

برآورد نیمه عمر بازگشت پذیری به میانگین قیمت سهام: کاربردی از معادلات دیفرانسیل تصادفی

هادی رحمانی فضلی^{۱*}، احمد ملاحهرامی^۲

(^۱) گروه اقتصاد سیاسی و سیاست‌گذاری عمومی، دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

(^۲) گروه مهندسی مالی، دانشکده مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵

چکیده

این پژوهش، الگویی برای برآورد مقدار تعادلی بلندمدت، سرعت بازگشت به میانگین و نیمه‌عمر سری‌های زمانی قیمت سهام بازگشت‌پذیر به میانگین بر اساس نظریه معادلات دیفرانسیل تصادفی ارائه می‌دهد. در این راستا، برای داده‌های هفتگی از سهام ۲۴ شرکت منتخب فعال عضو بورس اوراق بهادار تهران، وجود پدیده بازگشت به میانگین سری زمانی روزانه قیمت سهام طی دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد مورد آزمون قرار گرفته است. برای سهام دارای ویژگی بازگشت به میانگین، الگویی بر اساس معادلات دیفرانسیل تصادفی ارائه شده و سرعت بازگشت به میانگین و نیمه‌عمر برآورد شده است. از سوی دیگر، جهت مدل‌سازی قیمت سهام با خاصیت عدم بازگشت‌پذیری به میانگین، الگوی معادله دیفرانسیل تصادفی GBM برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشتر شرکت‌های مورد مطالعه دارای رفتار بازگشت‌پذیر به میانگین بلندمدت بوده و نیمه‌عمر قیمت سهام آنها از ۳ تا ۳۰ هفته برآورد شده است. برآورد نیمه‌عمر سری‌های زمانی قیمت سهام با ویژگی بازگشت به میانگین، اطلاعات ارزشمند و بسیار مفیدی را برای استراتژی‌های انتخاب سبد سرمایه‌گذاری سهام با ریسک پایین در اختیار سرمایه‌گذاران و کارگزاران بورس قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بازگشت به میانگین، نیمه‌عمر سری زمانی، معادلات دیفرانسیل تصادفی، آزمون ریشه واحد.

طبقه‌بندی JEL: C02, G11

مقدمه

بنابر عقیده بسیاری از محققان اقتصاد مالی، بررسی بازگشت به میانگین^۱ در قیمت سهام به معنای بررسی کارایی بازار سهام است (تهرانی و همکاران، ۱۳۸۷، شیرکوند و همکاران، ۱۳۸۷). دلیل این مسأله این است که خاصیت بازگشت به میانگین نقطه مقابل ویژگی گام تصادفی در قیمت سهام است. بر اساس فرضیه بازار کارا یا گام تصادفی^۲ که اولین بار توسط فاما^۳ (۱۹۶۵) مطرح شده است، قیمت سهام از یک فرآیند گام تصادفی پیروی می‌کند و بنابراین قیمت‌ها در بازارهای مالی پیش‌بینی ناپذیرند. بنابراین، بررسی ویژگی بازگشت به میانگین در واقع آزمون کارایی بازار سهام است و از این حیث دارای اهمیت ویژه‌ای است. از سوی دیگر، بررسی و کشف ویژگی بازگشت به میانگین در تدوین استراتژی‌های سرمایه‌گذاری در بورس حائز اهمیت است. سهام دارای ویژگی بازگشت به میانگین، در مقابل شوک‌های ناگهانی وارده بر قیمت‌ها رفتاری میرا، جاذب و تعدیل شونده از خود نشان می‌دهند (شیرکوند و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از پرسش‌های اساسی که در این بحث وجود دارد این است که چگونه می‌توان این خاصیت را در قیمت سهام کشف کرد؟ از آنجاکه مفهوم بازگشت به میانگین برای یک سری زمانی همان مفهوم مانایی^۴ سری زمانی است، آزمون‌های ریشه واحد بررسی مانایی سری‌های زمانی، این امکان را فراهم می‌کنند که وجود خاصیت بازگشت به میانگین در سری‌های زمانی قیمت سهام را کشف کرد (شیرکوند و همکاران، ۱۳۸۷، نارایان و نارایان^۵، ۲۰۰۷). پرسش دیگری این است که در صورت وجود ویژگی بازگشت به میانگین در قیمت سهام، چقدر طول می‌کشد که اثرات یک شوک ناگهانی وارده بر قیمت سهام تعدیل شود؟ همچنین سرعت این تعدیل چه میزان است؟ این مقاله به دنبال پاسخ به پرسش‌های یاد شده در مورد قیمت سهام گروهی از شرکت‌های منتخب فعال عضو بورس اوراق بهادار تهران، بر اساس آزمون‌های ریشه واحد^۶ و تئوری معادلات دیفرانسیل تصادفی^۷ است.

یادآوری می‌شود که در مطالعات داخلی قبلی صورت گرفته فقط وجود خاصیت بازگشت به میانگین در قیمت‌های سهام از طریق آزمون‌هایی همچون ریشه واحد و یا نسبت واریانس^۸ بررسی شده است، درحالی‌که در این مطالعات، سرعت بازگشت به میانگین^۹ و نیمه‌عمر^{۱۰} سری‌های زمانی دارای ویژگی بازگشت به میانگین مورد بررسی و برآورد قرار نگرفته است (تهرانی و همکاران، ۱۳۸۷، شیرکوند و همکاران، ۱۳۸۷، فدایی نژاد و پیشداد، ۱۳۸۸) که بیان‌کننده وجود شکاف تحقیقاتی در این زمینه است. این مسأله به عنوان نوآوری این تحقیق، دارای

1. Mean Reverting
2. Random Walk Hypothesis
3. Fama, E.F.
4. Stationary
5. Narayan, P.K and Narayan, S.
6. Unit Root Tests
7. Stochastic Differential Equations (SDE)
8. Variance Ratio Test
9. Rate Of Mean Reversion
10. Half Life

اهمیت زیادی است. نیمه‌عمر یک سری زمانی با خاصیت بازگشت به میانگین، زمان لازم برای نصف شدن فاصله بین مقدار تعادلی بلندمدت و مقدار واقعی سری زمانی است. به بیان ساده‌تر، نیمه‌عمر یک سری زمانی مانا، مدت زمان لازم برای جذب و تعدیل نصف اثر یک شوک ناگهانی بر سری زمانی است. واضح است که هر چه سرعت بازگشت به میانگین بالاتر باشد، مقدار نیمه‌عمر سری زمانی کمتر است. بر اساس این، در راستای نیل به اهداف مقاله، از نظریه معادلات دیفرانسیل تصادفی در مورد قیمت سهام استفاده شده است. در ادبیات تحلیل قیمت سهام بر پایه معادلات دیفرانسیل تصادفی از مدل حرکت برآونی ژئومتری^{۱۱} جهت برازش رفتار سری‌های زمانی با ویژگی گام تصادفی و مدل OU^{۱۲} برای تحلیل و تبیین رفتار قیمت سهام با ویژگی بازگشت به میانگین استفاده می‌شود

(دیکسیت و پیندیک، ۱۹۹۳). سری‌های زمانی قیمت سهام عموماً در قالب این دو دسته گام تصادفی و بازگشت‌پذیر به میانگین بلندمدت قابل دسته‌بندی‌اند، بنابراین در این مقاله، دو مدل مذکور برای مدل‌سازی قیمت سهام شرکت‌های مورد بررسی، استفاده می‌شود.

ساختار مقاله حاضر بدین ترتیب است که ابتدا مروری بر کاربرد معادلات دیفرانسیل تصادفی در مدل‌سازی قیمت سهام صورت گرفته است. در بخش بعدی سوالات تحقیق تشریح شده‌اند. همچنین تبیین داده‌ها، تشریح نتایج تحقیق و خلاصه و نتیجه‌گیری بحث بخش‌های بعدی مقاله را تشکیل می‌دهند. در این بخش، برخی از مهم‌ترین مطالعات تجربی انجام گرفته در زمینه موضوع تحقیق، آورده شده است. این مطالعات در دو گروه داخلی و خارجی دسته‌بندی شده‌اند.

مطالعات تجربی

۱- مطالعات داخلی

تحقیق در زمینه موضوع این مطالعه در داخل کشور سابقه چندانی ندارند و مطالعات محدودی در این زمینه انجام شده است؛ برای مثال:

شیرکوند و همکاران (۱۳۸۷)، وجود خاصیت بازگشت به میانگین را در قیمت‌های سهام بورس اوراق بهادار تهران، از طریق آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته بررسی کرده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد در قیمت سهام ده شرکت (حدود ۲۰ درصد) از شرکت‌های منتخب بررسی شده، خاصیت بازگشت به میانگین وجود دارد. نتایج آنها بر کارایی بازار سهام تهران دلالت می‌کند.

تهرانی و دیگران (۱۳۸۷)، وجود پدیده بازگشت به میانگین را از طریق آزمون نسبت واریانس بررسی کرده‌اند. آنها آزمون نامبرده را برای سری‌های زمانی شاخص کل، شاخص بازدهی نقدی و شاخص قیمت ۵۰ شرکت فعال تر

11. Geometric Brownian Motion (GBM)

12. Ornstein- Uhlenbeck Model

عضو بورس اوراق بهادار تهران به کار گرفته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد در شاخص کل و شاخص بازدهی نقدی بازگشت به میانگین وجود دارد، در حالی که شاخص قیمت ۵۰ شرکت فعال از فرآیند گشت تصادفی پیروی می‌کند. فدایی‌نژاد و پیشداد (۱۳۸۸)، از طریق مدل‌های غیرخطی و همچنین آزمون ریشه واحد غیرخطی، بازگشت به میانگین غیرخطی و یا پیش‌بینی‌پذیری بازدهی شاخص بازار بورس تهران را بررسی کرده‌اند. آنها شواهدی از وجود بازگشت به میانگین و پیش‌بینی‌پذیری این شاخص را به دست آورده‌اند. بر پایه نتایج این محققان، وجود بازگشت به میانگین بر اساس هر دو آزمون مورد استفاده به اثبات رسیده که نشان می‌دهد وجود این ویژگی در قیمت سهام مستقل از نوع آزمون است.

راعی و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای از دو آزمون ریشه واحد و خود همبستگی جهت بررسی وجود بازگشت به میانگین در سه شاخص قیمت، بازدهی نقدی و شاخص قیمت پنجاه شرکت فعال تر بازار بهره گرفته‌اند. نتایج وجود بازگشت به میانگین را در شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران تأیید می‌کند ولی در تأیید پدیده بازگشت به میانگین بر اساس آزمون خود همبستگی باید احتیاط شود.

کرباسی یزدی و همکاران (۱۳۹۱) وجود بازگشت به میانگین را در شاخص کل قیمت سهام، شاخص قیمت و بازدهی نقدی و شاخص پنجاه شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران بر اساس آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم‌یافته بررسی کرده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که شاخص قیمت و بازدهی نقدی از ویژگی بازگشت به میانگین برخوردار است در حالی که شاخص‌های کل قیمت و شاخص پنجاه شرکت برتر بازار از فرآیند گام تصادفی پیروی می‌کنند.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود در مطالعات صورت گرفته تنها به شناسایی ویژگی بازگشت‌پذیری به میانگین ثابت بلندمدت پرداخته شده است و این مطالعات روشی برای برآورد سرعت بازگشت به میانگین و زمان لازم جهت جذب شوک‌ها و بازگشت به وضعیت پایای بلندمدت قیمت سهام ارائه نکرده‌اند. در حالی که جهت تدوین استراتژی‌های سرمایه‌گذاری چنین اطلاعاتی بسیار ضروری است.

۲- مطالعات خارجی

بررسی‌ها نشان می‌دهد مطالعات خارجی متنوع و زیادی در زمینه موضوع مقاله صورت گرفته است. در این قسمت به تعدادی از این مطالعات و نتایج آنها مختصراً اشاره شده است:

اسمیت و دیگران^{۱۳} (۲۰۰۲)، برای بررسی فرضیه گام تصادفی در بازارهای سهام چند کشور آفریقایی، آزمون نسبت واریانس چاو-دینینگ (۱۹۹۳) را به کار گرفته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد فرضیه گام تصادفی برای هفت بازار از بازارهای سهام بررسی شده، رد می‌شود.

چادوری و یو^{۱۴} (۲۰۰۳)، برای ۷۰ بازار سهام، وجود خاصیت بازگشت به میانگین را طی دوره زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۲ بررسی کرده‌اند. یافته‌های آنها حاکی از وجود این خاصیت بازارها یاد شده است. نتایج آنها نشان می‌دهد، سرعت بازگشت به میانگین مثبت و نیمه‌عمر تخمین‌زده شده به طور میانگین حدود ۳۰ ماه است.

گروپ^{۱۵} (۲۰۰۴)، وجود بازگشت به میانگین را در قیمت سهام صنایع امریکا طی بازه زمانی ۱۹۲۶ تا ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار داده است. براساس نتایج، بازگشت به میانگین با سرعت مثبت در سهام یاد شده وجود دارد و همچنین نیمه‌عمر تخمین‌زده شده حدود ۸ سال است.

پوستالی و پیکچتی (۲۰۰۶)، در مطالعه‌ای برای سری زمانی قیمت نفت از طریق آزمون ریشه واحد بدون لحاظ شکست ساختاری PP و KPSS و آزمون ریشه واحد LS با لحاظ شکست‌های ساختاری موجود در روند سری زمانی، خاصیت بازگشت به میانگین را بررسی کرده‌اند. وجود ریشه واحد فقط برای داده‌های به طول بیشتر از ۱۰۰ سال قابل رد است. آنها با تخمین مدل معادلات دیفرانسیل تصادفی OU به این نتیجه رسیده‌اند که برای سری‌های زمانی قیمت نفت مورد بررسی، سرعت بازگشت به میانگین پایین و بنابراین نیمه‌عمر بالا است.

نارایان و نارایان (۲۰۰۷)، با استفاده از آزمون ریشه واحد برای داده‌های تلفیقی، وجود بازگشت به میانگین را در داده‌های قیمت سهام بررسی کرده‌اند. نتایج عدم وجود بازگشت به میانگین را در داده‌های یاد شده نشان می‌دهد.

اسپیردیک و دیگران^{۱۶} (۲۰۱۰)، با استفاده از داده‌های سالانه طی فاصله زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۹، بازگشت به میانگین را در بازارهای سهام بین‌الملل بررسی کرده‌اند. نتایج پژوهش آنها بیان‌کننده شواهدی از وجود بازگشت به میانگین با سرعت‌های مختلف است. همچنین برای بازارهای سهام یاد شده، نیمه‌عمر تخمین‌زده شده در بازه ۲/۵ تا ۲۲/۶ سال در حال تغییر است.

چیانگ و دیگران^{۱۷} (۲۰۱۰)، از طریق آزمون‌های مختلف نسبت واریانس، کارایی در بازارهای ارز ۵ کشور آسیای شرقی را بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج آزمون‌های نسبت واریانس، کارایی ضعیف در بازارهای ارز ۴ کشور و ناکارایی در بازار ارز یکی از کشورهای یاد شده وجود دارد.

کیم و جی^{۱۸} (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای برای کشورهای شرق آسیا، وجود بازگشت‌پذیری به میانگین را در سری زمانی نرخ بهره بر اساس آزمون ریشه واحد در داده‌های تابلویی مورد بررسی قرار داده‌اند و به برآورد نیمه‌عمر سری زمانی نرخ‌های بهره بر اساس رویکرد تصحیح خطای بوت استرپ پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که درجه بازگشت‌پذیری به میانگین در نرخ بهره با نرخ رشد تولید ارتباط معنادار مثبت دارد.

14. Chaudhuri, K. and Wu, Y.

15. Gropp, J.

16. Spierdijk, L. and Bikker, J.A. and Hoek, P.

17. Chiang, Sh.M. and Lee, Y.H. and Su, h.M and Tzou, Y.P.

18. Kim and Ji.

اسپردیک و همکاران^{۱۹} (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای برای کشورهای عضو OECD طی دوره ۱۹۰۰ الی ۲۰۰۹، وجود بازگشت‌پذیری به میانگین را بر اساس رویکرد پنجره غلتان^{۲۰} مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد جذب پنجاه درصد از نوسانات قیمت سهام طی دوره مورد بررسی نیاز به ۱۸.۵ سال دارد. بر اساس نتایج، بالاترین سرعت بازگشت به میانگین در بازار سهام کشورهای مورد مطالعه مربوط به دوره بحران مالی بزرگ و سال‌های آغاز جنگ جهانی دوم است. نتایج تخمین نیمه‌عمر برای ۱۸ کشور عضو OECD نشان می‌دهد که نیمه‌عمر قیمت سهام از ۲ تا ۲۲.۶ سال برای کشورهای مختلف در نوسان بوده است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که سرعت بازگشت‌پذیری به میانگین در دوره‌هایی که نوسانات و نااطمینانی اقتصادی بالا بوده و یا دوره‌هایی که اتفاقات مهم سیاسی و اقتصادی افتاده است، بالا بوده است.

روش پژوهش

مدل‌سازی قیمت سهام در قالب فرآیندهای تصادفی و معادلات دیفرانسیل تصادفی اولین بار توسط بلک و شولز^{۲۱} (۱۹۷۳) و همچنین مرتن^{۲۲} (۱۹۷۳) با ارایه نظریه قیمت‌گذاری اختیار معامله^{۲۳} مطرح شده است. براساس مدل بلک-شولز و مرتن، تحت فرضیه‌های الگوی قیمت‌گذاری اختیار معامله، قیمت سهام از توزیع لگاریتم-نرمال پیروی می‌کند و در قالب معادله دیفرانسیل تصادفی حرکت برآونی ژئومتری به صورت معادله (۱) قابل مدل‌سازی است:

$$dP(t) = \mu P(t)dt + \sigma P(t)dw(t) \quad (1)$$

در معادله بالا، $P(t)$ بیان‌کننده قیمت سهام در لحظه t ، μ بیان‌کننده مقدار مورد انتظار بازدهی قیمت سهام و σ انحراف معیار مورد انتظار بازدهی قیمت سهام است. همچنین $w(t)$ فرآیند وینر^{۲۴} یا حرکت برآونی است. مدل GBM دارای چند ویژگی است. براساس این مدل، میانگین و انحراف معیار بازدهی انتظاری قیمت سهام مقادیر ثابتی‌اند. مدل GBM به خوبی روند زمانی و نوسانات موجود در روند سری زمانی را در چهارچوب یک روند نمایی صعودی یا نزولی برازش می‌کند. نکته مهم این است که مدل GBM تنها برای سری‌های زمانی با خاصیت ریشه واحد (گام تصادفی) مناسب است (پوستالی و پیکچتی، ۲۰۱۰). در صورتی که قیمت سهام دارای خاصیت مانایی یا بازگشت به میانگین باشد، مدل یادشده قادر به مدل‌سازی و برازش نخواهد بود.

برای مدل‌سازی برازش رفتار سری‌های زمانی با ویژگی بازگشت به میانگین، مدل دیگری معرفی شده که به معادله دیفرانسیل تصادفی Ornstein-Uhlenbeck یا مدل OU مشهور است. این مدل در قالب معادله دیفرانسیل تصادفی زیر بیان می‌شود:

19. Spierdijk, L. and Bikker, J. and Van Den Hoek, P.

20. rolling-window

21. Black, F and Scholes, M.

22. Merton, R.C.

23. Theory of Option Pricing

24. Wiener Process

$$dP(t) = \eta(\bar{P} - P(t))dt + \sigma dw(t) \quad (2)$$

در معادله (۲)، \bar{P} مقدار تعادلی بلند مدت سری زمانی و η سرعت بازگشت به میانگین است. برخلاف مدل GBM، در مدل OU سطح نااطمینانی و نوسانات قیمت سهام پایین است. در این مدل، به قیمت سهام اجازه داده می‌شود تا حول یک مقدار تعادلی بلند مدت \bar{P} با سرعت η نوسان کند. همچنین برخلاف مدل GBM، در این مدل، میانگین بازدهی انتظاری قیمت سهام ثابت نیست^{۲۵}.

بر اساس این، مدل GBM تقریب خوبی از رفتار سری‌های زمانی دارای ویژگی ریشه واحد و یا نامانا ارایه می‌کند، در حالی که برای مدل سازی و برازش رفتار قیمت سهام دارای ویژگی بازگشت به میانگین در روند، مدل OU مناسب است (دیکسیت و پیندیک^{۲۶}، ۱۹۹۳، پیندیک^{۲۷}، ۱۹۹۹).

برای مدل سازی قیمت سهام دارای خاصیت گام تصادفی در چهارچوب مدل GBM، باید پارامترهای μ و σ تخمین زده شوند. در این مطالعه، از روش ناپارامتریک^{۲۸} و بر اساس معادله‌های زیر این پارامترها برآورد می‌شوند (آلن^{۲۹}، ۲۰۰۷).

$$\hat{\mu} = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\sum_{i=0}^{N-1} (P(t_{i+1}) - P(t_i))}{\sum_{i=0}^{N-1} P(t_i)} \right) \quad (3)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\sum_{i=0}^{N-1} (P(t_{i+1}) - P(t_i))^2}{\sum_{i=0}^{N-1} P(t_i)^2} \right)} \quad (4)$$

به طوری که در معادله‌های (۳) و (۴)، N حجم نمونه تحت بررسی و $\Delta t = \frac{1}{N}$ هستند.

برای برآورد مدل OU و به تبع آن برآورد نیمه عمر قیمت سهام دارای ویژگی بازگشت به میانگین در روند، از روش ارایه شده در مطالعه پوستالی و پیکچتی (۲۰۰۶)^{۳۰} استفاده می‌شود. بر اساس این، اگر فرض شود که $P_t = \log(p_t)$ که در آن p_t نشان‌دهنده قیمت سهام در لحظه t باشد، در این صورت، برای تخمین پارامترهای η و \bar{P} در مدل بازگشت میانگین، به این صورت عمل می‌شود:
ابتدا با تخمین رگرسیون زیر، پارامترهای η و \bar{P} برآورد می‌شوند:

۲۵. جهت آشنایی بیشتر با این مدل ها، خوانندگان می‌توانند به مراجع شماره (۴)، (۵) و (۱۶) که در بخش منابع مقاله آورده شد اند، مراجعه کنند.

26. Dixit, A.K. And Pindyck, R.S.

27. Pindyck, R.S.

28. Nonparametric Approach

29. Allen, E.

30. Postali Fernando, A.S and Picchetti, P.

$$\Delta P(t) = \alpha + \beta P(t-1) + \varepsilon(t) \quad (5)$$

حال با استفاده از مقادیر برآورد شده پارامترهای α و β ، مقادیر η و \bar{P} به صورت زیر برآورد می‌شوند:

$$\hat{\eta} = -\log(1 + \hat{\beta}) \quad (6)$$

$$\bar{P} = \frac{\hat{\alpha} + \sigma_{\varepsilon}^2}{\hat{\eta}} \quad (7)$$

در رابطه (۷)، σ_{ε}^2 واریانس سری زمانی پسماندهای رگرسیون معادله شماره (۵) است. در نهایت، با استفاده از پارامترهای تخمین‌زده شده می‌توان نیمه‌عمر روند قیمت سهام را بدست آورد:

$$H = -\frac{\log(2)}{\log(1 - \hat{\eta})} \quad (8)$$

براساس رویکرد ارائه شده، پرسش اساسی تحقیق حاضر پاسخ داده می‌شود. قبل از انجام برآورد و گزارش نتایج تحقیق، ابتدا در بخش بعدی مطالعات تجربی داخلی و خارجی صورت گرفته در زمینه موضوع تحقیق یادآوری می‌شوند.

نمونه پژوهش

داده‌های مورد استفاده، داد‌های سری زمانی مربوط به ۲۴ شرکت منتخب از بین ۵۰ شرکت فعال بازار در فاصله زمانی ۹۶/۰۱/۰۱ تا ۹۶/۰۹/۳۰ به صورت روزانه (روزکاری) هستند. حجم نمونه تحت بررسی ۱۷۵ است. معیار شناسایی شرکت‌های فعال تر بازار بر پایه ترکیبی از میزان نقدشوندگی سهام، میزان داد و ستد سهام و تاثیرگذاری شرکت بر بازار و همچنین تناوب دادوستد سهام در تالار معاملات است. داده‌ها از اداره آمار و اطلاعات شرکت مدیریت فناوری اطلاعات بورس تهران گرفته شده‌اند.

همچنین به منظور مقایسه نتایج تخمین مدل در بازه‌های زمانی مختلف و اعتبارسنجی نتایج، داده‌های سری زمانی روزانه قیمت سهام همان شرکت‌های مذکور در بالای دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵ گردآوری و مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت و مدل‌های تحقیق برای زیر بازه‌های سال ۹۴، ۹۵ و ۹۶ به صورت جداگانه برآورد و نتایج با همدیگر مقایسه خواهد شد.

تحلیل آماری

ابتدا از طریق آزمون‌های ریشه واحد KPSS و Ng-Perron وجود خاصیت بازگشت به میانگین در سری‌های زمانی تحت بررسی این تحقیق بررسی می‌شود. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. نتایج آزمون‌های ریشه واحد بر روی سری‌های زمانی تحت بررسی تحقیق

نام شرکت	آماره آزمون KPSS	آماره آزمون Ng- Perron	نتیجه آزمون های ریشه واحد
لابراتوار داروسازی دکتر عبیدی	۱.۱۵	۰.۵۶	دارای ریشه واحد
بانک انصار	۱.۰۵	-۲.۱۱	مانا
گروه صنعتی بارز	۰.۳۳	-۸.۳۴	مانا
شرکت چادرملو	۰.۳۴	-۲.۶۷	مانا
صنایع پتروشیمی خلیج فارس	۱.۰۷	-۲.۹۸	مانا
فولاد خوزستان	۱.۴۲	۱.۲۹	دارای ریشه واحد
فولاد مبارکه اصفهان	۱.۵۷	۳.۲۹	دارای ریشه واحد
صنعتی معدنی گل گهر	۱.۳۵	۱.۱۹	دارای ریشه واحد
داروسازی جابر ابن حیان	۱.۰۸	-۳.۷۴	مانا
ایران خودرو	۰.۳۹	-۸.۴۴	مانا
پتروشیمی جم	۰.۷۵	-۲.۲۸	مانا
گروه مپنا	۰.۳۸	-۳.۲۲	مانا
بانک ملت	۰.۳۵	-۳.۳۷	مانا
ملی صنایع مس ایران	۰.۸۴	-۳.۷۵	مانا
سرمایه گذاری مبین	۰.۴۱	-۴.۱۵	مانا
نفت و گاز و پتروشیمی تامین	۱.۴۳	-۰.۴۹	دارای ریشه واحد
سرمایه گذاری امید	۰.۶۰	-۳.۶۵	مانا
پارس خودرو	۱.۱۷	-۵.۱۳	دارای ریشه واحد
پالایش نفت اصفهان	۱.۱۰	۲.۶۸	دارای ریشه واحد
پالایش نفت تهران	۱.۴۴	۱.۷۶	دارای ریشه واحد
گسترش نفت و گاز پارسیان	۱.۳۱	۳.۳۲	دارای ریشه واحد
شرکت ارتباطات سیار	۱.۱۶	-۰.۲۹	دارای ریشه واحد
پالایش نفت بندرعباس	۰.۹۰	-۲.۶۳	مانا
ایران ترانسفو	۱.۱۶	-۰.۴۴	دارای ریشه واحد

* معنی داری در سطح ۵ درصد را نشان می دهد. ** معنی داری در سطح ۱۰ درصد را نشان می دهد. منبع: محاسبه های محققان

بر اساس نتایج این آزمون ها و در سطح معنی داری ۱۰ درصد، در داده های سری زمانی ۱۳ شرکت از بین ۲۴ شرکت منتخب، شواهدی از وجود پدیده بازگشت به میانگین دیده می شود. حال از طریق روابط (۵) تا (۸)، مدل OU و نیمه عمر برای سری های زمانی این ۱۳ شرکت برآورد می شود. تخمین پارامترها و همچنین نتایج برآورد نیمه عمر این سری های زمانی در جدول شماره ۲ گزارش شده است.

جدول ۲. تخمین مدل OU و نیمه عمر سری های زمانی با ویژگی بازگشت به میانگین

نام شرکت	\bar{P}	η	H
بانک انصار	۲۱۲۵.۲	۰.۰۱	۸۴.۸۵
گروه صنعتی بارز	۳۱۴۴.۷	۰.۰۳	۲۱.۶۰
شرکت چادرملو	۱۵۸۰.۲	۰.۰۰۳	۲۱۲.۳۲
صنایع پتروشیمی خلیج فارس	۴۵۶۱.۵	۰.۰۲	۳۹.۴۴
داروسازی جابر ابن حیان	۱۰۳۲۷.۳	۰.۰۱	۷۹.۶۰
ایران خودرو	۲۶۵۴.۱	۰.۰۳	۲۲.۳۲
پتروشیمی جم	۸۷۳۷.۹	۰.۰۲	۳۴.۲۴
گروه مپنا	۷۴۲۷.۵	۰.۰۳	۲۴.۹۶
بانک ملت	۱۰۰۵.۸	۰.۰۳	۲۰.۳۴
ملی صنایع مس ایران	۱۹۹۸.۷۶	۰.۰۰۶	۱۱۴.۴۸
سرمایه گذاری مبین	۳۹۸۱.۶	۰.۰۰۸	۸۸.۴۴
سرمایه گذاری امید	۱۷۸۳.۲	۰.۰۱	۷۵.۹۳
پالایش نفت بندرعباس	۵۴۹۶.۹	۰.۰۰۴	۱۶۶.۸۶

منبع: محاسبه های محققان

براساس نتایج جدول ۲، سری زمانی داده‌های بانک ملت، ایران خودرو، گروه صنعتی بارز و گروه مپنا دارای بیشترین مقدار سرعت بازگشت به میانگین و در نتیجه کمترین مقدار نیمه‌عمر حدود ۳ هفته هستند. تفسیر این نتیجه بدین ترتیب است که در صورتی که شوکی بر سری زمانی قیمت سهام شرکت‌های مذکور وارد شود، حدود ۳ هفته طول می‌کشد که نصف اثر شوک وارده تعدیل و جذب شود و قیمت آنها به مقدار تعادلی بلندمدت برآورد شده بازگردد. این مفهوم می‌تواند به سرمایه‌گذار علاقه‌مند به سرمایه‌گذاری در سهام این شرکت بسیار کمک نماید. اگر قیمت این سهم از میانگین برآورد شده یعنی ۳۱۴۴.۷ ریال در جهت منفی منحرف شود، سرمایه‌گذار باید به اندازه تقریبی ۶ هفته تحمل داشته باشد تا قیمت این سهام به مقدار تعادلی بلندمدت بازگردد. از طرف دیگر اگر انحراف مثبت باشد، سرمایه‌گذار حدود ۶ هفته زمان دارد تا از فرصت سود ناشی از اختلاف قیمت سهام با مقدار بلندمدت تعادلی بهره‌مند شود. در مقابل شرکت‌های چادرملو و و پالایش نفت بندرعباس دارای کمترین سرعت بازگشت‌پذیری به میانگین هستند. به طور متوسط برای ۱۳ شرکت دارای خاصیت بازگشت به میانگین مقدار نیمه‌عمر در فاصله ۳ تا ۳۰ هفته قابل دسته‌بندی است.

برای قیمت سهام شرکت‌هایی که خاصیت بازگشت به میانگین در آنها دیده نمی‌شود و در واقع دارای ریشه واحد هستند (قیمت سهام‌شان در فرضیه بازار کارا صدق می‌کنند)، مدل GBM از طریق معادلات (۳) و (۴) تخمین زده می‌شود. پارامترهای تخمینی برای مدل GBM برای این ۱۱ شرکت در جدول ۵ دیده می‌شود.

جدول ۳. تخمین پارامترهای مدل GBM برای سری‌های زمانی با خاصیت ریشه واحد

نام شرکت	μ	σ
لابراتوار داروسازی دکتر عبیدی	۰.۰۳	۰.۱۵
فولاد خوزستان	۰.۰۲	۰.۱۵
فولاد مبارکه اصفهان	۰.۰۴	۰.۱۳
صنعتی معدنی گل گهر	۰.۰۱۴	۰.۱۳
نفت و گاز و پتروشیمی تامین	-۰.۰۱۷	۰.۲۵
پارس خودرو	-۰.۰۰۱	۰.۲
پالایش نفت اصفهان	۰.۰۳	۰.۱۷
پالایش نفت تهران	۰.۰۳	۰.۱۹
گسترش نفت و گاز پارسیان	۰.۰۲	۰.۱۱
شرکت ارتباطات سیار	-۰.۰۷	۰.۹۷
ایران ترانسفو	-۰.۰۱	۰.۰۸

منبع: محاسبه‌های محققان

نتایج تخمین مدل GBM نشان می‌دهد، شرکت فولاد مبارکه اصفهان بیشترین مقدار پارامتر μ را دارد که به دلیل روند صعودی شدید قیمت سهام این شرکت است. همچنین شرکت ارتباطات سیار بالاترین مقدار پارامتر σ را دارا است، که به دلیل نوسانات شدید در بازدهی قیمت سهام این شرکت است. مقدار پارامتر σ ، مقدار ریسک بازدهی قیمت سهام شرکت را نشان می‌دهد. اصولاً σ معیاری برای اندازه‌گیری میزان ناطمینانی و مخاطره بازدهی سهام شرکت است. براساس مقدار این دو پارامتر در مدل GBM می‌توان این سهام را براساس معیار نسبت بازده به ریسک رتبه‌بندی و پیشنهادات سرمایه‌گذاری ارائه داد. گفتنی است که مدل GBM تخمین‌زده شده برای این ۱۱ شرکت می‌تواند به منظور پیش‌بینی قیمت سهام این شرکت‌ها به کارگرفته شود (ملا بهرامی، ۱۳۹۰).

اعتبارسنجی نتایج

در این بخش، اعتبار نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها با تغییر دوره‌های زمانی و حجم نمونه مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این راستا، برای داده‌های روزانه قیمت سهام شرکت‌های فعال تر بازار طی دوره‌های زمانی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۴، فرآیند تخمین به صورت جداگانه تکرار می‌شود و در نهایت، نتایج زیر بازه‌های سالانه مذکور یعنی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ با همدیگر و با نتایج به‌دست آمده برای سال ۱۳۹۶ مقایسه می‌شود.

جدول ۴- نتایج آزمون‌های ریشه واحد طی دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶

آزمون	اماره آزمون KPSS			اماره آزمون Ng- Perron			نتیجه آزمون‌های ریشه واحد		
	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶
سال									
لابراتوار داروسازی دکتر عبیدی	۰.۵	۱.۴۲	۱.۱۵	-۱.۴۷	۰.۱۲	-۰.۵۶	مانا	نامانا	نامانا
بانک انصار	-۰.۹۸	۱.۷۹	۱.۰۵	-۱.۹	۰.۱۹	-۲.۱۱	نامانا	نامانا	مانا
گروه صنعتی بارز	۱.۲۴	۰.۵۹	۰.۳۳	-۰.۵۱	-۱.۷۱	-۸.۳۴	مانا	مانا	مانا
شرکت چادرملو	۱.۰۵	۰.۵۸	۰.۳۴	-۰.۶	۰.۲۸	-۲.۶۷	نامانا	نامانا	مانا
صنایع پتروشیمی خلیج فارس	۱.۴۷	۱.۸۸	۱.۰۷	-۰.۳۷	۱.۲۳	-۲.۹۸	نامانا	نامانا	مانا
فولاد خوزستان	-	۰.۲۵	۱.۴۲	-	-۱.۳۰	۱.۲۹	-	نامانا	نامانا
فولاد مبارکه اصفهان	۱.۲۵	۰.۳۹	۱.۵۷	-۰.۴۸	-۱.۰۱	۳.۲۹	نامانا	نامانا	نامانا
صنعتی معدنی گل گهر	۱.۴۳	۰.۴۴	۱.۳۵	-۰.۱۴	-۱.۲۱	۱.۱۹	نامانا	نامانا	نامانا
داروسازی جابر ابن حیان	۰.۷۱	۰.۵	۱.۰۸	۰.۶۸	-۲.۱۶	-۳.۷۴	نامانا	مانا	مانا
ایران خودرو	۰.۳۷	۱.۵۴	۰.۳۹	-۰.۱۴	-۰.۰۱	-۸.۴۴	نامانا	نامانا	مانا
پتروشیمی جم	۱.۲۶	۰.۴۲	۰.۷۵	۰.۴۳	-۱.۵۳	-۲.۲۸	نامانا	مانا	مانا
گروه مپنا	۰.۵۱	۰.۹۹	۰.۳۸	-۰.۶۴	-۰.۱۳	-۳.۲۲	نامانا	مانا	مانا
بانک ملت	۰.۵۸	۰.۹۹	۰.۳۵	-۱.۴۳	-۰.۱۸	-۳.۳۷	نامانا	مانا	مانا
ملی صنایع مس ایران	۱.۰۶	-۰.۷۲	۰.۸۴	۱.۱۲	-۱.۲۴	-۳.۷۵	نامانا	مانا	مانا
سرمایه گذاری مبین	۰.۶۷	۰.۱۷	۰.۴۱	۰.۵۶	-۱.۹۵	-۴.۱۵	نامانا	مانا	مانا
نفت و گاز و پتروشیمی تامین	۰.۴۵	-	۱.۴۳	۰.۵۶	-	-۰.۴۹	نامانا	-	نامانا
سرمایه گذاری امید	۰.۹۷	۰.۳۸	۰.۶۰	-۰.۵۹	-۰.۸۹	-۳.۶۵	نامانا	نامانا	مانا
پارس خودرو	۰.۶۱	۱.۶۳	۱.۱۷	۴.۱۱	۰.۷۵	-۵.۱۳	نامانا	نامانا	نامانا
پالایش نفت اصفهان	۱.۰۹	۰.۷۶	۱.۱۰	-۱.۴۷	-۰.۶۶	۲.۶۸	مانا	نامانا	نامانا
پالایش نفت تهران	-	۱.۰۴	۱.۴۴	-	-۰.۲۳	۱.۷۶	-	نامانا	نامانا
گسترش نفت و گاز پارسیان	۱.۳۳	۱.۳۰	۱.۳۱	-۱.۸۱	۰.۰۵	۳.۳۲	نامانا	نامانا	نامانا
شرکت ارتباطات سیار	۱.۱۵	۰.۷۸	۱.۱۶	-۰.۵۳	-۰.۷۶	-۰.۲۹	نامانا	نامانا	نامانا
پالایش نفت بندرعباس	۰.۹۷	۰.۱۵	۰.۹۰	-۱.۳۸	-۰.۸۸	-۲.۶۳	مانا	نامانا	مانا
ایران ترانسفو	۱.۴۶	۰.۲۷	۱.۱۶	۱.۵۱	-۱.۳۵	-۰.۴۴	نامانا	مانا	نامانا

منبع: محاسبه‌های محققان

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، داده‌های قیمت سهام شرکت‌های فعال‌تر بازار در زیر بازه‌های سالانه ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ رفتار متفاوتی از نظر مانایی و نامانایی از خود نشان داده‌اند. بر اساس آزمون‌های ریشه واحد، تنها سری‌های زمانی قیمت سهام چهار شرکت داروسازی دکتر عبیدی، گروه صنعتی بارز، پالایش نفت اصفهان و پالایش نفت بندرعباس طی سال ۱۳۹۴ رفتاری میرا و مانا از خود نشان داده و در چهارچوب مدل بازگشت به میانگین قابل مدل‌سازی هستند. از طرف دیگر، در سال ۱۳۹۵، تعداد شرکت‌هایی که سری زمانی قیمت سهام‌شان رفتاری مانا داشته است به هشت شرکت افزایش یافته که شامل گروه صنعتی بارز، داروسازی جابر ابن حیان، پتروشیمی جم، گروه مپنا، بانک ملت، ملی صنایع مس ایران، سرمایه‌گذاری مبین و ایران ترانسفو است. به لحاظ مالی می‌توان تحلیل کرد که سهام این هشت شرکت از رفتاری حول میانگین بلندمدت برخوردارند، لذا سرمایه‌گذاران براساس این مقدار بلندمدت قیمت و مشخصه‌های اصلی این سهام یعنی سرعت بازگشت به میانگین و نیمه‌عمر می‌توانند موقعیت‌های مناسب خرید و فروش اتخاذ کنند.

جدول ۵- نتایج تخمین مدل OU طی دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵

شرح	تخمین پارامترهای مدل OU						نتیجه آزمون های ریشه واحد			
	سال	۹۴			۹۵			۹۴	۹۵	۹۶
		\bar{P}	η	H	\bar{P}	η	H			
پارامتر										
لابراتوار داروسازی دکتر عبیدی	۸۷۵۳.۹	۰.۰۳۳۳	۳۰.۹۱	-	-	-	مانا	نامانا	نامانا	
گروه صنعتی پارز	۴۱۱۸.۶	۰.۰۲۰۴	۳۳.۸۲	۳۶۸۷.۵۸	۰.۰۲۵	۱۹.۱۷	مانا	مانا	مانا	
داروسازی جابر ابن حیان	-	-	-	۱۲۵۶۸.۴۶	۰.۰۴۹	۱۳.۸	نامانا	مانا	مانا	
پتروشیمی جم	-	-	-	۹۵۴۱.۲۶۹	۰.۰۲۳۳	۳۱.۳۶	نامانا	مانا	مانا	
گروه مینا	-	-	-	۸۴۹۸.۶۵	۰.۰۴۱	۱۶.۴۲	نامانا	مانا	مانا	
بانک ملت	-	-	-	۱۸۴۹۶۷	۰.۰۱۶	۴۳.۱۲	نامانا	مانا	مانا	
ملی صنایع مس ایران	-	-	-	۲۱۸۴۸۴	۰.۰۱۷۲	۴۰.۵۹	نامانا	مانا	مانا	
سرمایه گذاری مبین	-	-	-	۴۱۲۸.۴۸	۰.۰۴۴	۱۵.۳۳	نامانا	مانا	مانا	
پالایش نفت اصفهان	۳۹۸۰.۰۱	۰.۰۱۹۹	۳۴.۵	-	-	-	مانا	نامانا	نامانا	
پالایش نفت بندرعباس	۵۷۰۳.۶۲	۰.۰۱۲	۵۷.۵	-	-	-	مانا	نامانا	مانا	
ایران ترانسفو	-	-	-	۱۴۵۱۱.۸	۰.۰۱۶	۴۳.۱۲	نامانا	مانا	نامانا	

منبع: محاسبه های محققان

همان طور که نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان می دهد، نتایج تخمین مدل بازگشت به میانگین OU به بازه زمانی مورد بررسی و داده های تحقیق بستگی ندارد و براساس درجه میرایی سری زمانی، مقادیر سرعت بازگشت به میانگین، مقدار بلندمدت تعادلی و همچنین نیمه عمر بازگشت پذیری به میانگین قیمت سهام را برآورد می کند. برای سرمایه گذاران که در پورتفوی خود سهام دارای خاصیت بازگشت پذیری به میانگین را نگهداری می کنند، توجه به مقدار میانگین بلندمدت قیمت، سرعت بازگشت به میانگین و نیمه عمر در تدوین استراتژی های خرید و فروش بسیار اهمیت دارد. زمانی که سهام دارای وضعیت بازگشت پذیر به میانگین بلندمدت از مقدار تعادلی خود منحرف می شود، نیمه عمر زمان تقریبی مورد نیاز برای بازگشت قیمت آن سهم، به سطح میانگین بلندمدت را در اختیار سرمایه گذار قرار می دهد. حال بسته به این که این سهام در جهت مثبت یا منفی از سطح میانگین بلند مدت منحرف شده باشد، سرمایه گذار می تواند استراتژی خرید یا فروش اتخاذ نماید.

در ادامه، مشابه با دوره زمانی ۱۳۹۶، برای سری های زمانی قیمت سهام شرکت هایی که رفتاری نامانا وانفجاری طی سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ تجربه کرده اند، مدل GBM برآورد شده است.

جدول ۶- نتایج تخمین مدل GBM طی دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۵

شرح	تخمین پارامترهای مدل GBM				نتیجه آزمون های ریشه واحد			
	سال	۹۴		۹۵		۹۴	۹۵	۹۶
		μ	σ	μ	σ			
پارامتر								
لابراتوار داروسازی دکتر عبیدی	-	-	۰.۰۶۵	۰.۵۴	مانا	نامانا	نامانا	
بانک انصار	۰.۰۵	۰.۱۹	-۰.۱۲	۰.۶۰	نامانا	نامانا	مانا	
شرکت چادرملو	-۰.۰۵	۰.۲۳	-۰.۲۰	۰.۲۳	نامانا	نامانا	مانا	
صنایع پتروشیمی خلیج فارس	-۰.۰۱۸	۰.۳۵	-۰.۰۱۱	۰.۷۸	نامانا	نامانا	مانا	
فولاد خوزستان	-	-	۰.۱۴	۱.۲۷	-	نامانا	نامانا	
فولاد مبارکه اصفهان	-۰.۱۰	۰.۳۱	-۰.۰۱	۰.۱۴	نامانا	نامانا	نامانا	

صنعتی معدنی گل گهر	-۰.۱۸	۰.۲۵	۰.۰۲	-۰.۲۴	نامانا	نامانا	نامانا
داروسازی جابر ابن حیان	۰.۰۲	۰.۱۷	-	-	نامانا	مانا	مانا
ایران خودرو	۰.۰۳	۰.۲۸	-۰.۰۲۱	-۰.۲۵	نامانا	نامانا	مانا
پتروشیمی جم	۰.۰۱۵	۰.۱۰	-	-	نامانا	مانا	مانا
گروه مپنا	۰.۰۱۵	۰.۱۷	-	-	نامانا	مانا	مانا
بانک ملت	۰.۰۵	۰.۱۹	-	-	نامانا	مانا	مانا
ملی صنایع مس ایران	-۰.۰۳	۰.۲۱	-	-	نامانا	مانا	مانا
سرمایه گذاری مبین	۰.۰۲	۰.۱۷	-	-	نامانا	مانا	مانا
نفت و گاز و پتروشیمی تامین	-۰.۰۱۷	۰.۱۴	-	-	نامانا	-	نامانا
سرمایه گذاری امید	-۰.۰۶	۰.۱۶	-۰.۰۲	۰.۲۲	نامانا	نامانا	مانا
پارس خودرو	۰.۰۸	۰.۲۸	-۰.۰۴	-۰.۳۲	نامانا	نامانا	نامانا
پالایش نفت اصفهان	-	-	-۰.۰۷	۰.۱۸	مانا	نامانا	نامانا
پالایش نفت تهران	-	-	-۰.۰۸	-۰.۳۸	-	نامانا	نامانا
گسترش نفت و گاز پارسیان	-۰.۰۳	۰.۱۹	-۰.۰۱۴	-۰.۱۶	نامانا	نامانا	نامانا
شرکت ارتباطات سیار	۰.۰۱	۰.۱۵	-۰.۰۱	-۰.۱۴	نامانا	نامانا	نامانا
پالایش نفت بندرعباس	-	-	-۰.۰۳	۰.۲	مانا	نامانا	مانا
ایران ترانسفو	۰.۰۳	۰.۲۱	-	-	نامانا	مانا	نامانا

منبع: محاسبه‌های محققان

همان‌طور که نتایج ارائه شده در جدول ۶ نشان می‌دهد، مدل GMB نیز بدون تأثیرپذیری از تغییر بازه زمانی و دوره مورد مطالعه، توانایی برآورد مقادیر میانگین متوسط نمایی سری زمانی و همچنین مقدار انحراف متوسط از روند میانگین نمایی برای سری‌های زمانی قیمت سهام با رفتار نامانا و انفجاری را دارد. از نگاه کاربردی می‌توان چنین بیان کرد که سرمایه‌گذاران که علاقه‌مند به مدیریت ریسک سبد سرمایه‌گذاری خود هستند، می‌توانند بر اساس مقادیر پارامترهای μ و σ و همچنین نسبت این پارامترها، سهام مناسب خود را جهت سرمایه‌گذاری انتخاب کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش در صدد پاسخ‌گویی به دو سوال بود. سوال اول وجود خاصیت بازگشت به میانگین در سری‌های زمانی قیمت سهام ۲۴ شرکت منتخب فعال عضو بورس اوراق بهادار تهران از طریق دو آزمون ریشه واحد KPSS و Ng-Perron پاسخ داده شد. سوال دوم تحقیق که سرعت بازگشت به میانگین و نیمه‌عمر سری‌های زمانی دارای خاصیت بازگشت به میانگین بود با استفاده از مدل معادلات دیفرانسیل تصادفی OU پاسخ داده شد. نتایج این پژوهش حاکی از این واقعیت است که در سری زمانی قیمت سهام ۱۳ شرکت از ۲۴ شرکت منتخب مورد بررسی، بر اساس آزمون‌های ریشه واحد KPSS^{۳۱} و انجی پرون^{۳۲} شواهدی از وجود ویژگی بازگشت به میانگین و بنابراین ناکارایی در بازار سهام وجود دارد. سپس مدل‌های قیمت سهام GBM و OU تخمین زده شده‌اند. براساس نتایج تخمین مدل OU نیمه‌عمر سری‌های زمانی قیمت سهام ۱۳ شرکت مورد بررسی در بازه

31. Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)

32. Ng-Peron unit root test

زمانی ۳ هفته تا ۳۰ هفته قابل دسته‌بندی است، به طوری که بانک ملت دارای کمترین مقدار نیمه عمر (بالاترین سرعت بازگشت به میانگین) و شرکت چادرملو دارای بیشترین مقدار نیمه عمر (پایین ترین سرعت بازگشت به میانگین) در بین ۱۳ شرکت مورد بررسی‌اند. از سوی دیگر، برای ۱۱ شرکت دیگر که براساس آزمون‌های ریشه واحد دارای ویژگی گام تصادفی هستند، مدل GBM برآورد شده است.

با توجه به این نتایج، مانایی سری‌های زمانی ۱۳ شرکت از بین ۲۴ شرکت و در نتیجه وجود بازگشت به میانگین در قیمت سهام این شرکت‌ها که از بین صنایع مختلفی بوده‌اند، حاکی از ناکارایی در بازار سهام می‌باشد. از طرف دیگر، براساس نتایج تخمین مدل OU و نیمه عمر سری‌های زمانی قیمت سهام با ویژگی بازگشت به میانگین، بانک ملت، ایران خودرو، گروه صنعتی بارز و گروه مپنا دارای بیشترین مقدار سرعت بازگشت به میانگین و چادرملو کمترین سرعت بازگشت به میانگین و در نتیجه به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار نیمه عمر را دارا هستند. نیمه عمر پایین تر بدین معنی است که قیمت سهام در مقابل شوک‌های ناگهانی واکنش سریع تری را جهت تعدیل خود نشان می‌دهد. همچنین به منظور اعتبارسنجی نتایج، فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها به همان صورت که برای داده‌های سری زمانی سال ۹۶ صورت گرفته بود برای داده‌های روزانه سری زمانی سال‌های ۹۴ و ۹۵ به صورت مجزا تکرار و نتایج با یکدیگر مقایسه شده است. این نتایج گویای این است که تغییر بازه زمانی تحقیق بر قابلیت مدل‌ها در برآورد پارامترها و رفتار متغیرها ندارد و مدل‌های مختلف معادلات دیفرانسیل تصادفی توانایی مدل‌سازی رفتار سری‌های زمانی با ویژگی‌های مختلف را دارند.

نتایج بدست آمده از تخمین نیمه عمر سری‌های زمانی قیمت سهام در تدوین استراتژی‌های سرمایه‌گذاری با هدف کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در بورس اطلاعات بسیار مفیدی را در اختیار عاملان و کارگزاران بورس اوراق بهادار تهران قرار می‌دهد. همانطور که گفته شد، زمانی که قیمت سهام از سطح میانگین بلند مدت تعادلی خود منحرف (در جهت مثبت یا در جهت منفی) می‌شود، معیار نیمه عمر این امکان را برای سرمایه‌گذار فراهم می‌سازد تا فرصت تغییر موقعیت اتخاذی خود (خرید یا فروش) را در راستای کسب سود بیشتر و پایین آوردن ریسک ناشی از نوسان نامطلوب قیمت برآورد و از این فرصت به صورت بهینه بهره گیرد. در خصوص سهام با ویژگی نوسان حول میانگین نمایی بلندمدت یا همان الگوی حرکت برآونی هندسی نیز پارامترهای این مدل امکان رتبه‌بندی و انتخاب سهام مطلوب برای مدیریت ریسک سبد سرمایه‌گذاری برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌سازد. تحقیق حاضر می‌تواند به شکل گسترده‌تر و برای بازارهای سهام دیگری به کار گرفته شود، که می‌تواند موضوع مطالعات آتی باشد.

۱. تهرانی، رضا، انصاری، حجت‌الله، سارغ، علیرضا (۱۳۸۷). بررسی وجود پدیده بازگشت به میانگین در بورس اوراق تهران با استفاده از آزمون نسبت واریانس، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، دوره ۱۵، شماره ۵۴، ۱۷-۳۲.
۲. شیرکوند، سعید، شاپور، محمدی، دولتی، نیکو (۱۳۸۷). بررسی وجود بازگشت به میانگین در قیمت‌های سهام در بورس اوراق تهران، مجله تحقیقات مالی، شماره ۲۵، ۴۱-۵۶.
۳. فدایی نژاد، اسماعیل، پیشداد، سارا (۱۳۸۸). بازگشت به میانگین غیر خطی در قیمت‌های سهام، چشم‌انداز مدیریت، شماره ۳۳، ۱۴۳-۱۵۸.
۴. راغی، رضا، سارنج، علیرضا، انصاری، حجت‌له (۱۳۹۰). آزمون بازگشت به میانگین در بورس اوراق بهادار تهران، دوفصلنامه علمی پژوهشی راهبردهای بازرگانی، ۱(۵۰): ۱۳۱-۱۴۲.
۵. کرباسی یزدی، حسین، نوری فرد، یداله، چناری بوکت، حسن (۱۳۹۱). مطالعه پدیده بازگشت به میانگین در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از آزمون ریشه واحد، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، ۱(۴): ۸۷-۱۰۴.
۶. رنجبر شمسی، نسرین (۱۳۹۳). تحلیل خصوصیت بازگشت به میانگین در قیمت و بازده سهام، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
۷. فدائی نژاد، اسماعیل، پیشداد، سارا. (۱۳۸۸). بازگشت به میانگین غیرخطی در قیمت‌های سهام، چشم‌انداز مدیریت بازرگانی، ۳۳.
۸. مسعودی، سیماء، محرابی، یداله، خلیلی، داود، یآوری، پروین (۱۳۹۴). بازگشت به میانگین در مطالعات اپیدمیولوژیک، مجله تخصصی اپیدمیولوژی ایران، ۱۱(۴): ۶۳-۷۳.
۹. ملاپهرامی، احمد (۱۳۹۰). مدل‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی با استفاده از معادلات دیفرانسیل تصادفی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، شهریور ۱۳۹۰.

منابع انگلیسی

10. Allen, E. (2007). *Modeling with Ito Stochastic Differential Equations*, Springer; 2007 edition.
11. Black, F and Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities, *Journal of Political Economy*, 81:637- 659.
12. Chaudhuri, K. and Wu, Y. (2003). Mean reversion in stock prices: evidence from emerging markets. *Managerial Finance*, 29(10): 22- 37.
13. Chiang, Sh.M. and Lee, Y.H. and Su, h.M and Tzou, Y.P. (2010). Efficiency tests of foreign exchange markets for four Asian Countries, *International Business and Finance*, 24: 284-294.
14. Dixit, A.K, and Pindyck, R.S. (1993). *Investment under Uncertainty*, Princeton university press, Princeton, New Jersey.
15. Fama, E.F. (1965). The Behavior of Stock Market Prices, *Journal of Business*, 34:420-429.

16. Gropp, J. (2004). Mean reversion of industry stock returns in the U.S., 1926–1998, *Journal of Empirical Finance*, 11(4): 537-551.
17. Kim, J.H. and Ji, P.I. (2011). Mean-reversion in international real interest rates, *Economic Modelling*, 28(4): 1959-1966.
18. Merton, R.C. (1973). An Inter-temporal Capital Asset Pricing Model, *Econometrica*, 41(5): 867-887.
19. Narayan, P.K and Narayan, S. (2007). Mean reversion in stock prices: new evidence from panel unit root tests, *Studies in Economics and Finance*, 24(3): 233-244.
20. Pindyck, R.S. 1999. The long run evaluation of energy prices, *Energy Journal* 20 (2): 1-27.
21. Postali, Fernando, A.S and Picchetti, P. (2006). Geometric Brownian motion and Structural Break in Oil Prices: A quantitative analysis, *Energy Economics*, 28: 506-522.
22. Tsay, R.S. (2002). *Analysis of Financial Time Series*, university of Chicago, the wiley- interscience publication, second edition.
23. Smith, G. and Jffris, K. and Ryoo, H.J. (2002). African stock markets: multiple variance ratio tests of random walks, *Applied Financial Economics*, 12: 475-484.
24. Spierdijk, L. and Bikker, J.A. and Hoek, P. (2012). Mean Reversion in International Stock Markets: An Empirical Analysis of the 20th Century, *Journal of International Money and Finance*, 31(2): 228-249.
25. Cunado, J. and Gil-Alana, L.A. and Fernando, P.G. (2010). Mean Reversion in stock market prices: new evidence based on bull and bear market, *Research in International Business and Finance*, 24: 113-122.