد (آزمون AVR)	تعداد پنجره‌های بی‌معنا در سطح ۵ درصد (آزمون AQ)	تعداد روزهای انتقال	بازه زمانی پنجره
۱۵۲	۱۵۲	۱۵۲	۱۴	۴۸۴
۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷	۵	۴۸۴

متغیر، ممکن است دستاوردهای مهمی برای بسیاری از مشارکت کنندگان بازار، سیاست‌گذاران و قانون‌گذاران داشته باشد؛ زیرا به کشف دوره‌های زمانی ناپایدار (از قبیل رفتارهای گله‌ای، حباب‌های بازار، فروپاشی‌های بعد از ترکیدن حباب‌ها و دخالت‌ها در بازار) در بازارهای اوراق بهادار کمک می‌کند و از این رو راهنمای سیاست‌گذاران برای بهبودبخشیدن به کارایی بازار اوراق بهادار تهران نیز خواهد بود و به نوبه خود اختلالات در اقتصاد را هم کاهش می‌دهد.

به‌منظور بررسی دقیق‌تر آثار برون‌زای تحریم‌ها و شوک طرف عرضه، پیشنهاد می‌شود دوره زمانی پژوهش متناسب با تاریخ وقوع عوامل فوق به چند زیرنمونه تقسیم و وضعیت کارایی و حافظه بلندمدت در هر کدام از این زیربازه‌ها جداگانه بررسی شود. برای مطالعه بیشتر، پژوهشگران امکان تمرکز بر توسعه کارایی در بورس اوراق بهادار تهران و تعمیم نظریه‌هایی برای قیمت‌گذاری درست آن را دارند؛ همین‌طور پژوهش و بررسی پیرامون منابع و دلایل وجود وابستگی با دامنه بلندمدت در بورس اوراق بهادار تهران موضوع مهم دیگری است که باید بیشتر به آن توجه شود و تخمین اندازه بهینه پنجره‌های زمانی برای محاسبه نمای هرست نیز اهمیت بسیاری دارد که می‌شود در پژوهش‌های آتی آن را بررسی کرد.

نتایج فرضیه دوم با یافته‌های جیانگ، نی و رووان (۲۰۱۸) و یانقونگ، هی و ویهوا (۲۰۱۸) سازگار است. آنها نشان دادند کارایی بازار تحت بررسی، طی زمان افزایش نیافته است. از آنجایی که بورس اوراق بهادار تهران بازاری نوظهور است، وجود حافظه بلندمدت در این بازار اوراق بهادار تعجب‌آور نخواهد بود و علت آن به وجود رفتارهای غیرعقلایی سرمایه‌گذاران و نبود سازوکار قیمت‌گذاری معقول در این بازار مربوط می‌شود؛ همین‌طور، تحریم‌های صورت گرفته علیه ایران خود به دور شدن بازار اوراق بهادار تهران از وضعیت کارایی کمک می‌کند. در واقع، در کل دوره نمونه که شاهد حوادث برون‌زای فوق هستیم بورس اوراق بهادار تهران همواره از نظر وضعیت کارایی واگرا بوده است؛ پس، نتایج این مطالعه به چند دستاورد مهم برای سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران دلالت دارد. از یک سو، سرمایه‌گذاران برای اهداف سفته‌بازی نباید قبل از تجزیه و تحلیل و بررسی محتاطانه ارزش واقعی و قیمت‌گذاری بورس اوراق بهادار تهران، این بازار ریسکی را برای سرمایه‌گذاری انتخاب نمایند؛ از سوی دیگر سیاست‌گذاران باید نظارت بر این نوع بازارهای نوظهور را تقویت کنند. انتظار می‌رود نتایج این پژوهش راهنمایی برای پژوهشگران دانشگاهی نیز باشد. بررسی وضعیت کارایی بازار در چارچوب زمان

مالی. دانش مالی و تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی)، ۶(۱۸)، ۹۷-۱۱۴.

کارنامه حقیقی، ح.، و رستمی. ع. (۱۳۹۷). به کارگیری نظریه ارزش فرین و حافظه بلندمدت در بازار سهام ایران (در چارچوب الگوهای GARCH). فصلنامه مدیریت دارایی و تامین مالی، ۶(۴)، ۱۳۵-۱۵۴.

کمیجانی، ا.، نادری، ا.، و گندلی علیخانی. ن. (۱۳۹۴). بررسی حافظه بلندمدت در نوسانهای بازدهی شاخص بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه مدیریت دارایی و تامین مالی، ۳(۳)، ۸۵-۶۷.

محقق نیا، م. ج.، کاشی، م.، دلیری، ع.، و دنیایی. م. (۱۳۹۳). بررسی حافظه بلندمدت دوگانه با تأکید بر توزیع چوله و دم پهن پسماندها: شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۲(۳۳)، ۱۸۱-۱۵۱.

محمودی، و.، محمدی، ش.، و چیت سازان. ه. (۱۳۸۹). بررسی حافظه بلندمدت در بازارهای جهانی نفت. فصلنامه تحقیق مدل سازی اقتصادی، ۱۱(۱)، ۴۸-۲۹.

موسوی شیری، س. م.، وقفی، س. ح.، و آهنگری. م. (۱۳۹۲). بررسی حافظه درازمدت شاخص کل قیمت بورس اوراق بهادار تهران (مطالعه موردی: صنعت داروسازی). فصلنامه حسابداری سلامت، ۲(۴)، ۹۶-۷۸.

مولایی، ر.، و بهمنی. م. (۱۳۹۴). بررسی وجود حافظه بلندمدت در بورس اوراق بهادار تهران با تأکید بر متغیرهای مؤثر بر آن با رهیافت ARFIMA-GARCH. فصلنامه بورس اوراق بهادار، ۸(۲۹)، ۵۸-۳۹.

نیکومرام، ه.، قایی، ن.، و علیرضایی. م. ر. (۱۳۸۴). ارزیابی کارایی شرکتهای سرمایه گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران به کمک مدل های

به هر حال، این پژوهش این محدودیت را دارد که در بازار سرمایه در حال گسترش ایران انجام شده است؛ بنابراین برای بررسی بیشتر، لازم است پژوهشگران در ادامه آن از داده های بازارهای سرمایه در حال توسعه و توسعه یافته استفاده کنند؛ در این صورت با مقایسه کشورها، دستاوردهای منطقی در کنار درک عمیق از وضعیت کارایی بازار اوراق بهادار تهران به دست می آید.

### منابع فارسی

برکیش، ا. (۱۳۹۴). بررسی ویژگی های حافظه بلندمدت و شکست ساختاری در بازده شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران (TEPIX). فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، ۶۳، ۱۸۵-۱۴۵.

دانیالی، م.، و منصوری، ح. (۱۳۹۱). بررسی کارایی بورس اوراق بهادار تهران در سطح ضعیف و اولویت بندی عوامل مؤثر بر آن. پژوهشنامه اقتصادی، ۱۲(۴۷)، ۹۶-۷۱.

دموری، د.، و میرزاد. ن. (۱۳۹۷). بررسی حافظه بلندمدت در نوسانهای پویا: رابطه بین بازده سهام و نرخ ارز. فصلنامه مدیریت دارایی و تامین مالی، ۶(۲۲)، ۱۶۴-۱۴۷.

رئوفی، ع.، و محمدی. ت. (۱۳۹۶). وجود حافظه بلندمدت در قالب پنجره غلتان پیش رونده: مطالعه موردی بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه ریسک و مهندسی مالی، ۲(۳)، ۴۲۵-۳۹۸.

سیدحسینی، س. م.، باباخانی، م.، هاشمی نژاد، س. م.، و ابراهیمی. س. ب. (۱۳۹۲). رویکردی جدید برای تخمین پارامتر حافظه بلندمدت در سری های زمانی

- Tehran Stock Exchange Index (TEPIX) returns. *Iranian Journal of Economic Research*. 20(63): 185-145. <https://doi.org/10.22054/ijer.2015.4097>. (in Persian)
- Barkoulas, J. T., Baum, C. F., & Travlos, N. (2000). Long memory in the Greek stock market. *Applied Financial Economics*. 10: 177-184. <https://doi.org/10.1080/096031000331815>.
- Barunik, J., & Kristoufek, L. (2010). On hurst exponent estimation under heavy-tailed distributions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 389(18): 3844-3855. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.05.025>.
- Bhattacharya, S. N., and Bhattacharya, M. (2012). Long memory in stock returns: A study of emerging markets. *Iranian Journal of Management Studies*. 5(2): 67-88. <https://doi.org/10.22059/ijms.2012.28869>.
- Bellalah, M., Aloui, C., & Abaoub, E. (2005). Long-range dependence in daily volatility on Tunisian stock market. *International Journal of Business*. 10(3): 191-216.
- Bianchi, S. & Pianese, A. (2018). Time-varying Hurst-Hölder exponents and the dynamics of (in)efficiency in stock markets. *Chaos, Solitons & Fractals*. 109: 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2018.02.015>.
- Black, F., Jensen, M. C., & Scholes, M. (1972). The capital asset pricing model: Some empirical tests. *Studies in the Theory of Capital Markets*. 81(3): 79-121.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*. 81(3): 637-654. <https://www.jstor.org/stable/1831029>.
- Brock, W., Lakonishok, J., & LeBaron, B. (1992). Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns. *The Journal of Finance*. 47(5): 1731-1764. <https://www.jstor.org/stable/2328994>.
- Cajueiro, D. O., & Tabak, B. M. (2004). The Hurst exponent over time: Testing the assertion that emerging markets are becoming more efficient. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 336(3-4): 521-537. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2003.12.031>.
- Cajueiro, D. O., & Tabak, B. M. (2010). Fluctuation dynamics in US interest rates
- محک زنی ریاضی تحلیل پوششی داده‌ها. پژوهشنامه اقتصادی، ۵(۱۶)، ۱۰۰-۷۷.
- نیکومرام، ه.، سعیدی، ع.، و عنبرستانی، م. (۱۳۹۰). بررسی حافظه بلندمدت در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۲(۹)، ۶۳-۴۷.

## References

- Al-Shboul, M., & Anwar, S. (2016). Fractional integration in daily stock market indices at Jordan's Amman stock exchange. *The North American Journal of Economics and Finance*. 37: 16-37. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2016.03.005>.
- Al-Yahyaee, K. H., Mensi, W., & Yoon, S. M. (2018). Efficiency, multifractality, and the long-memory property of the Bitcoin market: A comparative analysis with stock, currency, and gold markets. *Finance Research Letters*. 27: 228-234. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.03.017>.
- AL-Yahyaee, K. H., Mensi, W., Ko, H.U., Yoon, S.M., & Kang, S. H. (2020). Why cryptocurrency markets are inefficient: The impact of liquidity and volatility. *The North American Journal of Economics and Finance*. 52: 101168. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2020.101168>.
- Andrews, D. W. (1991). Heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix estimation. *Econometrica*. 59(3): 817-858. <https://doi.org/10.2307/2938229>.
- Assaf, A. (2006). Dependence and mean reversion in stock prices: The case of the MENA region. *Research in International Business and Finance*. 20(3): 286-304. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2005.05.004>.
- Balcilar, M., and Ozdemir, Z. A. (2013). The export-output growth nexus in Japan: A bootstrap rolling window approach. *Empirical Economics*. 44(2): 639-660. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0562-8>.
- Barabási, A. L., and Vicsek, T. (1991). Multifractality of self-affine fractals. *Physical Review A*. 44(4): 2730-2733. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.44.2730>.
- Barkish, A. Gh. (2015). Long memory and structural breaks: An application to the

- <https://doi.org/10.1017/CBO9780511802843>.
- Di Matteo, T., Aste, T., & Dacorogna, M. M. (2003). Scaling behaviors in differently developed markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 324(1-2): 183-188. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(02\)01996-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01996-9).
- Di Matteo, T., Aste, T., & Dacorogna, M. M. (2005). Long-term memories of developed and emerging markets: Using the scaling analysis to characterize their stage of development. *Journal of Banking and Finance*. 29(4): 827-851. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2004.08.004>.
- Escanciano, J. C., & Lobato, I. N. (2009). An automatic portmanteau test for serial correlation. *Journal of Econometrics*. 151(2): 140-149. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2009.03.001>.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1988). Permanent and temporary components of stock prices. *Journal of Political Economy*. 96(2): 246-273. <https://www.jstor.org/stable/1833108>.
- Fan, X., Lv, X., Yin, J., Tian, L., & Liang, J. (2019). Multifractality and market efficiency of carbon emission trading market: Analysis using the multifractal detrended fluctuation technique. *Applied Energy*. 251: 113333. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113333>.
- Fernandes, L. H. S., Araújo, F. H. A., Silva, I. E. M., Leite, U. P. S., De Lima, N. F., Stosic, T., & Ferreira, T. A. E. (2020). Multifractal behavior in the dynamics of Brazilian inflation indices. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 550: 124158. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.124158>.
- Geweke, J., & Porter-Hudak, S. (1983). The estimation and application of long memory time series models. *Journal of Time Series Analysis*. 4: 221-238. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9892.1983.tb00371>.
- Grau-Carles, P. (2005). Tests of long memory: A bootstrap approach. *Computational and the role of monetary policy*. *Finance Research Letters*. 7(3): 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2010.03.001>.
- Cajueiro, D. O., & Tabak, B. M. (2008). Testing for long-range dependence in world stock markets. *Chaos, Solitons and Fractals*. 37(3): 918-927. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2006.09.090>.
- Charfeddine, L., & Ajmi, A. N. (2013). The Tunisian stock market index volatility: Long memory vs. switching regime. *Emerging Markets Review*. 16: 170-182. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2013.05.003>.
- Cheung, Y. W., & Lai, K. S. (1995). A search for long memory in international stock market returns. *Journal of International Money and Finance*. 14: 597-615. [https://doi.org/10.1016/0261-5606\(95\)93616-U](https://doi.org/10.1016/0261-5606(95)93616-U).
- Choi, I. (1999). Testing the random walk hypothesis for real exchange rates. *Journal of Applied Econometrics*. 14(3): 293-308. <https://www.jstor.org/stable/223180>.
- Chow, K. V., Denning, K. C., Ferris, S., & Noronha, G. (1995). Long-term and short-term price memory in the stock market. *Economics Letters*. 49: 287-293. [https://doi.org/10.1016/0165-1765\(95\)00690-H](https://doi.org/10.1016/0165-1765(95)00690-H).
- Costa, R. L., & Vasconcelos, G. L. (2003). Long-range correlations and nonstationarity in the Brazilian stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 329: 231-248. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(03\)00607-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(03)00607-1).
- Damoori, D., & Mirzad, N. (2018). The study of long-term memory in dynamic volatility relationship between stock returns and exchange rates. *Asset Management and Financing*. 6(22): 147-164. <https://doi.org/10.22108/amf.2018.103992.1106>. (in Persian)
- Danyali, M., & Mansori, H. (2012). Investigating weak form of efficiency in Tehran Stock Exchange and ranking factors that affect it. *Journal of Economic Research*. 12(47): 71-96. (in Persian)
- Davison, A. C., & Hinkley, D. V. (1997). *Bootstrap Methods and Their Application* (Vol. 1). Cambridge University Press.

- Lo, A. W. (1991). Long-Term Memory in Stock Market Prices. *Econometrica*. 59: 1279-1313. <https://doi.org/10.2307/2938368>.
- Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1988). Stock market prices do not follow random walks: Evidence from a simple specification test. *The Review of Financial Studies*. 1(1): 41-66. <https://doi.org/10.1093/rfs/1.1.41>.
- Lo, A. (1991). Long-term memory in stock market prices. *Econometrica*. 59(5): 1279-1313. <https://doi.org/10.2307/2938368>.
- Mahmoudi, V., Mohammadi, S., & Chitsazan, H. (2010). A Study of long memory trend for international oil markets. *Journal of Economic Modeling Research*. 1(1): 29-48. (in Persian)
- Malkiel, B. G., & Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*. 25(2): 383-417. <https://doi.org/10.2307/2325486>.
- Mandelbrot, B. B. (1971). When can price be arbitrated efficiently? A limit to the validity of the random walk and martingale models. *The Review of Economics and Statistics*. 53(3): 225-236. <https://doi.org/10.2307/1937966>.
- Mandelbrot, B. B. (1975). Limit theorems on the self-normalized range for weakly and strongly dependent processes. *Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie und verwandte Gebiete*. 31: 271-285. <https://doi.org/10.1007/BF00532867>.
- Mandelbrot, B. B., & Wallis, J. R. (1969). Some long-run properties of geophysical records. *Water resources research*. 5: 321-340. <https://doi.org/10.1029/WR005i002p00321>.
- Mandelbrot, B. B. (1997). *Selecta: Discontinuity, Concentration, Risk. in Fractals and Scaling in Finance* (pp. 371-418). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2763-0>.
- Mensi, W., Lee, Y.J., Al-Yahyaee, K. H., Sensoy, A., & Yoon, S.M. (2019). Intraday downward/upward multifractality and long memory in Bitcoin and Ethereum markets: An asymmetric multifractal detrended fluctuation analysis. *Finance Research Letters*. 31: 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.03.029>.
- Economics*. 25(1-2): 103-113. <https://doi.org/10.1007/s10614-005-6277-6>.
- Greene, M. T., & Fielitz, B. D. (1977). Long-term dependence in common stock returns. *Journal of Financial Economics*. 4(3): 339-349. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(77\)90006-X](https://doi.org/10.1016/0304-405X(77)90006-X).
- Gu, D., & Huang, J. (2019). Multifractal detrended fluctuation analysis on high-frequency SZSE in Chinese stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 521: 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.01.040>.
- Haghighi, K. H., & Rostami, A. (2019). Application extreme value theory and long-run memory to stock market in Iran (in framework model-GARCH). *Asset Management and Financing*. 6(23): 135-154. <https://doi.org/10.22108/amf.2018.102325.1053>. (in Persian)
- Hurst, H. E. (1951). Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of American Society of Civil Engineers*. 116: 770-799.
- Jiang, Y., Nie, H., & Ruan, W. (2018). Time-varying long-term memory in Bitcoin market. *Finance Research Letters*. 25: 280-284. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.12.009>.
- Kim, J. H. (2009). Automatic variance ratio test under conditional heteroskedasticity. *Finance Research Letters*. 6(3): 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2009.04.003>.
- Komijani, A., Naderi, E., & Alikhani, G. N. (2015). Evaluation of long memory in the volatility of Tehran Stock Exchange. *Asset Management and Financing*. 3(3): 67-82. (in Persian)
- Liu, J., Cheng, C., Yang, X., Yan, L., & Lai, Y. (2019). Analysis of the efficiency of Hong Kong REITs market based on Hurst exponent. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 534: 122035. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.122035>.
- Ljung, G. M., & Box, G. E. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*. 65(2): 297-303. <https://doi.org/10.2307/2335207>.

- Statistical Mechanics and its Applications*. 527: 121296. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121296>.
- Pesaran, M. H., & Timmermann, A. (2007). Selection of estimation window in the presence of breaks. *Journal of Econometrics*. 137(1): 134-161. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2006.03.010>.
- Politis, D. N., & Romano, J. P. (1992). A circular block-resampling procedure for stationary data. *Exploring the Limits of Bootstrap*. 2635270.
- Politis, D. N., & White, H. (2004). Automatic block-length selection for the dependent bootstrap. *Econometric Reviews*. 23(1): 53-70. <https://doi.org/10.1081/ETC-120028836>.
- Raofi, A., & Mohammadi, T. (2017). Empirical study on the existence of long-term memory in TSE returns. *Risk Modeling and Financial Engineering*. 2(3): 425-398. (in Persian)
- Rege, S., & Martín, S. G. (2011). Portuguese stock market: A long-memory process? *Business: Theory and Practice*. 12: 75-84. <https://doi.org/10.3846/btp.2011.08>.
- Sadique, S., & Silvapulle, P. (2001). Long-term memory in stock market returns: International evidence. *International Journal of Finance and Economics*. 6(1): 59-67. <https://doi.org/10.1002/ijfe.143>.
- Sensoy, A. (2013). Generalized hurst exponent approach to efficiency in MENA markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 392(20): 5019-5026. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2013.06.041>.
- Sensoy, A., & Hacıhasanoglu, E. (2014). Time-varying long range dependence in energy futures markets. *Energy economics*. 46: 318-327. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.09.023>.
- Sensoy, A., & Tabak, B. M. (2015). Time-varying long term memory in the European Union stock markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 436: 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.05.034>.
- Sensoy, A., & Tabak, B. M. (2016). Dynamic efficiency of stock markets and exchange rates. *International Review of Financial*
- Mohagheghnia, M. J., Kashi, M., Daliri, A., & Donyaei, M. (2015). Evaluation of dual long memory properties with emphasizing the skewed and fat-tail distribution: evidence from Tehran Stock Exchange. *Industrial Management Studies*. 12(33): 181-15. (in Persian)
- Molaie, R., & Bahmani, M. (2015). Survey of the existence of long term memory in tehran stock exchange, with emphasis on affecting factors by ARFIMA-GARCH approach. *Journal of Securities Exchange*. 8(29): 39-58. (in Persian)
- Morales, R., Di Matteo, T., Gramatica, R., & Aste, T. (2012). Dynamical generalized Hurst exponent as a tool to monitor unstable periods in financial time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 391(11): 3180-3189. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2012.01.004>.
- Mousavi Shiri, S. M., Vaghfi, S. H., & Ahangary, M. (2014). Investigating the long-term memory of total price index of the Tehran Stock Exchange ( A case study: pharmaceutical industry). *Journal of Health Accounting*. 2(4): 96-78. (in Persian)
- Mukherjee, I., Sen, C., & Sarkar, A. (2011). Long memory in stock returns: Insights from the Indian market. *The International Journal of Applied Economics and Finance*. 5: 62-74. <https://doi.org/10.3923/ijaef.2011.62.74>.
- Nguyen, D. B. B., Prokopczuk, M., & Sibbertsen, P. (2020). The memory of stock return volatility: Asset pricing implications. *Journal of Financial Markets*. 47: 100487. <https://doi.org/10.1016/j.finmar.2019.01.002>.
- Nikomaram, H., Ghaee, N., & Alirezaee, M. R. (2005). Some models for estimating the efficiency of the Tehran Stock Exchange in DEA. *Journal of Economic Research*. 5(16): 77-100. (in Persian)
- Panas, E. (2001). Long memory and chaotic models of prices on the London Metal Exchange. *Resources Policy*. 27(4): 235-246. [https://doi.org/10.1016/S0301-4207\(02\)00008-9](https://doi.org/10.1016/S0301-4207(02)00008-9).
- Pernagallo, G., & Torrisi, B. (2019). An empirical analysis on the degree of Gaussianity and long memory of financial returns in emerging economies. *Physica A:*

- Tolvi, J. (2003). Long memory and outliers in stock market returns. *Applied Financial Economics*. 13: 495-502. <https://doi.org/10.1080/09603100210161983>.
- Urquhart, A. (2016). The inefficiency of Bitcoin. *Economics Letters*. 148: 80-82. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2016.09.019>.
- Yonghong, J., Nie, H., & Ruan, W. (2018). Time-varying long-term memory in Bitcoin market. *Finance Research Letters*. 25: 280-284. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.12.009>.
- Analysis*. 47: 353-371. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2016.06.001>.
- Seyedhosseini, S. M., Babakhani, M., Hasheminejad, S. M., & Ebrahimi, S. B. (2013). New approach for estimation of long memory parameters in financial time series. *Financial Knowledge of Securities Analysis*. 6(18): 97-114. (in Persian)
- Souza, S. R., Tabak, B. M., & Cajueiro, D. O. (2008). Long memory testing for Fed Funds Futures' contracts. *Chaos, Solitons and Fractals*. 37(1): 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2006.08.023>